



**Fraunhofer** Institut  
Integrierte Systeme und  
Bauelementetechnologie


**Leistungen und Ergebnisse  
Jahresbericht 2005**

**Achievements and Results  
Annual Report 2005**



Zwanzig Jahre  
Twenty Years  
Fraunhofer IISB





## **Impressum / Imprint**

### **Herausgeber / Published by:**

Fraunhofer-Institut für  
Integrierte Systeme und  
Bauelementetechnologie  
Schottkystraße 10  
D-91058 Erlangen

### **Redaktion / Editing:**

Richard Öchsner  
Heiner Ryssel

### **Gestaltung und Realisierung/ Layout and Setting:**

Markus Pfeffer  
Richard Öchsner  
Felicitas Coenen  
Thomas Diehl

### **Druck / Printed by:**

Roland Heßler, Erlangen

### **Titelbild / Cover Photo:**

Elektrische Antriebseinheit für ein  
Hybridfahrzeug - Leistungselektronik  
und Elektromotor integriert in die  
Kupplungsglocke eines PKW

Electric drive unit for a hybrid vehicle.  
Power electronics and e-motor inte-  
grated into the clutch-box of a car.

© Fraunhofer-Institut für Integrierte  
Systeme und Bauelementetechnologie,  
Erlangen 2006

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur  
mit Genehmigung des Instituts.

All Rights reserved. Reproduction only  
with express written authorization.

Leistungen und Ergebnisse  
Jahresbericht 2005

Achievements and Results  
Annual Report 2005

Fraunhofer-Institut für  
Integrierte Systeme und  
Bauelementetechnologie, IISB

Fraunhofer Institute of  
Integrated Systems and  
Device Technology, IISB

Institutsleitung / Director:  
Prof. Heiner Ryssel

Schottkystrasse 10  
D-91058 Erlangen  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-0  
Fax: +49 (0) 9131 761-390  
Email: [info@iisb.fraunhofer.de](mailto:info@iisb.fraunhofer.de)  
Internet: [www.iisb.fraunhofer.de](http://www.iisb.fraunhofer.de)

Für das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie (IISB) in Erlangen war 2005 wiederum ein sehr erfolgreiches, aber auch ein sehr ereignisreiches Jahr. Allen voran sind hier die Feierlichkeiten zum 20jährigen Institutsjubiläum zu nennen. Auch mit der Gründung des Technologiezentrums Halbleitermaterialien (THM) und der offiziellen Eröffnung des Zentrums für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik (ZKLM) wurde dem Wachstum und der Bedeutung des IISB Ausdruck verliehen.

Das IISB wurde 1985 gegründet und entwickelt mit gut 100 Mitarbeitern als Partner der Industrie neue Materialien, Prozesse und Geräte für die Halbleitertechnologie der Mikro- und Nanoelektronik, einschließlich Kristallzüchtung und Simulation. Darüber hinaus ist das IISB ein Kompetenzzentrum für Leistungselektronik- und Mechatronik, speziell für den Automobilbereich. Von dieser Breite profitieren vor allem auch unsere mittelständischen Kunden.

Das Institut wächst und schärft sein Profil. Die 2004 gegründete Außenstelle ZKLM in Nürnberg wurde im Juni 2005 mit vielen Gästen aus Politik und Wirtschaft feierlich eröffnet. Mit dem ZKLM wird das IISB seine Position als eine der international führenden FuE-Einrichtungen für Leistungselektronik und Mechatronik weiter ausbauen, speziell auch für die im Raum Nürnberg sehr starke Leistungselektronikindustrie. Mit der Gründung des THM im sächsischen Freiberg im Februar, einer gemeinsamen Einrichtung mit dem Freiburger Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE), kommt ein dritter Institutsstandort dazu. Das Zentrum kooperiert eng mit der in Freiberg stark vertretenen Halbleitermaterialindustrie und ermöglicht den Firmen vor Ort einen unmittelbaren Zugang zur Forschung. Ähnlich wie beim ZKLM wird auch hier einer der Kompetenzschwer-

punkte des IISB weiter ausgebildet. Mit dem neu gegründeten Fraunhofer-Center für Nanoelektronische Technologien (CNT) in Dresden sind erste Kooperationsprojekte für eine fertigungsnahe Forschung für die Firmen Infineon und AMD in Vorbereitung.

Die Feierlichkeiten zum 20jährigen Bestehen des IISB waren einer der Höhepunkte des Jahres. Am 30. Juni wurde gemeinsam mit dem Schwester-Institut IIS (Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen) die Erfolgsgeschichte der beiden Erlanger Einrichtungen mit einer großen Festveranstaltung mit prominenter Beteiligung aus Politik und Wirtschaft gewürdigt. Am Tag darauf wurde am IISB ein wissenschaftliches Festsymposium mit hochkarätigen Rednern abgehalten, allen voran der erste westdeutsche Astronaut Dr. Ulf Merbold. Am 2.7. gab es schließlich noch ein Sommerfest für alle Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter.

Auch im vergangenen Jahr hat sich das IISB bei zahlreichen Veranstaltungen und Aktionen rund um die Mikroelektronik sowie die Ausbildung und Forschung in Erlangen engagiert, wie etwa Mädchen & Technik-Praktikum, Girls' Day oder die Erlanger Techniktage für die Bayerische Eliteakademie. Ein riesiges Interesse verzeichnete das Institut erneut bei der Langen Nacht der Wissenschaften im Großraum Nürnberg/Fürth/Erlangen.

Die Jahrestagung des IISB stand unter dem Motto „Energieeinsparung und rationelle Energienutzung durch Leistungselektronik“. Der breiten Bedeutung des Themas entsprechend wurde die Jahrestagung erstmals als Kooperationsveranstaltung mit prominenten Partnern durchgeführt: der Energietechnischen Gesellschaft ETG im VDE, dem European Center for Power Electronics (ECPE) und dem Verein EnergieRegion Nürnberg. Zudem wurde am IISB die

erfolgreiche Reihe der PEAK-Seminare zur Leistungselektronik fortgeführt und erneut ein Workshop zur Lithographiesimulation abgehalten. Das von Bayern Innovativ und EnergieRegion Nürnberg ausgerichtete Kooperationsforum Leistungselektronik fand ebenfalls am IISB statt. Darüber hinaus engagiert sich das Institut stark in mehreren Nutzergruppen der GMM. Es war auch 2005 wieder auf mehreren Messen wie SEMICON Europa oder PCIM vertreten und war Mitveranstalter der AEC/APC-Konferenz in Dublin. Von der International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS), dem weltweit wichtigsten industriellen Strategiepapier für Forschung zu Nanoelektroniktechnologie, wurde 2005 eine neue Ausgabe erstellt. Hier waren erneut Mitarbeiter des IISB beteiligt, unter anderem als Leiter von zwei Arbeitsgruppen der ITRS. Das vom IISB koordinierte europäische Verbundprojekt „Flying Wafer“ zur Entwicklung einer verteilten 300 mm-CMOS-FuE-Linie wurde erfolgreich abgeschlossen. Die europäische Vernetzung, vor allem mit den großen Forschungseinrichtungen LÉTI (Frankreich, seit Ende 2004 im Rahmen eines Kooperationsvertrags) und IMEC (Belgien), wurde durch gemeinsame Projekte und Austausch von Mitarbeitern weiter vorangetrieben.

Wie immer ein wichtiger Faktor für das erfolgreiche Arbeiten des IISB ist die enge Partnerschaft mit der Universität Erlangen-Nürnberg und speziell mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente (LEB), der in Personalunion mit dem IISB geleitet wird, sowie mit dem Kristalllabor am Lehrstuhl für Werkstoffe der Elektrotechnik, sei es durch den synergetischen Betrieb von insgesamt 1500 m<sup>2</sup> Reinraumfläche, die Zusammenarbeit in der Lehre an der Universität oder die gegenseitige Ergänzung in den Forschungsaktivitäten.

Auch wirtschaftlich und bei der Einwerbung von Drittmittelprojekten war das



# Preface

2005 has been another successful, but also very eventful year for the Fraunhofer Institute of Integrated Systems and Device Technology (IISB) in Erlangen, the most prominent event being the celebrations of the 20<sup>th</sup> anniversary of the institute. The formation of the Technology Center for Semiconductor Materials (THM) and the official opening of the Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics (ZKLM) also emphasized the growth and importance of IISB.

The IISB was founded in 1985. With a staff of more than 100 employees, IISB develops new materials, processes, and equipment for semiconductor technology in micro and nanoelectronics, including crystal growth and simulation. Moreover, the IISB is a center of excellence for power electronics and mechatronics, especially for the automotive sector. This wide range of competencies provides many benefits, not least for our medium-sized enterprise customers.

The Institute is growing and sharpening its profile. The branch lab ZKLM in Nuremberg, established in 2004, was officially inaugurated in June 2005 with numerous guests from politics and economy. The ZKLM will further advance the position of the IISB as one of the internationally leading R&D facilities for power electronics and mechatronics, particularly for the strongly represented power electronics industry in the Nuremberg area. A third institute site is added through the establishment of the THM in Freiberg, Saxony, a facility run in cooperation with the Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE) in Freiburg. The Center maintains a close cooperation with the strong semiconductor material industry in Freiberg and provides the local enterprises with a direct access to research. Similar to the ZKLM, this is another example of one of the focal areas of competence of the IISB being further developed. In

cooperation with the newly founded Fraunhofer Center for Nanoelectronic Technologies (CNT) in Dresden, the first cooperation projects for production-related research for the companies AMD and Infineon are being prepared.

The celebrations on the occasion of the 20<sup>th</sup> anniversary of the IISB marked one of the highlights of the year. Together with the sister institute IIS (Fraunhofer Institute for Integrated Circuits), the success story of the two Erlangen institutes was celebrated with a grand function on June 30 with prominent guests from politics and economy. On the following day, the IISB hosted a scientific celebration symposium with high-profile speakers, first of all the first West German astronaut Dr. Ulf Merbold. On July 2, a summer party for all staff members concluded the celebrations.

In the past year, IISB continued to be involved in numerous events, programs, and activities related to microelectronics as well as to education and research in Erlangen, for example the "Girls & Technology" practical training, the Girls' Day or the Erlangen Technology Days for students of the Bavarian Elite Academy. The Institute once again attracted great interest during the Long Science Night in the region of Nuremberg/Fürth/Erlangen. The IISB Annual Conference took place under the theme "Energy Saving and Rational Energy Use through Power Electronics". Corresponding to the broad significance of this topic, the Annual Conference was held for the first time as a cooperation event with prominent partners like the Power Engineering Society (ETG) within VDE (German Association for Electrical, Electronic & Information Technologies), the European Center for Power Electronics (ECPE) and the association EnergyRegion Nuremberg.

Moreover, the successful series of PEAK seminars on power electronics was continued, and a workshop on lithography

simulation was held once again. Another event that took place at the IISB was the Cooperation Forum Power Electronics, organized by Bayern Innovativ and EnergyRegion Nuremberg. In addition to this, the Institute is strongly involved in several user groups of the Society of Microelectronics, Micro and Precision Engineering (VDE/VDI GMM). In 2005, IISB was once more present on several fairs like SEMICON Europa or PCIM and co-organized the AEC/APC conference in Dublin. The latest issue of the International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS), the most important industrial strategy paper in the world for research in the field of nanoelectronics technology, was edited in 2005. Members of the IISB were again involved, among other functions as leaders of two ITRS working groups. The joint European project "Flying Wafer", which targets at the development of a distributed 300 mm CMOS R&D line, was finished successfully under the coordination of the IISB. The process creating a European research network, especially with the big research facilities L  ti (France, since the end of 2004 in the framework of a cooperation contract) and IMEC (Belgium), was further advanced through joint projects and staff exchanges.

As always, an important factor for the successful operations of the IISB has been the close partnership with the University of Erlangen-Nuremberg, particularly with the Chair of Electron Devices, which is run in personal union with IISB, and the Crystal Growth Laboratory at the Chair of Electrical Engineering Materials. This partnership is expressed e.g. by synergetic operation of 1500 m<sup>2</sup> of cleanroom area by LEB and IISB, by collaboration in teaching at the University, and by the mutual complementation in research activities.

Besides, the Institute has once more been very successful in economic terms and in acquiring projects. The budget

Institut wieder sehr erfolgreich. Der Betriebshaushalt konnte weiter gesteigert werden. Zu erwähnen sind hierbei der hohe Industrie- sowie der starke EU-Projekt-Anteil an der Finanzierung.

Die regionale Verankerung des IISB zeigt sich daran, daß erneut über 60 % der Industrieaufträge von bayerischen Firmen kommen.

Daß die wissenschaftliche Arbeit des IISB erfolgreich ist, zeigen auch die zahlreichen Auszeichnungen für Mitarbeiter des Instituts im Jahr 2005: Georg-Waeber-Innovationspreis, DGKK-Preis, GMM-Literaturpreis, Staedtler-Promotionspreis und ein Best Conference Paper Award. Die Auszubildenden des Instituts im Beruf „Mikrotechnologe/in“ konnten hervorragende, teils preisgekrönte Abschlüssen vorweisen.

Der Erfolg eines Instituts lebt auch durch die Unterstützung von außen. Für seine langjährigen Verdienste um die Fraunhofer-Institute in Erlangen wurde daher Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger, dem ehemaligen Präsidenten der Universität Erlangen-Nürnberg und langjährigen Kuratoriumsmitglied und -vorsitzenden des IISB, auf Anregung unseres Instituts die Fraunhofer-Medaille verliehen. Zu danken hat das IISB auch Dr. Dietrich Ernst, dem Vorsitzenden des Förderkreises für die Mikroelektronik e.V. Das Institut konnte ihm 2005 zum 80. Geburtstag gratulieren.

Das erfolgreiche Arbeiten und Forschen des IISB im vergangenen Jahr 2005 war nur möglich durch die Unterstützung von staatlicher Seite, durch die Auftraggeber aus Industrie und öffentlichen Einrichtungen sowie durch den unermüdlichen Einsatz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des IISB. Hierfür herzlichen Dank!

Erlangen, Mai 2006



Prof. Dr. Heiner Ryszel

could be increased again, and the high proportion of funding from industry and EU projects is worth mentioning.

The regional integration of the IISB shows in the fact that once again, more than 60 % of industrial orders come from Bavarian companies.

The success of the scientific activities of the IISB also manifests itself in numerous awards for staff members in 2005: Georg Waeber Innovation Award for Microelectronics, DGKK prize, GMM literature prize, Staedtler PhD prize, and a Best Conference Paper Award. The apprentices of the institute in the profession of "Microtechnologist" could show excellent, partly award-winning graduations.

The success of an institute also profits from external support. For this reason, Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger, former president of the University of Erlangen-Nuremberg and long-time member and chairman of the IISB Advisory Board, has been awarded the Fraunhofer Medal at the suggestion of our institute. Another person to be thanked by the IISB is Dr. Dietrich Ernst, chairman of the Förderkreis für die Mikroelektronik e.V., an association for the promotion of microelectronics. The institute was glad to extend its best wishes on occasion of his 80<sup>th</sup> birthday to him in 2005.

The successful operation and research of the IISB in the past year would not have been possible without the support from the government, industrial partners and public institutions as well as the dedicated efforts of the IISB staff members, for which I would like to express my heartfelt gratitude.



Erlangen, May 2006

Prof. Dr. Heiner Ryssel

# Leistungen und Ergebnisse Jahresbericht 2005

## Das Institut im Profil

Ziele .....	10
Kurzportrait .....	10
Ansprechpartner .....	12
Arbeitsschwerpunkte .....	14
Kompetenzen und Anwendungen .....	14
Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente .....	14
Kuratorium .....	18

## Das Forschungs- und Dienstleistungsangebot

Institutsspezifische Angebote zur Vertragsforschung .....	20
Apparative Ausstattung .....	22
Kontakt und weitere Informa- tionen .....	26

## Das Institut in Zahlen

Mitarbeiterentwicklung .....	28
Betriebshaushalt .....	28

## Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick

Die Forschungsorganisation .....	30
Die Forschungsgebiete .....	30
Die Zielgruppen .....	30
Das Leistungsangebot .....	30
Die Vorteile der Vertragsforschung .....	32
Der Weg zur Zusammenarbeit mit der Fraunhofer-Gesellschaft .....	32
Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik .....	34
Die Standorte der Forschungseinrich- tungen .....	35

## Technologiesimulation

Schwerpunkte, Trends und Poten- tiale der Abteilung Technologie- simulation .....	36
Simulation des Bauelementeverhaltens in einer integrierten Schaltung für den 45-nm-CMOS-Technologieknoten .....	38
Dr.LiTHO – eine Lithographie- Simu- lationsumgebung für Forschung und Entwicklung .....	40
Bedeutung und Simulation von Linien- breitenschwankungen in der optischen Lithographie .....	42
TCAD auf dem Weg zum europäischen Forschungsraum und darüber hinaus .....	44

# Achievements and Results Annual Report 2005

## Profile of the Institute

Objectives .....	11
Brief Portrait .....	11
Contacts .....	12
Major Fields of Activity .....	15
Areas of Competence and Applications .....	15
Cooperation with the Chair of Electron Devices .....	15
Advisory Board .....	19

## Research and Services

Contract Research Services .....	21
Facilities .....	23
Contact and Further Information ..	27

## Representative Figures

Staff Development .....	28
Budget .....	28

## The Fraunhofer-Gesellschaft at a Glance

The Research Organization .....	31
The Research Fields .....	31
The Research Clients .....	31
The Range of Services .....	31
The Advantages of Contract Research .....	33
Working Together with the Fraunhofer-Gesellschaft .....	33
Fraunhofer Alliance Microelectronics .....	34
Locations of the Research Institutes	35

## Technology Simulation

Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials of the Department of Technology Simulation .....	37
Simulation of Device Behavior in an Integrated Circuit for the 45 nm CMOS Technology Node .....	39
Dr.LiTHO - a Development and Research Lithography Simulation Environment .....	41
Importance and Simulation of Line Edge Roughness in Optical Lithography .	43
TCAD on its Way to the European Research Area and Beyond .....	45

## Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden

Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden ..... 46

Integrierte Meßtechnik für die nächste Technologiegeneration - Aktivitäten im europäischen Projekt "NANOCMOS" ..... 48

Verbesserung der europäischen F&E-Infrastruktur - Grundlegende Beiträge des IISB ..... 50

E-Learning Kurse für Aus- und Weiterbildung in der Mikro- und Nanoelektronik ..... 52

## Technologie

Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Technologie .... 54

Entwicklung einer kompakten, bidirektionalen Leistungsstufe für integrierte DC/DC-Wandler in Mobilgeräten .. 56

Untersuchung organometallischer Schichten für nichtflüchtige Speicherelemente ..... 58

Modellierung von Widerstandsmessungen für Aluminium-implantiertes 4H-Siliziumcarbid ..... 60

## Kristallzüchtung

Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Kristallzüchtung ..... 62

Versetzungsrückgang in LPSG-gewachsenen GaN-Templates ..... 64

Simulation von materialwissenschaftlichen Experimenten auf der Internationalen Raumstation ..... 66

Kopplung von unterschiedlichen Softwarekomponenten für die effiziente Simulation von Konvektionsvorgängen in der Kristallzüchtung ..... 68

Optimierung von industriellen Kristallzüchtungsprozessen durch numerische Simulation am Beispiel der Herstellung von CdZnTe-Kristallen für Infrarotdetektoren ..... 70

## Leistungselektronische Systeme

Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Leistungselektronische Systeme ..... 72

Hocheffiziente und kompakte Spannungswandler ..... 74

Die Symbiose von Elektronik und Mechanik ..... 76

Digitale Regelung mehrphasiger Wandler ..... 80

## Namen, Daten, Ereignisse

Ereignisse ..... 82

Förderkreis für die Mikroelektronik e.V. .... 100

Gastwissenschaftler ..... 102

Patenterteilungen ..... 102

Mitarbeit in Fachgremien, Fachverbänden und Komitees ..... 103

Konferenzen und Workshops ..... 105

Messebeteiligungen ..... 106

## Wissenschaftliche Veröffentlichungen

Dissertationen ..... 108

Herausgegebene Bücher / Buchbeiträge ..... 120

Veröffentlichungen ..... 120

Vorträge ..... 124

Studienarbeiten ..... 133

Diplomarbeiten ..... 133

Projektarbeiten ..... 133

## Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods

Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials of the Department of Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods .... 47

Integrated Metrology for the Coming Technology Node - Activities in the European NANOCMOS Project ..... 49

Improving the European R&D Infrastructure - Basic Contributions from IISB ..... 51

E-Learning Content for Education and Training in Nano and Micro-electronics ..... 53

## Technology

Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials of the Department of Technology ..... 55

Development of a Compact Bidirectional Power Stage for Integrated DC/DC Converters in Mobile Systems ..... 57

Investigation of Organometallic Layers for Non-Volatile Memory Cells ..... 59

Modeling of Resistivity Measurements for Aluminum Implanted 4H-Silicon-carbide ..... 61

## Crystal Growth

Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials of the Department of Crystal Growth ..... 63

Reduction of Dislocation Density in LPSG Grown GaN-Templates ..... 65

Simulation of Material Science-Related Experiments Aboard the International Space Station ..... 67

Coupling of Different Software Components for Simulation of Convection Phenomena in Crystal Growth Configurations ..... 69

Optimization of Industrial Crystal Growth Processes by Numerical Simulation Considering the Production of CdZnTe Crystals for Infrared Detectors as Example ..... 71

## Power Electronic Systems

Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials of the Department of Power Electronic Systems ..... 73

Highly Efficient and Compact DC/DC Converters ..... 75

The Symbiosis of Electronics and Mechanics ..... 77

Digital Control of Multiphase Converters ..... 81

## Important Names, Data, Events

Events ..... 83

Förderkreis für die Mikroelektronik e.V. .... 101

Guest Scientists ..... 102

Patents ..... 102

Participation in Committees ..... 103

Conferences and Workshops ..... 105

Fairs and Exhibitions ..... 106

## Scientific Publications

PhD Theses ..... 108

Edited Books / Contributions to Books ..... 120

Journal Papers and Conference Proceedings ..... 120

Presentations ..... 124

Theses ..... 133

Diploma Theses ..... 133

Project Theses ..... 133

**Ziele**

Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie (IISB) hat die Aufgabe, gemeinsam mit der Industrie neue Geräte und Verfahren zur Halbleiterfertigung zu entwickeln und Simulationswerkzeuge zur Beschreibung moderner mikroelektronischer Fertigungsschritte bereitzustellen. Als Kompetenzzentrum für Leistungselektronik entwickelt das IISB darüber hinaus leistungselektronische Bauelemente und Systeme - von Einzeldioden bis hin zu kompletten Prototypen für Schaltnetzteile, Frequenzumrichter u.v.a.m.

**Kurzportrait**

Das IISB gliedert sich in fünf Abteilungen und arbeitet auf den meisten Gebieten eng mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente sowie bei der Kristallzüchtung mit dem Lehrstuhl Werkstoffe der Elektrotechnik zusammen. Die Struktur zeigt das Organigramm in Fig. 1.

Die Institutsleitung des IISB wird durch ein Kuratorium, das Direktorium, den Institutsleitungsausschuß und den Arbeitsschutzausschuß beraten. Dem Institutsleitungsausschuß gehören neben den Abteilungs- und stellvertretenden Abteilungsleitern die Infrastrukturleitung, die Verwaltungsleitung und die gewählten Vertreter des wissenschaftlich-technischen Rates an. Das Direktorium besteht aus der Institutsleitung und allen Abteilungsleitern. Seit 1994 gibt es einen Betriebsrat, der entspre-

chend dem Betriebsverfassungsgesetz an den Entscheidungen beteiligt wird.

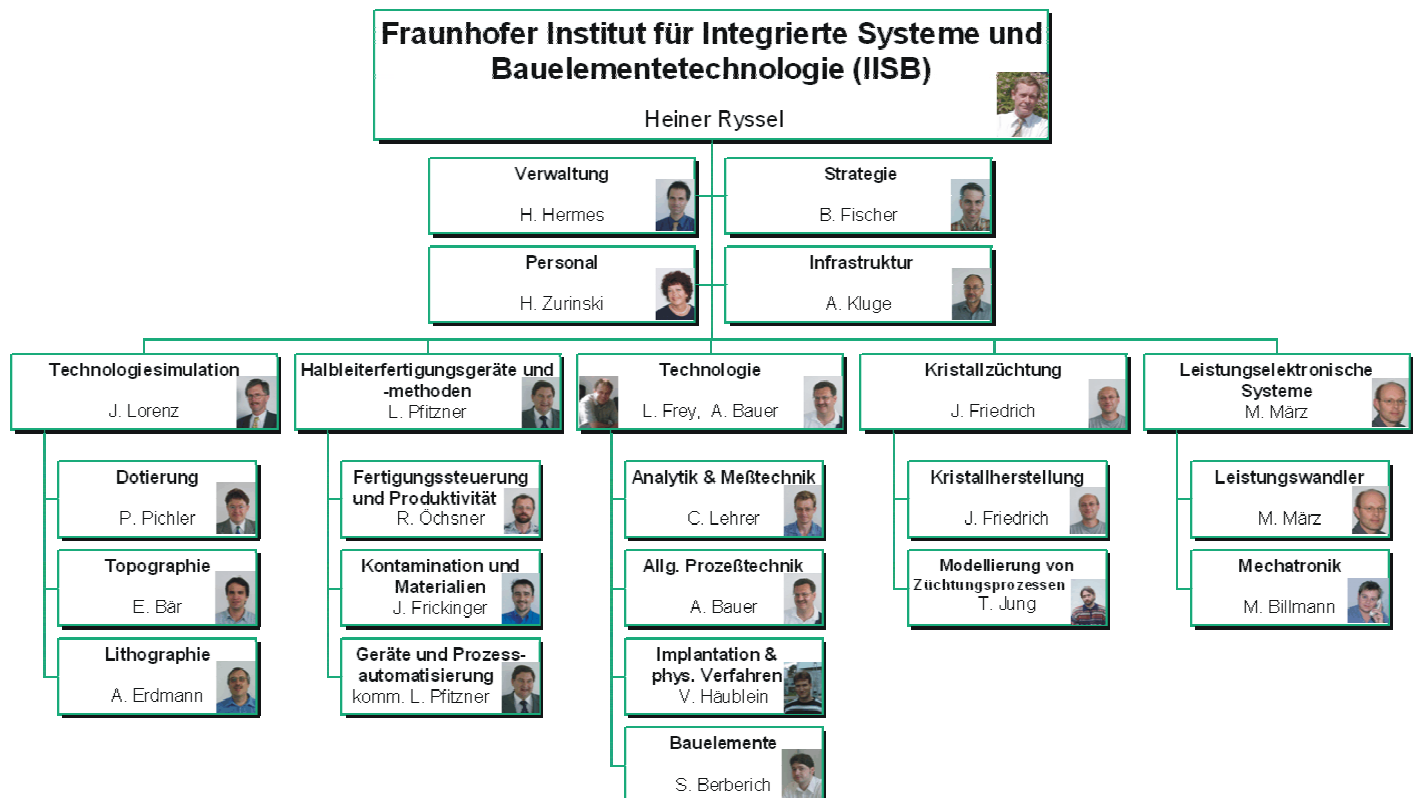


Fig. 1: Organigramm des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie.



**Objectives**

Together with its industrial partners, the Fraunhofer Institute of Integrated Systems and Device Technology (IISB) is responsible for developing new equipment and processes in semiconductor manufacturing as well as for providing simulation tools to characterize the process steps involved in modern micro-electronics manufacturing. As a center of excellence for power electronics, the IISB develops power electronic devices and systems - from discrete diodes up to complex prototypes for switch-mode power supplies, drives etc.

**Brief Portrait**

The IISB consists of five departments and closely cooperates with the Chair of Electron Devices and the Chair of Electrical Engineering Materials in the field of crystal growth. Fig. 1 shows the organizational structure.

The director of IISB is consulted by an Advisory Board, the board of directors, the Institute Executive Committee, as well as by the Workplace Safety Committee. The Institute Executive Committee includes the department heads and vice department heads, the infrastructure manager, the administration manager, and the elected representatives of the Technical Research Board. The board of directors consists of the director of IISB and the heads of all departments. Since 1994, a works council participates in decisions according to the Works Council Constitution Act.

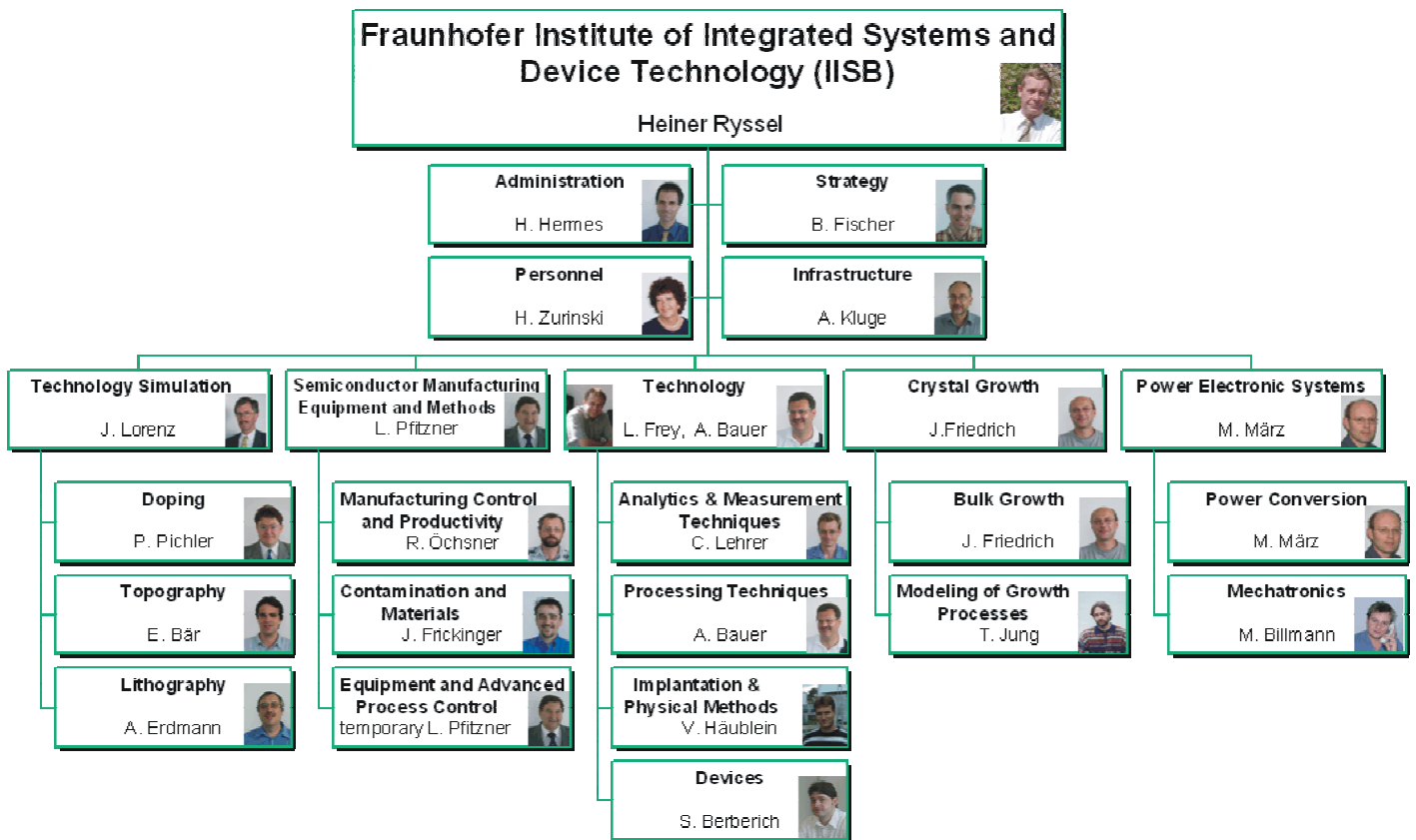


Fig. 1: Organizational Structure of the Fraunhofer Institute of Integrated Systems and Device Technology.

## Institutsleitung Director

Prof. Heiner Ryszel  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-0  
heiner.ryssel@iisb.fraunhofer.de

## Strategie Strategy

Dr. Bernd Fischer  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-106  
bernd.fischer@iisb.fraunhofer.de

## Personal Personnel

Helene Zurinski  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-306  
helene.zurinski@iisb.fraunhofer.de

## Verwaltung Administration

Hartmut Hermes  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-305  
hartmut.hermes@iisb.fraunhofer.de

## Infrastruktur Infrastructure

Dr. Andreas Kluge  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-159  
andreas.kluge@iisb.fraunhofer.de

## Abteilung / Department Technologiesimulation Technology Simulation

Dr. Jürgen Lorenz  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-210  
juergen.lorenz@iisb.fraunhofer.de

## Dotierung Doping

Priv.-Doz. Dr. Peter Pichler  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-227  
peter.pichler@iisb.fraunhofer.de

## Topographie Topography

Dr. Eberhard Bär  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-217  
eberhard.baer@iisb.fraunhofer.de

## Lithographie Lithography

Dr. Andreas Erdmann  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-258  
andreas.erdmann@iisb.fraunhofer.de

## Abteilung / Department Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods

Prof. Lothar Pfitzner  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-110  
lothar.pfitzner@iisb.fraunhofer.de

## Fertigungssteuerung und Produktivität Manufacturing Control and Productivity

Dr. Richard Öchsner  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-116  
richard.oechsner@iisb.fraunhofer.de

## Kontamination und Materialien Contamination and Materials

Jürgen Frickingner  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-158  
juergen.frickinger@iisb.fraunhofer.de

## Geräte- und Prozeßautomatisierung Equipment and Advanced Process Control

Prof. Lothar Pfitzner (komm., temp.)  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-110  
lothar.pfitzner@iisb.fraunhofer.de

**Abteilung / Department  
Technologie  
Technology**

Dr. Anton Bauer  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-308  
anton.bauer@iisb.fraunhofer.de

**Analytik und Meßtechnik  
Analytics & Measurement  
Techniques**

Dr. Christoph Lehrer,  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-146  
christoph.lehrer@iisb.fraunhofer.de

**Allgemeine Prozeßtechnologie  
Processing Techniques**

Dr. Anton Bauer  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-308  
anton.bauer@iisb.fraunhofer.de

**Implantation und physikalische  
Verfahren  
Implantation & Physical Methods**

Dr. Volker Häublein  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-220  
volker.haeublein@iisb.fraunhofer.de

**Bauelemente  
Devices**

Dr. Sven Berberich  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-341  
sven.berberich@iisb.fraunhofer.de

**Abteilung / Department  
Kristallzüchtung  
Crystal Growth**

Prof. Georg Müller  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 852-7636  
georg.mueller@iisb.fraunhofer.de

Dr. Jochen Friedrich  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-269  
jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

**Kristallherstellung  
Bulk Growth**

Dr. Jochen Friedrich  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-269  
jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

**Modellierung von  
Züchtungsprozessen  
Modeling of Growth Processes**

Dr. Thomas Jung  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-272  
thomas.jung@iisb.fraunhofer.de

**Abteilung / Department  
Leistungselektronische Systeme  
Power Electronic Systems**

Dr. Martin März  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-310  
martin.maerz@iisb.fraunhofer.de

**Leistungswandler  
Power Conversion**

Dr. Martin März  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-310  
martin.maerz@iisb.fraunhofer.de

**Mechatronik**

**Mechatronics**  
Markus Billmann  
Telefon / Phone: +49 (0) 9131 761-234  
markus.billmann@iisb.fraunhofer.de

## Arbeitsschwerpunkte

Im Arbeitsgebiet Technologiesimulation werden leistungsfähige Simulationsprogramme zur Optimierung von Einzelprozessen und Prozeßfolgen in der Halbleitertechnologie entwickelt.

Im Arbeitsgebiet Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden werden Firmen bei der Entwicklung und Verbesserung neuer Fertigungsgeräte, Materialien und der zugehörigen Prozesse unterstützt (z.B. durch Integration von in situ-Meßtechniken und durch Minimierung der Kontamination). Ein weiteres Gebiet der Forschungsaktivität ist die Halbleiterfertigungstechnik.

Neue technologische Prozesse und Herstellungsmethoden für die VLSI- und ULSI-Technologie sowie für moderne Leistungsbauelemente werden im Arbeitsgebiet Technologie entwickelt. Höchstauflösende Meß- und Analysemethoden erlauben dabei, Verunreinigungen geringster Konzentrationen in Gasen, Chemikalien und auf Siliciumscheiben sowie ihre Wirkung auf die elektrischen Eigenschaften von Bauelementen zu erfassen.

Im Arbeitsgebiet Kristallzüchtung werden Anlagen und Prozesse zur Herstellung von Kristallen für die Mikroelektronik, Optoelektronik, Kommunikationstechnologie, Photovoltaik, Medizintechnik und für die Mikrolithographie entwickelt und optimiert. Dazu werden Simulationsprogramme zur Berechnung von Hochtemperaturanlagen und -prozessen sowie Meßtechniken zur Bestimmung des Stoff- und Wärmetransportes in Kristallzüchtungsprozessen entwickelt und eingesetzt. Die Materialforschung unter Schwerelosigkeit vervollständigt das Arbeitsgebiet.

Einen weiteren Arbeitsschwerpunkt bildet die Leistungselektronik. Im Rah-

men dieses Schwerpunkts werden innovative Lösungen zur monolithischen, hybriden und mechatronischen Systemintegration von Leistungswandlern aller Art wie Schaltnetzteile, Frequenzumrichter usw. entwickelt.

Die Finanzierung erfolgt etwa zu gleichen Teilen durch öffentliche Projekte und Aufträge aus der Halbleiter- und Halbleitergeräte-Industrie. Das Institut beschäftigte im Jahr 2005 100 feste Mitarbeiter. Fast 5000 m<sup>2</sup> Büro- und Laborfläche stehen zur Bearbeitung von Forschungsaufträgen zur Verfügung. Ferner besteht die Möglichkeit, das Reinraumlabor des Lehrstuhls für Elektronische Bauelemente (Prof. Heiner Rysse) der Universität Erlangen-Nürnberg zu nutzen.

## Kompetenzen und Anwendungen

Die Kompetenzen und Anwendungen der anerkannten Forschungstätigkeit des Fraunhofer-Institutes für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie zeigt Fig 2.

## Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente

Das IISB und der Lehrstuhl Elektronische Bauelemente, Universität Erlangen-Nürnberg, betreiben im Rahmen eines Kooperationsvertrages nicht nur gemeinsam Labore, sondern sind auch bei Ausbildung und Forschung gemeinsam tätig. So beteiligen sich die Mitarbeiter des IISB bei Praktika für Studenten und umgekehrt wird die Berufsausbildung zum „Mikrotechnologen“ im IISB durch Mitarbeiter des Lehrstuhls für Elektronische Bauelemente unterstützt.

Der Lehrstuhl ist daneben in mehreren Forschungsrichtungen mit grundlegenden Vorfeldarbeiten tätig, die auch für das IISB von großem Interesse sind. Da-

zu gehören Projekte zu neuen Dielektrika und Metal Gate, SiGe-Gateelektroden, SiC und Aktoren.

## Major Fields of Activity

The Department of Technology Simulation develops high-performance simulation tools for optimizing single processes and process sequences in semiconductor technology.

The Department of Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods supports industrial companies in developing and upgrading new manufacturing equipment, materials and relevant processes (e.g. by integrating *in situ* measurement techniques and by minimizing contamination). Research in semiconductor manufacturing technology is an additional field of activity.

New technological processes and manufacturing methods for both VLSI and ULSI technology as well as for advanced power devices are being developed by the Department of Process Technology. High-resolution metrology and analytics allow the detection of impurities of extremely low concentration levels in gases, chemicals, and on silicon wafer surfaces as well as the determination of their impact on the electrical properties of the devices.

The department of crystal growth develops and optimizes equipment and processes for the growth of crystals to be used in microelectronics, optoelectronics, communication technology, photovoltaics, medical technology, and microlithography in collaboration with its industrial partners. It develops and applies simulation programs for modeling of high-temperature equipment and processes as well as measuring techniques for determining the mass and heat transport in crystal growth processes. Material science under microgravity conditions completes the field of activity.

Power electronics is another major field of activity. Innovative solutions for monolithic, hybrid or mechatronic system integration of all kinds of power converters - such as switch-mode power supplies or drive inverters - are developed in this context.

The budget of the Institute is obtained almost equally from public project funding and from contract research performed for the semiconductor and semiconductor equipment industry. IISB had a permanent staff of 100 people in 2004. Nearly 5.000 m<sup>2</sup> of office and laboratory space provide ample room to perform contract research. Moreover, the staff can use the cleanroom building belonging to the Chair of Electron Devices (University of Erlangen-Nuremberg). Both institutions are headed by Prof. Heiner Ryssel.

## Areas of Competence and Applications

The technological expertise and applications offered by the Fraunhofer Institute of Integrated Systems and Device Technology, known for its efficient and internationally renowned contract research activities, are illustrated in Fig. 2.

## Cooperation with the Chair of Electron Devices

IISB and the Chair of Electron Devices, University of Erlangen-Nuremberg, do not only operate joint laboratories in the framework of a cooperation contract, but moreover are also working together in education and research. Employees of IISB promote student practical training, and the professional training as "Microtechnologists" at IISB is being supported by employees of the Chair of Electron Devices.

Furthermore, the Chair of Electron Devices does preliminary basic research work in several areas. This work, which is of great interest to IISB as well, comprises projects regarding new dielectrics and metal gate, SiGe gate electrodes, SiC, and actuators.

Wissenschaftlich-technische Kernkompetenz

**IISB**

F & E-Produkte

	Prozeßsimulation	Mathematische Algorithmen	Programmierung komplexer Systeme	Halbleiterprozeßtechnik	<i>in situ</i> / on line-Meßtechnik	Gerätekonstruktion (mech., elektr., prozeßtech.)	Halbleiter- u. Bauelementemeßtechnik	Analytik (chem., phys. Kontamination)	Schichttechniken	Kristallzüchtung	Ionenstrahltechniken	Reinigung	Teststrukturen	Bauelementephysik	Leistungselektronik (LE)	Thermische Systemanalyse	LE-Meßtechnik
Physikalische Modelle f. Einzelprozesse u. Strukturen	•		•	•			•	•	•	•			•			•	
Rechenprogramm zur Prozeßsimulation		•	•							•				•			
Gerätesimulation			•	•	•				•	•			•		•		•
Geräteentwicklung			•	•	•	•		•		•					•	•	•
Gerätequalifizierung				•			•	•		•			•			•	•
Prozeßautomatisierung	•	•	•	•	•	•				•							•
Materialienqualifizierung				•	•		•	•	•				•			•	
Reinraumtechnik	•			•			•	•				•			•		
Normung				•	•	•	•	•				•	•				•
Prozeßentwicklung	•			•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
Analytische Verfahren				•	•		•	•		•						•	
Bauelemente der Mikrosystemtechnik	•			•			•	•	•		•	•	•	•	•		
Lebensdauerengineering	•			•			•	•			•						
Chippreparatur/Maskenreparatur				•			•		•		•						
Sensorentwicklung	•			•			•	•	•	•	•	•	•	•			
Schaltungs- und Systementwicklung															•	•	•

Fig. 2: Wissenschaftlich-technische Kernkompetenzen des FhG-IISB.

Competencies and Applications

**IISB**

R & D Products

	Process Simulation	Mathematical Algorithms	Programming of Complex Systems	Semiconductor Physics	<i>in situ</i> / on line Metrology	Equipment Design (mech., electrical, technolog.)	Semiconductor and Device Metrology	Analytics (Chemical and Physical Contamination)	Thin-film Technologies	Crystal Growth	Ion Beam Technologies	Cleaning	Test Structures	Device Physics	Power Electronics (PE)	Thermal System Analysis	PE Metrology
Physical Models for Single Processes	•		•	•			•	•	•	•	•		•			•	
Process Simulation Software		•	•							•				•			
Equipment Simulation			•	•	•				•	•			•		•		•
Equipment Development			•	•	•	•	•		•	•					•	•	•
Equipment Qualification				•			•	•	•	•			•			•	•
Process Automation	•	•	•	•	•	•				•							•
Materials Qualification				•	•		•	•	•				•			•	
Cleanroom Technology	•			•			•	•				•			•		
Standardization				•	•	•	•	•				•	•				•
Process Development	•			•	•		•	•	•	•	•	•	•	•	•		•
Analytic Techniques				•		•	•	•		•						•	
Microsystems Technology	•			•			•	•	•		•	•	•	•	•		
Lifetime Engineering	•			•			•	•			•						
Chip Repair / Mask Repair				•			•		•		•						
Sensor Development	•			•			•	•	•	•	•	•	•	•			
Circuit and System Engineering															•	•	•

Fig. 2: Competencies and Applications of the FhG-IISB.



## Kuratorium

Die Institutsleitung wird durch ein Kuratorium beraten, dessen Mitglieder aus Wirtschaft und Wissenschaft stammen:

Dr. Reinhard Ploß  
Infineon Technologies AG  
(Vorsitzender des Kuratoriums)

Prof. Dr. Ignaz Eisele  
Universität der Bundeswehr München  
Institut für Physik  
(seit 14.10.2005 stellvertretender Vorsitzender des Kuratoriums)

Dr. Dietrich Ernst  
Vorsitzender des Förderkreises für die Mikroelektronik e.V.

Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger  
im Ruhestand, ehemaliger Präsident der Universität Erlangen-Nürnberg, ehemaliger Präsident der Bayerischen Forschungsstiftung

Klaus Jasper  
Ministerialdirigent, Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie

Prof. Dr. Alfred Leipertz  
Dekan der Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg  
seit 1. Oktober 2005

Dr. Ewald Mörsen  
Crystal Growth Consulting

Dr. Karl-Heinz Stegemann  
ZFOUNDRY  
ZMD Analog Mixed Signal Services  
GmbH & Co. KG

Dr. Thomas Stockmeier  
SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG

Dr. Uwe Weigmann  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)  
Projektträger im DLR  
Nanoelektronik und -systeme

Prof. Dr. habil.  
Hans-Jörg Werrmann  
im Ruhestand, ehemals DLR

Prof. Dr. Albrecht Winnacker  
Dekan der Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg  
bis 30. September 2005





## Advisory Board

IISB is consulted by an Advisory Board, whose members come from industry and research.

Dr. Reinhard Ploß  
Infineon Technologies AG  
(Chairman of the Advisory Board)

Prof. Dr. Ignaz Eisele  
University of the German Federal  
Armed Forces, Munich  
(Deputy Chairman of the Advisory  
Board since October 14, 2005)

Dr. Dietrich Ernst  
Chief Executive Officer of the  
"Förderkreis für die Mikroelektronik  
e.V."

Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger  
(Retired, former president of the Uni-  
versity of Erlangen-Nuremberg, former  
Managing Director of the Bavarian Re-  
search Foundation)

Klaus Jasper  
Ministerialdirigent, Bavarian Ministry of  
Economic Affairs, Infrastructure, Trans-  
port and Technology

Prof. Dr. Alfred Leipertz  
Dean of the Faculty of Engineering  
Sciences at the Friedrich-Alexander Uni-  
versity of Erlangen-Nuremberg  
since October 1, 2005

Dr. Ewald Mörsen  
Crystal Growth Consulting

Dr. Karl-Heinz Stegemann  
ZFOUNDRY  
ZMD Analog Mixed Signal Services  
GmbH & Co. KG

Dr. Thomas Stockmeier  
SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG

Dr. Uwe Weigmann  
German Aerospace Center (DLR)  
Project Management Organisation in  
the DLR  
Nanoelectronics and Nanosystems

Prof. Dr. habil.  
Hans-Jörg Werrmann  
Retired, formerly DLR

Prof. Dr. Albrecht Winnacker  
Dean of the Faculty of Engineering  
Sciences  
Friedrich-Alexander University of  
Erlangen-Nuremberg  
until September 30, 2005

## Institutsspezifische Angebote zur Vertragsforschung

Die Arbeitsschwerpunkte des IISB liegen auf dem Gebiet der Simulation der Technologie mikroelektronischer Bauelemente sowie der Herstellungsverfahren von Halbleitermaterialien, der Entwicklung neuer Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden sowie der Entwicklung neuer Prozessschritte und Verfahren zur Herstellung höchst- und ultrahochintegrierter Schaltkreise, der Entwicklung von Bauelementen der Mikrosystemtechnik und der Kristallzüchtung sowie Anlagen zur Herstellung von Kristallen. Einen weiteren Arbeitsschwerpunkt bildet die Leistungselektronik. Hier werden innovative Lösungen zur monolithischen, hybriden und mechatronischen Systemintegration von Leistungswandlern aller Art entwickelt.

Im Bereich der Technologiesimulation werden zusammen mit Partnern leistungsfähige Simulationsprogramme zur kostengünstigen und zügigen Bauelemententwicklung erstellt, die beispielsweise eine dreidimensionale Vorausberechnung der Ergebnisse der Technologieprozesse gestatten. Neben der Programmerstellung umfassen diese Arbeiten umfangreiche experimentelle Untersuchungen zur Aufstellung von verbesserten physikalischen Modellen. Mit den entwickelten Programmen stehen der Halbleiterindustrie und der Forschung Werkzeuge zur Verfügung, die die Simulation aller wesentlichen Prozessschritte wie Lithographie, Ionenimplantation, Diffusion, Ätzen und Schichtabscheidung gestatten.

Ein weiterer Schwerpunkt des IISB befaßt sich mit der Entwicklung und Erprobung von Halbleiterfertigungsgeräten und -methoden. Die enge Verbindung zwischen Gerätetechnik, chemisch-physikalischer Verfahrenstechnik

und Bauelementetechnologie ist hier von herausragender Bedeutung. Die Abteilung bietet interdisziplinäre Forschungs- und Entwicklungsleistungen ausgehend von einem breiten Know-how und Erfahrungen im Bereich Gerätebau, neue Regelungs- und Steuerungsverfahren, Meßtechnik, chemische Verfahren, Softwareengineering und Fertigungstechnik an. Durch die Anwendung von neuen Simulations- und Entwicklungswerkzeugen können Systemlösungen für Fertigungsgeräte- und Materialhersteller sowie für Halbleiterhersteller entwickelt werden. Beispiele für erfolgreiche, neue Entwicklungen sind: Gerätequalifizierung für ultrareine Prozessierung, Meßtechnik für integrierte Qualitätskontrolle, neue Gerätekonzepte und die Integration von Feed-Forward- und Feedback-Regelungen in Fertigungssteuerungen. Die Entwicklungen tragen den steigenden Anforderungen nach schneller Anwendung in ULSI-Fertigungslinien und einer erhöhten Zuverlässigkeit und Produktivität Rechnung. Deshalb verfügt die Abteilung über eine leistungsfähige Analytik zur Charakterisierung von Geräten, Komponenten und Materialien.

Die Abteilung Technologie befaßt sich mit der Entwicklung von neuen Prozessschritten und Verfahren für höchstintegrierte Schaltungen, der Entwicklung von Bauelementestrukturen der Leistungselektronik und Mikrosystemtechnik und der Qualifizierung von Gasen und Chemikalien anhand von Testprozessen. In Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente wird dafür ein Reinraum betrieben, welcher die Durchführung der wichtigsten Prozessschritte auf Siliciumscheiben von 100 bis größtenteils 200 mm Durchmesser ermöglicht. Für zukünftige VLSI- und ULSI-Bauelemente werden Einzelprozesse entwickelt. Insbesondere werden umfangreiche Arbeiten auf den Gebieten der Erzeugung dünner dielektrischer und metallischer Schichten mit-

tels chemischer Dampfphasenabscheidung unter Verwendung metallorganischer Precursormaterialien, sowie der Implantation von Dopanden bei Nieder- und Hochenergie durchgeführt. Darüber hinaus laufen umfangreiche Arbeiten auf dem Gebiet der Bearbeitung von Nano-Strukturen und der Analyse oder Reparatur von Prototypen elektronischer Bauelemente.

Entwicklungen aus den oben genannten Forschungsschwerpunkten der Abteilung für Bauelementetechnologie werden unterstützt durch meßtechnische Untersuchungen. Zu einem besonderen Schwerpunkt hat sich hier die elektronische Meßtechnik entwickelt. Vor allem klassische Meßverfahren wie MOS-, I(U)-, C(U)-, Schichtwiderstands-, Beweglichkeits-, Dotierungsprofil-, Halleffektmessungen, REM- und TEM-Untersuchungen sowie energiedispersive Röntgenanalyse, aber auch Bestimmung von Linienbreiten, Schichtdicken, Scheibenebenheit und prozeßinduziertem Scheibenverzug werden eingesetzt. Daneben steht die Analytik von Spurenverunreinigungen auf Siliciumscheiben in Prozeßchemikalien und in Gasen durch TXRF, AAS und VPD-AAS zur Verfügung.

Die Abteilung Kristallzüchtung bietet basierend auf ihrem Know-how aus der Kristallzüchtung und den langjährigen Erfahrungen der Mitarbeiter im Anlagenbau, in der Meßtechnik und in der Computersimulation vielfältige Forschungs- und Entwicklungsleistungen an. Dazu zählt insbesondere die Entwicklung und Optimierung von Anlagen und Prozessen für die Züchtung von Kristallen für die Mikroelektronik, Optoelektronik, Kommunikationstechnologie, Photovoltaik, Medizintechnik und für die Mikrolithographie. Die Strategie ist dabei sowohl durch experimentelle als auch theoretische Studien den Zusammenhang zwischen den Prozeßbedingungen und den Kristalleigen-

### Contract Research Services

The focal areas of the Institute are technology simulations for advanced manufacturing processes, development of new semiconductor manufacturing equipment and materials, new process steps and methods for manufacturing very-large-scale-integration and ultra-large-scale-integration circuits, devices for microsystems technology and crystal growth processes and equipment. Power electronics is another major field of activity. Innovative solutions for monolithic, hybrid or mechatronic system integration of all kinds of power converters are developed.

In the domain of technology simulation, high-performance simulation tools for a cost-effective and rapid device development are developed in cooperation with partners. These tools allow, for example, a three-dimensional prediction of results to be obtained from technology processes. Apart from the development of software, these activities comprise extensive experimental investigations for designing improved physical models. With the programs developed, the semiconductor industry as well as universities and research centers have tools at their disposal allowing the simulation of all essential process steps, such as lithography, ion implantation, diffusion, etching, and layer deposition.

The second key activity of IISB is the development and testing of semiconductor manufacturing equipment and materials. Most businesses active in this domain have evolved from mechanical engineering or chemical companies and are small or medium-sized. In this context, the close interrelation between equipment technology, physical-chemical process engineering, and device technology is of outstanding importance. The department provides inter-

disciplinary R&D services, and a wide range of know-how and skills including mechanical engineering, novel control concepts, metrology, chemical engineering, software engineering, and manufacturing techniques. Using advanced simulation tools and the latest technological developments, the department is able to provide system solutions for the benefit of E&M suppliers as well as for IC manufacturers. Recent examples for advanced developments are equipment characterization methods for ultraclean processing, metrology for integrated quality control, novel equipment concepts, and integration of feedback and feed-forward controls into IC factories. Development of new manufacturing tools takes into account the increasing demand for immediate applicability in ULSI production lines and for enhanced reliability and productivity. The present focus of the department is, therefore, on providing complementary analytical characterization of equipment, components, and materials to provide the latest measurement and control techniques to be integrated into equipment being modular measurement systems and the integration of novel monitoring strategy into IC manufacturing.

The technology department works on the development of new process steps and methods for the integration of circuits, the processing of device structures in power electronics and microsystems technology, as well as on the qualification of gases and chemicals by means of test processes. For this purpose, IISB and the Chair of Electron Devices maintain joint cleanroom facilities. This allows the implementation of the most important process steps performed on silicon wafers with diameters from 100 to in the most instances 200 mm. Individual processes are developed for future VLSI and ULSI circuits. Special activities are focused on generating thin dielectric and metallic layers

by means of chemical vapor deposition using organo-metallic precursor materials, as well as low and high-energy implantation of dopants. Moreover, research endeavors are being pursued in the domain of nano structuring and analysis or repair of prototypes of electronic devices.

Developments achieved in the above-mentioned key areas are supported by metrological services. Classical testing methods, such as MOS, I-V, C-V, sheet resistance, mobility, doping profile, and Hall Effect measurements as well as SEM & TEM investigations, energy-dispersive X-ray analysis, the determination of feature size, layer thickness, wafer planarity, and process-induced wafer warp have evolved to a major field of activity. Apart from that, analysis of trace impurities on silicon wafers, in process chemicals and gases through TXRF, AAS and VPD-AAS are performed.

The department Crystal Growth provides various R&D services which are based on its know-how in crystal growth and solidification as well as on the profound experiences of its co-workers in mechanical engineering, process analysis and computer simulation. R&D services are especially the development and optimization of equipment and processes for melt growth of crystals to be used in microelectronics, optoelectronics, communication technology, photovoltaics, medicine technique and microlithography. Thereby, the strategy is to contribute by experimental and theoretical studies to the identification and quantification of the relation of process conditions on crystal properties and defects. The department is provided with highly efficient user-friendly simulation programs, which are especially suitable for heat and mass transport calculations in high-temperature equipment with complex geometry. These computer codes are

schaften bzw. Kristalldefekten zu identifizieren und zu quantifizieren. Dazu verfügt die Abteilung über leistungsfähige, benutzerfreundliche Simulationsprogramme, zur Berechnung des globalen Wärme- und Stofftransports in Hochtemperaturanlagen mit komplexer Geometrie. Diese Programme werden in enger Kooperation mit den industriellen Nutzern in Hinblick auf neue oder verbesserte physikalische Modelle, auf Benutzerfreundlichkeit und auf effizientere numerische Algorithmen weiterentwickelt.

Es sind darüber hinaus umfangreiche experimentelle Erfahrungen im Bereich der Entwicklung und Anwendung von Meßtechniken zur Bestimmung des Wärme- und Stofftransports in Kristallzüchtungsanlagen vorhanden. Zusätzlich stehen durch die enge Zusammenarbeit mit dem Institut für Werkstoffwissenschaften, Lehrstuhl Werkstoffe der Elektrotechnik, zahlreiche Verfahren zur elektrischen und optischen Charakterisierung von Kristallen zur Verfügung.

Das Arbeitsgebiet der Leistungselektronik umfaßt die Bauelemente, Schaltungs- und Systementwicklung für die Antriebs- und Stromversorgungstechnik. Unterstützt werden Firmen in der anwendungsorientierten Vorlauforschung sowie bei der Entwicklung von Prototypen und Kleinserien. Besonderes Augenmerk gilt der mechatronischen Systemintegration, d.h. der Integration von Leistungselektronik, Mikroelektronik, Sensorik und Mechanik. Weitere Themenfelder sind die elektrische und thermische Systemanalyse, Hochtemperatur Elektronik, Ansteuerschaltungen für Leistungsbaulemente, innovative Lösungen zur Energie-Einsparung und Wirkungsgradoptimierung, leistungselektronische Meßtechnik, Bauteilcharakterisierung und Modellbildung.

Durch einen Kooperationsvertrag zwi-

schen der FhG und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg ist das IISB sehr eng mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente sowie mit dem Institut für Werkstoffwissenschaften, Lehrstuhl Werkstoffe der Elektrotechnik, verknüpft. Dies ermöglicht die gemeinsame Nutzung vorhandener Forschungseinrichtungen, Abstimmung der Forschungsaktivitäten und anwendungsorientierte Lehre und Ausbildung auf dem Gebiet der Technologie der Mikroelektronik.

Nicht nur über die Zugehörigkeit zum Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik und der Einbindung in die Technische Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg, sondern auch über die Verbindung zu zahlreichen Lehrstühlen und Instituten anderer Universitäten, Forschungseinrichtungen und Organisationen in Deutschland, im europäischen Ausland, in Nordamerika, Japan und China wird die wissenschaftliche Forschungsbasis auf dem Gebiet der Herstellung und der Technologie der Mikroelektronik verbreitert und langfristig gesichert.

### Apparative Ausstattung

Das Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie verfügt über eine Fläche von 4780 m<sup>2</sup>, davon 2620 m<sup>2</sup> Büro- und Sonderflächen sowie 1590 m<sup>2</sup> Laborräume. Gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente wird die Reinraumhalle der Universität mit 600 m<sup>2</sup> genutzt.

Bei der Auswahl und Beschaffung der Technologiegeräte wurde besonderer Wert auf die industriekompatible Ausstattung des Halbleiterlabors gelegt. Die Prozeßgeräte ermöglichen durchgängig die Bearbeitung und meßtechnische Auswertung von Siliciumscheiben bis 150 mm Durchmesser, auch die Scheibehandhabung von Kassette zu Kas-

sette entspricht dem in der Industrie geforderten Standard.

Im einzelnen stehen folgende Großgeräte zur Verfügung:

#### Technologiegeräte

- Oxidation: 3-Stock- und 4-Stocköfen, 300 mm-Vertikalöfen, Kurzzeitoxidation, Rohrreinigungsanlage
- Dotierung: 5 Ionenimplantationsanlagen einschließlich einer Hochenergieimplantationsanlage bis zu 6 MeV, Diffusions- und Temperöfen, Kurzzeitausheilapparaturen
- Schichtabscheidung: LPCVD von SiC, SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, Polysilicium, SIPOS, Elektronenstrahlverdampfung, Widerstandsverdampfung und induktiver Verdampfer, Sputteranlage für hochschmelzende Metalle, Gold und Aluminium, Epitaxieanlagen
- Ätztechnik: Plasma- und RIE-Trockenätzer für SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Silicium, Aluminium, Lackveraschung, Naßätzbänke für alle wesentlichen Ätzschritte
- Polieren: Doppelseitenpoliermaschine, Einseitenpoliermaschine (Chemical Mechanical Polishing)
- Reinigung: Endreinigungsanlage
- Lithographie: Projektions- und Proximity-Belichtungsgeräte, automatische Lackstraße für Belägen und Entwickeln
- Schichtabscheidung: 2 Aufdampfungen, 2 Sputteranlagen
- 2 Bonder (Hand und Automatik), Verkapselung
- Al-Dickdraht-Bonder
- Vakuum-Dampfphasenlötanlage
- Reinnräume der Klasse 100 für die Entwicklung, Erprobung, Vorqualifikation und Montage von Halbleiterfertigungsgeräten mit
  - MES-C-kompatibler Clusterplattform mit XPS-Meßmodul
  - Versuchsstand für Partikelmessung

continuously further developed in close cooperation with industry with regard to new or improved physical models, to an easier way to use the programs and to more efficient algorithms. Furthermore, profound experimental experience exists in the development and application of process analysis, especially for the determination of heat and mass transport in crystal growth equipment. In addition, numerous methods for electrical and optical characterization of crystals are available due to a close collaboration with the Institute of Material Science, Department for Electrical Engineering Materials.

The Power Electronic Systems department is engaged in circuit and system engineering for drive and power generation technology. We support our partners in application-oriented research projects, in circuit design and prototype engineering. A focus is on mechatronic system integration, i.e. the integration of power electronics, microelectronics, remote sensing, and mechanics. Further topics are electrical and thermal system engineering, high-temperature electronics, driver circuits, innovative solutions for energy saving and efficiency optimization, measuring techniques for power electronics, device characterization and modeling.

Through a cooperation contract between the Fraunhofer-Gesellschaft and the Friedrich-Alexander University of Erlangen-Nuremberg, IISB and the Chair of Electron Devices as well as the Institute of Material Science, Department for Electrical Engineering Materials, maintain a close link enabling them to share available R&D infrastructure and equipment as well as to coordinate research activities and application-oriented teaching and professional training in the domain of microelectronics.

Not only by its membership of the Fraunhofer Alliance Microelectronics

and its incorporation into the Engineering Faculty of the University of Erlangen-Nuremberg, but also by its connections to numerous chairs and institutes of other universities, research institutions, and organizations in Germany as well as in other European countries, in North America, Japan, and China, the basis for scientific research in the field of the technology and fabrication of microelectronic products is enlarged and guaranteed in the long run.

### Facilities

The Institute of Integrated Systems and Device Technology has a total of 4,780 m<sup>2</sup> of floor space at its disposal; 2,620 m<sup>2</sup> for offices and special purposes and 1,590 m<sup>2</sup> of laboratory space. In addition, 600 m<sup>2</sup> of clean-room space are shared with the Chair of Electron Devices (University of Erlangen-Nuremberg).

Great importance was attached to the compatibility of the semiconductor laboratory equipment with industry standards. The entire equipment enables processes and metrological evaluation of silicon wafers with a diameter of up to 150 mm. Also the cassette-to-cassette wafer handling meets the high standards required by the semiconductor industry.

The IISB has the following large-scale equipment at its disposal:

### Processing Equipment

- Oxidation: 3-stage and 4-stage furnaces, 300 mm vertical furnace, rapid thermal oxidation, tube cleaning system
- Doping: 5 ion implanters, including a high-energy implanter (up to 6 MeV), diffusion and annealing furnaces, rapid thermal annealing units
- Layer deposition: LPCVD of SiC, SiO<sub>2</sub>,

Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, polysilicon, SIPOS, electron beam evaporation, resistance evaporation, and inductive evaporator, sputtering system for refractory metals, gold and aluminum, epitaxy systems

- Etching methods: plasma and RIE dry etcher for SiO<sub>2</sub>, Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, silicon, aluminum, resist ashing, wet benches for all essential etching steps
- Polishing: double side polishing, chemical mechanical polishing
- Cleaning: final cleaning equipment
- Lithography: projection and proximity exposure systems, automatic wafer track for coating and developing
- Layer deposition: 2 evaporation systems, 2 sputter systems
- 2 bonders (manual and automatic), packaging
- Al wedge bonding
- Vacuum vapor phase soldering
- Class 100 cleanrooms for the development, testing, prequalification, and mounting of semiconductor manufacturing equipment with
  - MESC-compatible cluster platform with XPS measurement module
  - Test set-up for particle measurements
  - Test set-up for plasma diagnostics
  - Vertical furnace with *in situ* layer thickness metrology
- Silicon wafer marker
- integrated vacuum processing tools
- Facilities for crystal growth: 5 high pressure furnaces, 1 multi-zone furnace for high vacuum and reactive atmosphere, several multi-zone furnaces, among other things for special applications
- Wire saw and polishing machines

### Metrology and Analytics

- Sheet resistance (four-point probe)
- Profile of carrier concentration and mobility (Hall measuring set, spreading resistance)
- Diffusion length and lifetime of minority carriers (Electrolytical Metal

- Versuchsstand für Plasmadiagnostik
- Vertikalofen mit *in situ*-Schichtdickenmeßtechnik
- Siliciumscheibenbeschrifteter Mehrkammerprozeßanlagen
- Kristallziehanlagen: 5 Hochdruckofenanlagen, 1 Mehrzonenofenanlage für Hochvakuum bzw. Reaktivgase, mehrere Mehrzonenofen u.a. für spezielle Einsatzgebiete
- Drahtsäge und Poliermaschinen

### Meßtechnik und Analytik

- Schichtwiderstand (Vierspitzenmeßplatz, Teststrukturen)
- Profile von Ladungsträgerkonzentration und -beweglichkeit (Hall-Meßplatz, Spreading-Resistance)
- Diffusionslänge und Lebensdauer von Minoritätsladungsträgern (Electrolytical Metal Tracer (ELYMAT), Microwave detected Photoconductivity Decay ( $\mu$ -PCD))
- Oxidladungs- und Grenzflächenzustandsdichte (hoch- und niederfrequente Kapazitäts-Spannungsmessung, Thermo-Streß)
- Trap-Konzentration (Deep Level Transient Spectroscopy (DLTS))
- I(U)- und C(U)-Messungen mit manuellen oder automatischen Scheibenprobern
- Prüfkartenfertigungsplatz
- Solarmeßplatz
- Hall-Effekt (temperaturabhängig 15 K - 650 K)
- Widerstandsmapping (Vierspitzen und Spreading Resistance)
- C(U), DLTS, TSC und PICTS für Messung von flachen und tiefen Störstellen
- Photolumineszenz (14 K, 300 K), IR-Absorption
- Oszilloskope (bis 10 GS/s)
- IR-Thermographie
- Zth-Meßplatz
- normgerechte Burst/Surge-Generatoren, Load-dump, ESD
- Netzleistungs- und Oberwellen-Ana-

- lysator
- Klimatestkammer
- Lastwechselfesteinrichtung
- Impedanzanalysator
- Teilentladungsmessung
- DC-Quellen und elektronische Lasten bis 60 kW
- Motorprüfstand (bis 40 kW)
- Photometer
- Scheibendicke und -form (kapazitiv)
- Schichtdicken (optisch mit Ellipsometer oder Interferometer, mechanisch mit Profilometer, schnelles Interferometer für *in situ*-Messungen, Spektralellipsometer (*in situ*, *ex situ*))
- Strukturweiten (Rasterelektronenmikroskop, Laserrasterelektronenmikroskop)
- Partikelkontamination (für strukturierte und nicht strukturierte Scheiben)
- Elektronenoptische Untersuchungen (Transmissions- und Rasterelektronenmikroskop mit digitaler Bildverarbeitung, Probenpräparation)
- Mechanische Spannungen in dünnen Schichten
- Interferometer
- Rasterelektronenmikroskop (REM) mit energiedispersiver Röntgenstrahlanalyse (EDX)
- Rasterkraftmikroskop (AFM)
- Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop
- Sekundärionen-Massenspektrometer (SIMS)
- Flugzeit-Sekundärionen-Massenspektrometer (ToF-SIMS)
- Neutralteilchen-Massenspektrometer (SNMS)
- Rutherford-Rückstreu-Spektrometer (RBS)
- Photoelektronen-Spektrometer (XPS)
- Atomabsorptionsspektrometer (AAS)
- Scheibenoberflächenpräparationssystem (WSPS)
- Pack Extraction Method (PEM)
- Transmissionselektronenmikroskop (TEM)
- Totalreflexions-Röntgenfluoreszenz-Analyse (TXRF)

- Hochauflösende Röntgendiffraktometer (HR-XRD)
- Optische Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES)
- UV / VIS / NIR Spektrometer
- Atmosphärendruckionisations-Massenspektrometer (APIMS)
- Kontaktwinkelmeßgerät
- Magnetsektorfeld-Massenspektrometer
- Flüssigchromatograph (LC)
- TOC-/DOC-Meßgeräte
- Partikelzähler für flüssige und gasförmige Medien und zur Überwachung der Reinraumqualität
- Feinfokusionenstrahlanlagen
- Thermowellenmeßtechnik
- optisches System zur Siliciumscheideninspektion und Defektklassifikation
- Gaschromatograph-Massenspektrometer mit Thermodesorption (TD)-GC-MS
- Kalometrie, Thermodynamik (DTA und DSC)

### Technologiegeräte, Meßtechnik und Analytik für 300-mm-Scheiben

#### Technologiegeräte für

- Oxidation
- Ionenimplantation
- Reinigung
- Naßätzen
- Aufdampfen (Metallisierung)
- Lithographie (bis zu 10  $\mu$ m)
- Polieren
- Waferreclaim
- Al- und Golddraht-Bonden
- Vakuum-Dampfphasen-Löten

#### Meßtechnik und Analytik

- Schichtdickenmessung (Spektral- und Einwellenellipsometrie, Interferometrie)
- Thermowellenanalyse
- Atomabsorptionsspektroskopie (AAS)

- Tracer (Elymat), Microwave detected Photoconductivity Decay ( $\mu$ -PCD))
  - Oxide-charge and interface-state density (high and low-frequency capacitance voltage measurement, thermal stress)
  - Trap density (Deep Level Transient Spectroscopy (DLTS))
  - I-V and C-V measurements with manual or automatic wafer probers
  - Test card assembly
  - Solar measurement set-up
  - Hall effect (temperature-dependent 15 K - 650 K)
  - Resistivity mappings (four point probe and spreading resistance)
  - C(U), DLTS, TSC und PICTS for measurement of shallow and deep levels
  - Photoluminescence (14 K, 300 K), IR absorption
  - Oscilloscopes (up to 10 GS/s)
  - Thermal imaging system
  - Zth measurement equipment
  - Burst and surge pulse sources, load-dump, ESD
  - Three-phase power meter with line harmonic analyzer
  - Climatic test cabinet
  - Power cycling test equipment
  - Impedance analyzer
  - Partial discharge measuring
  - DC power sources and electronic loads up to 60 kW
  - Drive test bench (up to 40 kW)
  - Photometer
  - Wafer thickness and shape (capacitive)
  - Layer thickness (optically with ellipsometer or interferometer, mechanically with profilometer, rapid interferometer for *in situ* measurements, spectral ellipsometer (*in situ*, *ex situ*))
  - Feature size (scanning electron microscope, laser scanning microscope)
  - Particle contamination (patterned and unpatterned)
  - Transmission and scanning electron microscopy with digital image processing, sample preparation
  - Mechanical stress in thin films
  - Interferometer
  - Scanning electron microscope (SEM) with energy-dispersive X-ray analysis (EDX)
  - Atomic force microscope (AFM)
  - Field-emission scanning electron microscope
  - Secondary ion mass spectroscopy (SIMS)
  - Time-of-flight secondary ion mass spectroscopy (ToF-SIMS)
  - Secondary neutral mass spectroscopy (SNMS)
  - Rutherford backscattering spectroscopy (RBS)
  - X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)
  - Atomic absorption spectroscopy (AAS)
  - Wafer surface preparation system (WSPS)
  - Pack extraction method (PEM)
  - Transmission electron microscope (TEM)
  - Total-reflection X-ray fluorescence analysis (TXRF)
  - High-resolution X-ray diffractometer (HR-XRD)
  - Optical emission spectroscopy with inductively coupled plasma (ICP-OES)
  - UV / VIS / NIR spectrometer
  - Atmospheric pressure ionization mass spectrography (APIMS)
  - Contact angle measurement tool
  - Magnetic sector field mass spectrography
  - Liquid chromatography (LC)
  - TOC / DOC measurement tools
  - Particle counter for liquid and gaseous media and for monitoring cleanroom quality
  - Focused ion beam systems
  - Thermal wave metrology
  - Optical system for wafer inspection and classification
  - Gas chromatography mass spectrometer with thermo-desorption (TD)-GC-MS
  - Calometry, thermodynamics (DTA and DSC)
- Processing Equipment, Metrology and Analytics for 300 mm wafers:**
- Processing Equipment for
- Oxidation
  - Ion implantation
  - Cleaning
  - Wet etching
  - Deposition (metallization)
  - Lithography (down to 10  $\mu$ m)
  - Polishing
  - Waferreclaim
  - Aluminum and gold filament bonding
  - Vacuum vapor phase soldering
- Metrology and Analytics
- Layer thickness (single-wavelength and spectral ellipsometer, interferometer)
  - Thermal wave metrology
  - Vapor phased decomposition (VPD) with or without automatic droplet scanner
  - Atomic absorption spectroscopy (AAS)
  - Wafer surface preparation system (WSPS)
  - Pack extraction method (PEM)
  - Optical emission spectroscopy with inductively coupled plasma (ICP-OES)
  - Gas chromatography mass spectrometer with thermo-desorption (TD)-GC-MS
  - Total-reflection X-ray fluorescence analysis (TXRF)
  - Diffusion length and lifetime of minority carriers (Electrolytical Metal Tracer (ELYMAT))
  - Particle counter
  - Fourier transformation infrared spectroscopy (TTIR)
  - Thermo-desorption
  - Defect inspection of unpatterned wafer surfaces
  - Microscope with digital image pro-



- Scheibenoberflächenpräparations-system (WSPS)
- Pack Extraction Method (PEM)
- Optische Emissionspektroskopie (ICP-OES)
- Gaschromatograph-Massenspek-trometrie (GC-MS)
- Totalreflexions-Röntgen-fluoreszenz-Analyse (TXRF)
- Diffusionslänge und Lebensdauer von Minoritätsladungsträger mit Electrolytical Metal Tracer (ELYMAT)
- Partikelmessungen
- Fouriertransformations-Infrarot-Spektroskopie (FTIR)
- Thermodesorption
- Defektinspektion auf unstrukturier-ten Scheibenoberflächen
- Mikroskop mit digitaler Bildverarbei-tung

### Softwareausstattung

- Schaltungssimulatoren Pspice, Sim-plerer
- Flotherm (3D thermische FEA)
- Ansoft PEMAG
- Verschiedene Programme für Geräte-, Prozeß- und Bauelemente-simulation, z. B. ICECREM, TRIM, DIOS, DESSIS, FLOOPS, SOLID, DEP3D und Arena
- Cadence Design Paket zur Synthese von Analog-Mixed-Signal ASICs
- Entwicklungswerkzeuge zur Geräte-steuerung
- Fuzzyentwicklungssystem

### Rechner

- Leistungsfähiges Rechner-Netzwerk zur Durchführung von Simulationen, Arbeitsplatz- und Steuerrechner

### Kontakt und weitere Informationen

#### Öffentlichkeitsarbeit

Dr. Bernd Fischer  
 Telefon: +49 (0) 9131 761-106  
 Fax: +49 (0) 9131 761-102  
 info@iisb.fraunhofer.de

#### Applikations- und Dienstleistungs-zentrum Mikrosystemtechnik

Dr. Sven Berberich  
 Telefon: +49 (0) 9131 761-341  
 Fax: +49 (0) 9131 761-360  
 sven.berberich@iisb.fraunhofer.de

### Technologiesimulation

Dr. Jürgen Lorenz  
 Telefon: +49 (0) 9131 761-210  
 Fax: +49 (0) 9131 761-212  
 juergen.lorenz@iisb.fraunhofer.de

### Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden

Prof. Lothar Pfitzner  
 Telefon: +49 (0) 9131 761-110  
 Fax: +49 (0) 9131 761-112  
 lothar.pfitzner@iisb.fraunhofer.de

### Technologie

Dr. Anton Bauer  
 Telefon: +49 (0) 9131 761-308  
 Fax: +49 (0) 9131 761-360  
 anton.bauer@iisb.fraunhofer.de

### Kristallzüchtung

Prof. Georg Müller  
 Telefon: +49 (0) 9131 852-7636  
 Fax: +49 (0) 9131 761-280  
 georg.mueller@iisb.fraunhofer.de

Dr. Jochen Friedrich  
 Telefon: +49 (0) 9131 761-269  
 Fax: +49 (0) 9131 761-280  
 jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

### Leistungselektronische Systeme

Dr. Martin März  
 Telefon: +49 (0) 9131 761-310  
 Fax: +49 (0) 9131 761-312  
 martin.maerz@iisb.fraunhofer.de



cessing

### Software Tools

- Circuit simulation tools Pspice, Simplorer
- 3-D thermal FEA
- Ansoft PEMAG
- Various tools for equipment, process, and device simulation, e.g. ICECREM, TRIM, DIOS, DESSIS, FLOOPS, SOLID DEP3D and Arena
- Cadence design package for syntheses of analog mixed-signal ASICS
- Development tools for equipment control
- Fuzzy development system

### Computers

- Powerful computer network for performing simulations, PCs, and control computers



### Contact and Further Information

#### Public Relations

Dr. Bernd Fischer  
Phone: +49 (0) 9131 761-106  
Fax: +49 (0) 9131 761-102  
info@iisb.fraunhofer.de

#### Application and Service Center for Microsystems Technology

Dr. Sven Berberich  
Phone: +49 (0) 9131 761-341  
Fax: +49 (0) 9131 761-360  
sven.berberich@iisb.fraunhofer.de

### Technology Simulation

Dr. Jürgen Lorenz  
Phone: +49 (0) 9131 761-210  
Fax: +49 (0) 9131 761-212  
juergen.lorenz@iisb.fraunhofer.de

### Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods

Prof. Lothar Pfitzner  
Phone: +49 (0) 9131 761-110  
Fax: +49 (0) 9131 761-112  
lothar.pfitzner@iisb.fraunhofer.de

### Technology

Dr. Anton Bauer  
Phone: +49 (0) 9131 761-308  
Fax: +49 (0) 9131 761-360  
anton.bauer@iisb.fraunhofer.de

### Crystal Growth

Prof. Georg Müller  
Phone: +49 (0) 9131 852-7636  
Fax: +49 (0) 9131 761-280  
georg.mueller@iisb.fraunhofer.de

Dr. Jochen Friedrich  
Phone: +49 (0) 9131 761-269  
Fax: +49 (0) 9131 761-280  
jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

### Power Electronic Systems

Dr. Martin März  
Phone: +49 (0) 9131 761-310  
Fax: +49 (0) 9131 761-312  
martin.maerz@iisb.fraunhofer.de

**Mitarbeiterentwicklung**

2005 beschäftigte das IISB 100 Mitarbeiter. Fig. 3 zeigt die Entwicklung des Personalstandes seit 1995.

**Staff Development**

In 2005, IISB had 100 employees. Fig. 3 shows the staff development since 1995.

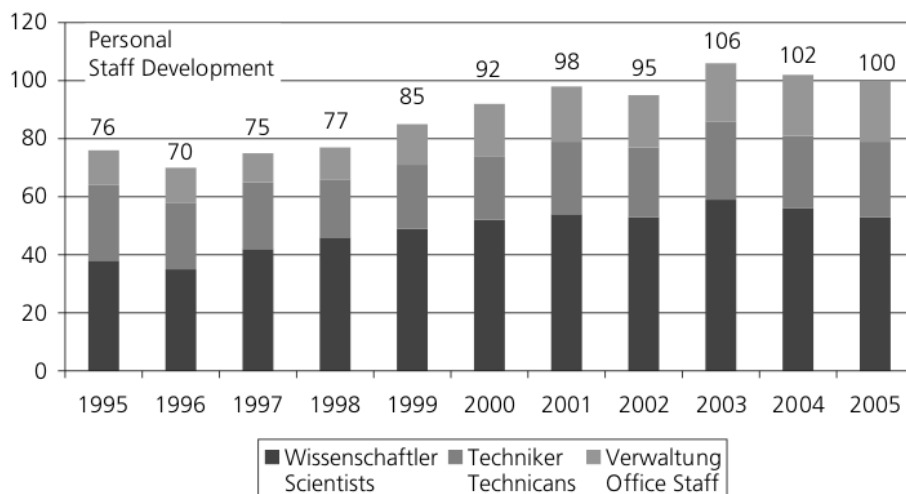


Fig. 3: Personalentwicklung 1995 - 2005; Staff development 1995 - 2005.

**Betriebshaushalt**

Fig. 4 und Fig. 5 geben eine schnelle Orientierung über die wichtigsten Kennziffern bei Aufwand und Finanzierung des IISB.

**Budget**

Fig. 4 and Fig. 5 give a quick overview of the most important representative figures in terms of funding and investments of IISB.

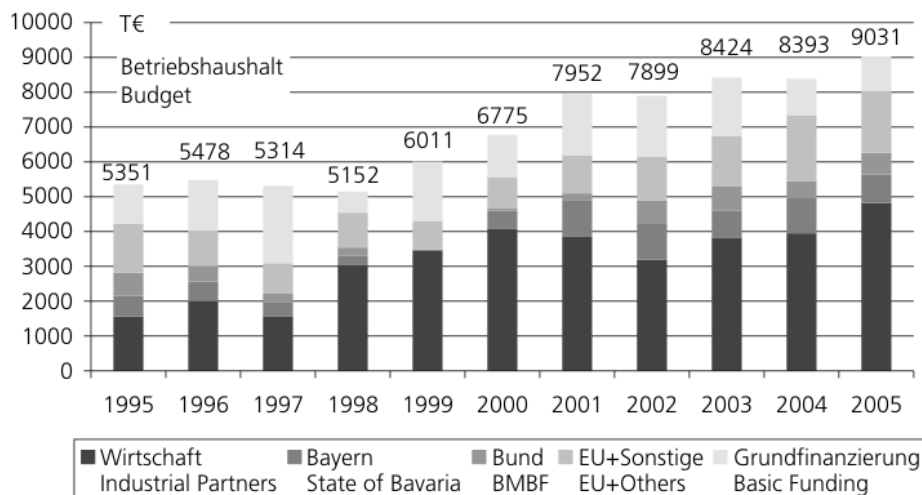


Fig. 4: Entwicklung des Betriebshaushaltes; Budget development IISB.

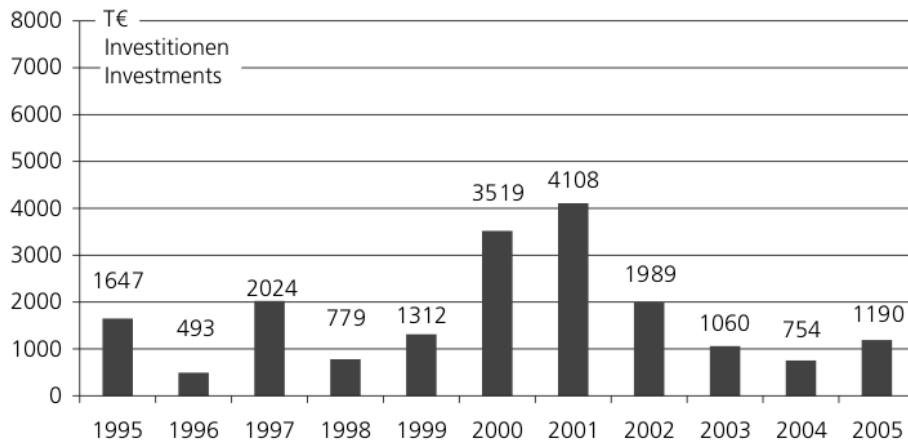


Fig. 5: Entwicklung des Investitionshaushaltes;  
Development of investments.

## Die Forschungsorganisation

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt anwendungsorientierte Forschung zum direkten Nutzen für Unternehmen und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand. Im Auftrag und mit Förderung durch Ministerien und Behörden des Bundes und der Länder werden zukunftsrelevante Forschungsprojekte durchgeführt, die zu Innovationen im öffentlichen Nachfragebereich und in der Wirtschaft beitragen.

Mit technologie- und systemorientierten Innovationen für ihre Kunden tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Dabei zielen sie auf eine wirtschaftlich erfolgreiche, sozial gerechte und umweltverträgliche Entwicklung der Gesellschaft.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, in anderen Bereichen der Wissenschaft, in Wirtschaft und Gesellschaft.

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt derzeit rund 80 Forschungseinrichtungen, davon 58 Institute, an über 40 Standorten in ganz Deutschland. Rund 12 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von über 1 Milliarde €. Davon fallen mehr als 900 Millionen € auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Ein Drittel wird

von Bund und Ländern beigesteuert, auch um damit den Instituten die Möglichkeit zu geben, Problemlösungen vorzubereiten, die in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mitglieder der 1949 gegründeten und als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft sind namhafte Unternehmen und private Förderer. Von ihnen wird die bedarfsorientierte Entwicklung der Fraunhofer-Gesellschaft mitgestaltet.

Namensgeber der Gesellschaft ist der als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreiche Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787-1826).

## Die Forschungsgebiete

Die Schwerpunkte der Forschungs- und Entwicklungsarbeit an den Fraunhofer-Instituten sind acht Forschungsgebieten zugeordnet:

- Werkstofftechnik, Bauteilverhalten
- Produktionstechnik, Fertigungstechnologie
- Informations- und Kommunikationstechnik
- Mikroelektronik, Mikrosystemtechnik
- Sensorsysteme und Prüftechnik
- Verfahrenstechnik
- Energie- und Bautechnik, Umwelt- und Gesundheitsforschung
- Technisch-ökonomische Studien, Informationsvermittlung

## Die Zielgruppen

Die Fraunhofer-Gesellschaft ist sowohl der Wirtschaft und dem einzelnen Unternehmen als auch der Gesellschaft verpflichtet. Zielgruppen und damit Nutznießer der Forschung der Fraunhofer-Gesellschaft sind:

- Die Wirtschaft: Kleine, mittlere und große Unternehmen in der Industrie und im Dienstleistungssektor profitieren durch die Auftragsforschung. Die Fraunhofer-Gesellschaft entwickelt konkret umsetzbare, innovative Lösungen und trägt zur breiten Anwendung neuer Technologien bei. Für kleine und mittlere Unternehmen ohne eigene F&E-Abteilung ist die Fraunhofer-Gesellschaft wichtiger Lieferant für innovatives Know-how.
- Staat und Gesellschaft: Im Auftrag von Bund und Ländern werden strategische Forschungsprojekte durchgeführt. Sie dienen der Förderung von Spitzen- und Schlüsseltechnologien oder Innovationen auf Gebieten, die von besonderem öffentlichem Interesse sind, wie Umweltschutz, Energietechniken und Gesundheitsvorsorge. Im Rahmen der Europäischen Union beteiligt sich die Fraunhofer-Gesellschaft an den entsprechenden Technologieprogrammen.

## Das Leistungsangebot

Wer wirtschaftlichen Erfolg sucht, muß neue Ideen entwickeln und rasch in Produkte umsetzen. Der schnelle Informationstransfer zählt zu den wichtigsten Zielen der Unternehmenspolitik der Fraunhofer-Gesellschaft. Unternehmen aller Größen und Branchen nutzen die Fraunhofer-Institute als externe High-Tech-Labors für praktisch alle Arten von

## The Research Organization

The Fraunhofer-Gesellschaft undertakes applied research of direct utility to private and public enterprise and of wide benefit to society. Its services are solicited by customers and contractual partners in industry, the service sector and public administration. The organization also accepts commissions and funding from German federal and Länder ministries and government departments to participate in future-oriented research projects with the aim of finding innovative solutions to issues concerning the industrial economy and society in general.

By developing technological innovations and novel systems solutions for their customers, the Fraunhofer Institutes help to reinforce the competitive strength of the economy in their local region, and throughout Germany and Europe. Through their work, they aim to promote the successful economic development of our industrial society, with particular regard for social welfare and environmental compatibility.

As an employer, the Fraunhofer-Gesellschaft offers its staff the opportunity to develop the professional and personal skills that will allow them to take up positions of responsibility within their institute, in other scientific domains, in industry and in society.

At present, the Fraunhofer-Gesellschaft maintains some 80 research units, including 58 Fraunhofer Institutes, at over 40 different locations in Germany. The majority of the roughly 12,500 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of over 1 billion euros. Of this sum, more than €900 million is generated through contract research. Roughly two thirds of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived

from contracts with industry and from publicly financed research projects. The remaining one third is contributed by the German federal and *Länder* governments, partly as a means of enabling the institutes to pursue more fundamental research in areas that are likely to become relevant to industry and society in five or ten years' time.

Affiliated research centers and representative offices in Europe, the USA and Asia provide contact with the regions of greatest importance to present and future scientific progress and economic development.

The Fraunhofer-Gesellschaft was founded in 1949 and is a recognized non-profit organization. Its members include well-known companies and private patrons who help to shape the Fraunhofer-Gesellschaft's research policy and strategic development.

The organization takes its name from Joseph von Fraunhofer (1787-1826), the illustrious Munich researcher, inventor and entrepreneur.

## The Research Fields

The focal research and development activities at the Fraunhofer Institutes are grouped into eight focal fields, with the respective Institutes listed accordingly:

- Materials technology, component behavior
- Production technology, manufacturing engineering
- Information and communications technology
- Microelectronics, microsystems technology
- Sensor systems, testing technology
- Process technology
- Energy and building technology, environmental and health research

- Technical and economic studies, information transfer

## The Research Clients

The Fraunhofer-Gesellschaft maintains an obligation to serve industry, its partner companies, and society at large. Target groups and thus beneficiaries of research conducted by the Fraunhofer-Gesellschaft are:

- Industry: Small, medium-sized and multinational companies in industry and in the service sector all profit from contract research. The Fraunhofer-Gesellschaft develops technical and organizational solutions which can be implemented in practice, and promotes applications for new technologies. The Fraunhofer-Gesellschaft is a vital supplier of innovative know-how to small and medium-sized companies who do not maintain their own in-house R&D departments.
- Government and Society: Strategic research projects are carried out under contract to national and regional government. They serve to promote the implementation of cutting-edge technology and innovations in fields of particular public interest, such as environmental protection, energy conservation and health. The Fraunhofer-Gesellschaft furthermore participates in technology programmes supported by the European Union.

## The Range of Services

Commercial success depends on new ideas rapidly implemented as marketable products. One of the primary policy objectives of the Fraunhofer-Gesellschaft is improved information transfer. Companies of all sizes and from all sectors of industry use the Fraunhofer Institutes as external high-

Entwicklungsaufgaben, für spezielle Dienstleistungen und als kompetente Berater in organisatorischen und strategischen Fragen. Professionelles Projektmanagement und Verfahren des Qualitätsmanagements führen zu konkreten Ergebnissen, die sich in der Praxis bewähren.

### Die Vorteile der Vertragsforschung

Die Fraunhofer-Gesellschaft entwickelt in acht Forschungsgebieten Produkte und Verfahren bis zur Anwendungsreife. Dabei werden in direktem Kontakt mit dem Auftraggeber individuelle Lösungen erstellt. Durch die Zusammenarbeit aller Institute stehen den Auftraggebern der Fraunhofer-Gesellschaft zahlreiche Experten mit einem breiten Kompetenzspektrum zur Verfügung. Gemeinsame Qualitätsstandards und das professionelle Projektmanagement der Fraunhofer-Institute sorgen für verlässliche Ergebnisse der Forschungsaufträge.

Modernste Laborausstattungen machen die Fraunhofer-Gesellschaft für Unternehmen aller Größen und Branchen attraktiv. Neben der Zuverlässigkeit einer starken Gemeinschaft sprechen auch wirtschaftliche Vorteile für die Zusammenarbeit, denn die kostenintensive Vorlauforschung bringt die Fraunhofer-Gesellschaft bereits als Startkapital in die Partnerschaft ein.

### Der Weg zur Zusammenarbeit mit der Fraunhofer-Gesellschaft

Die zentrale Anschrift lautet:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung  
der angewandten Forschung e. V.  
Postfach 20 07 33  
80007 München  
Hansastraße 27C  
80636 München  
Telefon: +49 (0) 89/12 05-0  
Fax: +49 (0) 89/12 05-7531  
Internet: <http://www.fraunhofer.de/>

Dem Vorstand gehören an:

Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger, Präsident  
(Unternehmenspolitik und Forschung)  
Dr. Ulrich Buller  
(Forschungsplanung)  
Dr. Alfred Gossner  
(Finanzen und Controlling)  
Dr. Dirk-Meints Polter  
(Personal und Recht)

Ihr Ansprechpartner in der  
Abteilung für Presse und Öffentlich-  
keitsarbeit:

Franz Miller  
Telefon: +49 (0) 89/12 05-1301  
[miller@zv.fraunhofer.de](mailto:miller@zv.fraunhofer.de)

tech laboratories for virtually all kinds of development work, for special services, and as expert consultants on organizational and strategic questions. Professional project management and processes of quality management lead to concrete results of genuine market value.

### **The Advantages of Contract Research**

The Fraunhofer-Gesellschaft develops products and processes through to market implementation in eight focal research fields. Individual solutions are generated in close cooperation with the industrial partner. The cooperation of all Fraunhofer Institutes ensures industrial partners the necessary expertise across a wide spectrum of disciplines. Common standards of quality and the professional project management of the Fraunhofer Institutes guarantee reliable results from research contracts.

The latest laboratory equipment makes the Fraunhofer-Gesellschaft attractive to companies of all sizes and from all sectors of industry. In addition to the reliability of this powerful association, economic benefits also speak for collaboration; cost-intensive preparatory research by the Fraunhofer-Gesellschaft represents the investment capital it makes available to any partnership.

### **Working together with the Fraunhofer-Gesellschaft**

The central address is:

Fraunhofer-Gesellschaft zur Foerderung  
der Angewandten Forschung e.V.  
Postfach 20 07 33  
80007 München  
Hansastraße 27C  
80636 München  
Phone: +49 (0) 89 1205-0  
Fax: +49 (0) 89 1205-7531  
Internet: <http://www.fraunhofer.de/>

The Members of the Executive Board:

Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger, President  
(Corporate Management and Research)  
Dr. Ulrich Buller  
(Research Planning)  
Dr. Alfred Gossner  
(Finance and Controlling)  
Dr. Dirk-Meints Polter  
(Personnel and Legal Department)

Press and Public Relations:

Franz Miller  
Phone: +49 (0) 89 1205-1301  
[miller@zv.fraunhofer.de](mailto:miller@zv.fraunhofer.de)

## Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik

Der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik V $\mu$ E koordiniert seit 1996 die Aktivitäten der auf den Gebieten Mikroelektronik und Mikrointegration tätigen Fraunhofer-Institute. Seine Aufgabe besteht dabei im frühzeitigen Erkennen neuer Trends bei mikroelektronischen Anwendungen und deren Berücksichtigung bei der strategischen Weiterentwicklung der Verbundinstitute. Dies geschieht vorwiegend durch Entwicklung gemeinsamer Themenschwerpunkte und Projekte. Auf diesem Wege kann der Verbund insbesondere innovativen mittelständischen Unternehmen rechtzeitig zukunftsweisende Forschung und anwendungsorientierte innovative Entwicklungen anbieten und so entscheidend zu deren Wettbewerbsfähigkeit beitragen. Der Verbund widmet sich beispielsweise den aktuellen Themen ubiquitärer Elektronik und Systeme. Die Geschäftsstelle des Fraunhofer-

Verbunds Mikroelektronik fungiert als zentrales Koordinierungsbüro für neun Verbundinstitute. Sie berät und unterstützt das Direktorium des Verbunds Mikroelektronik bei Fragen der inhaltlichen Abstimmung und der fachlichen Zukunftsplanung. Zentrale Aufgabe ist die Erarbeitung von Strategien und Roadmaps für die Verbundinstitute sowie die Koordinierung ihrer Umsetzung. Darüber hinaus ist die Geschäftsstelle für zentrales Marketing und institutsübergreifende Öffentlichkeitsarbeit zuständig.

## Fraunhofer Alliance Microelectronics

The Fraunhofer Microelectronics Alliance V $\mu$ E coordinates the activities of the Fraunhofer institutes working in the fields of microelectronics and microintegration. Its purpose is to recognize and anticipate new trends in microelectronics applications and to incorporate them in the future strategic plans of the

member institutes. This is generally done by defining joint focal areas of research and through joint projects. This method of working enables the cooperating institutes to offer their customers, in particular innovative small and medium-sized firms, access to cutting-edge research and innovative developments in applications at an extremely early stage, thus giving them a distinct competitive advantage.

The office of the Fraunhofer Microelectronics Alliance serves as a central liaison point for the nine member institutes. Acting in an advisory function, it provides support to the steering committee of the Microelectronics Alliance in matters related to the coordination of research content and the planning of future work. The office's main function is to draw up strategies and roadmaps for the member institutes and to coordinate their implementation. A further aspect of its work is central marketing and cross-institute public relations work.

Fraunhofer-Institut / Fraunhofer Institute	Ort / Location	Leitung / Director
Angewandte Festkörperphysik IAF / Applied Solid State Physics IAF	Freiburg	Prof. Dr. Günter Weimann
Digitale Medientechnologie IDMT / Digital Media Technology IDMT	Ilmenau (Gastinstitut) / (guest institute)	Prof. Dr. Karlheinz Brandenburg
Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik HHI Heinrich-Hertz-Institut HHI	Berlin	Prof. Dr. Hans-Joachim Grallert Prof. Dr. Holger Boche
Integrierte Schaltungen IIS / Integrated Circuits IIS	Erlangen, Nürnberg, Fürth Dresden	Prof. Dr. Heinz Gerhäuser Vorsitzender des Verbundes/Chairman
Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB / Integrated Systems and Device Technology IISB	Erlangen, Freiberg, Nürnberg	Prof. Dr. Heiner Ryssel
Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS / Microelectronic Circuits and Systems IMS	Duisburg	Prof. Dr. Anton Grabmaier
offene Kommunikationssysteme FOKUS / Open Communication Systems FOKUS	Berlin (Gastinstitut) / (guest institute)	Prof. Dr. Radu Popescu-Zeletin
Photonische Mikrosysteme IPMS / Photonic Microsystems IPMS	Dresden	Dr. Hubert Lakner
Siliciumtechnologie ISIT / Silicon technology ISIT	Itzehoe	Prof. Dr. Anton Heuberger
Systeme der Kommunikationstechnik ESK / Communications Systems ESK	München	Dr. Rudi Knorr
Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM / Reliability and Microintegration IZM	Berlin, München, Teltow Chemnitz, Paderborn, Oberpfaffenhofen	Prof. Dr. Herbert Reichl
Center Nanoelektronische Technologien CNT / Center for Nanoelectronic Technologies CNT	Dresden	Dr. Peter Kücher



Die Standorte der Forschungseinrichtungen

Locations of the Research Facilities

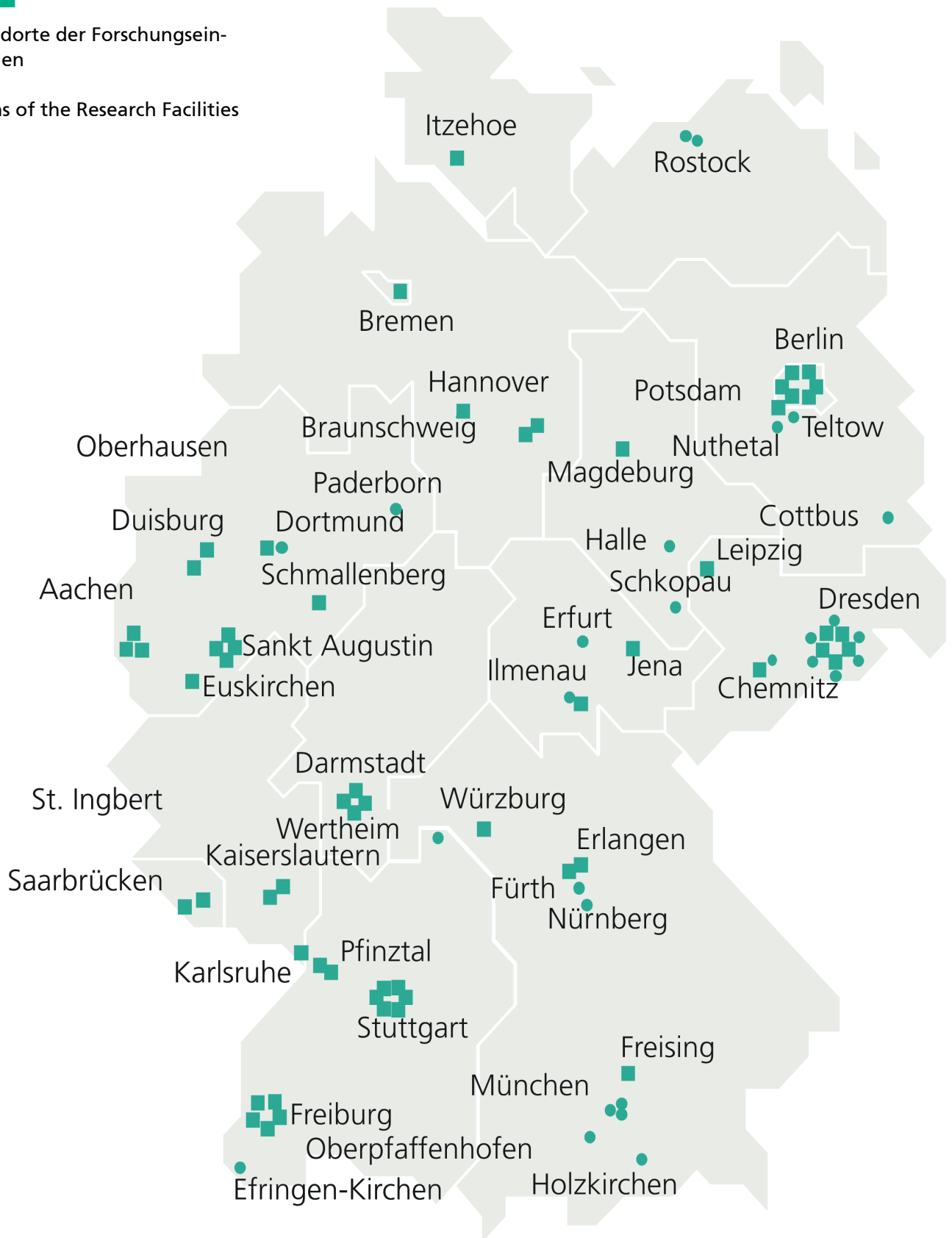


Fig. 6: Die Standorte der Forschungseinrichtungen (Quadrate: Institute; Punkte: Institutsteile, Teilinstitute, Einrichtungen, Arbeitsgruppen, Außenstellen sowie Anwendungszentren);  
Locations of the Research Institutes in Germany (squares: Institutes; dots: Branches of Institutes, Research Institutions, Working Groups, Branch Labs, Application Centers).

## Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Technologiesimulation

Die Abteilung Technologiesimulation entwickelt physikalische Modelle und Programme zur Simulation von Halbleiterprozessen, -geräten und -bauelementen und transferiert diese Ergebnisse in die Anwendung - die Optimierung von Prozessabläufen, Masken für die Lithographie, sowie von Bauelementen und Schaltungen. Dieser Transfer erfolgt einerseits durch direkte Kooperation insbesondere mit Halbleiterfirmen aber auch mit anderen Forschungseinrichtungen, andererseits auch durch die Vermarktung von Simulationsprogrammen über Softwarehäuser. Seit vielen Jahren ist die von der Abteilung betriebene arbeitsteilige Zusammenarbeit mit industriellen Anwendern sowie anderen Forschungseinrichtungen ein zentrales Element des Erfolgs der Abteilung.

Die Kooperationen der Abteilung beginnen räumlich in Bayern und Sachsen, u.a. in Form einer engen Zusammenarbeit mit Infineon an den Standorten Erlangen, München und Dresden, dem auf dem Gebiet der Lithographiesimulation kommerziell führenden Softwarehaus SIGMA-C in München sowie dem Maskenhaus AMTC in Dresden. Sie umfassen ein umfangreiches Netzwerk von Kooperationen mit führenden Halbleiterfirmen in Europa, einschließlich Infineon, Philips und STMicroelectronics, Gerätefirmen wie ASML und Mattson, den Softwarehäusern SIGMA-C und Synopsys, führenden Forschungseinrichtungen wie insbesondere IMEC, LETI und CNRS, sowie auf Teilgebieten der Technologiesimulation tätigen Universitäten wie der ETH Zürich, der Universität Surrey und der Technischen Universität Wien. Dieses vom IISB aufgebaute Netzwerk ermöglicht die optimale Nutzung der in Europa vorhandenen Kom-

petenz für die Entwicklung und industrielle Anwendung der Technologiesimulation.

Wichtige Verbundprojekte sind exemplarisch für dieses Netzwerk und die Bedeutung des IISB: Im BMBF-Projekt „Abbildungsmethodiken für nanoelektronische Bauelemente“ unterstützt das IISB durch Anwendung seiner Programme zur Lithographiesimulation die Entwicklung der für zukünftige höchstintegrierte Schaltungen erforderlichen Lithographieverfahren. Die extreme Ultraviolett-Lithographie EUV, welche eine Wellenlänge von 13,5 nm und deshalb zwangsläufig als optische Elemente Spiegel statt Linsen verwendet, ist zur Zeit die vielversprechendste Kandidatin für die Ablösung der optischen Lithographie jenseits des 32 nm Technologieknotens der International Technology Roadmap for Semiconductors ITRS. Die nötigen Prozesse und Geräte werden im von ASML koordinierten und von der EU geförderten Integrierten Projekt (IP) „More Moore“ entwickelt, in dem das IISB wichtige Simulationsunterstützung leistet u.a. zur Optimierung von Mehrlagenspiegeln hinsichtlich den Einflüssen von Defekten. Für die weitere Entwicklung von CMOS-Transistoren in Europa ist das von STMicroelectronics koordinierte und von der EU geförderte IP „NANOCMOS“ von zentraler Bedeutung. Hier leistet das IISB wichtige Beiträge zur Optimierung von Prozeßabläufen und zur Bewertung der für die 45- und 32-nm-Technologieknoten untersuchten Bauelementarchitekturen mittels dreidimensionaler Prozeß- und Bauelementesimulation. Diese Aktivitäten können lückenlos ab Juni 2006 im ebenfalls von der EU geförderten IP „PULLNANO“ fortgesetzt werden. Die Erzeugung von sehr flachen Source- und Drain-Kontakten mit hinreichend hoher Aktivierung der Dotierungsatome - bis hin zur metastabilen Aktivierung über die Löslichkeit der Dotierung im Silicium hinaus - ist einer

der wichtigsten Probleme für die weitere Skalierung von Transistoren entsprechend dem Moore'schen Gesetz oder der ITRS. Das IISB hat in 2005 das „Specific Targeted Research Project“ (STREP) „ATOMICS“ vorbereitet, welches von der EU ab Februar 2006 gefördert wird. Neben der Entwicklung von Modellen und Programmen zur Simulation fortschrittlicher Prozesse zur Aktivierung von implantierten Dotierungsverteilungen, wie z.B. den sogenannten „Spike Anneals“ wird ATOMICS auch zu einem verbesserten Verständnis der physikalischen Mechanismen für Diffusion und Aktivierung führen und damit zur Weiterentwicklung dieser Prozesse beitragen. Es ist sehr erfreulich, daß ATOMICS als eines der sehr wenigen im sechsten Rahmenprogramm der EU auf dem Gebiet der Nanoelektroniktechnologie geförderten STREPs durchgeführt werden kann.

Eine Sonderrolle als „Specific Support Action“ kommt dem seit Februar 2005 laufenden Projekt „SUGERT“ zu, in dem bei Koordination durch das IISB führende europäischen Halbleiterfirmen und Softwarehäuser unter Mitarbeit führender Forschungseinrichtungen und Universitäten industrielle Spezifikationen für das „Technology Computer Aided Design“ TCAD und damit auch für seinen Teilbereich Technologiesimulation erarbeiten. Die Beteiligung der Partner trotz unzureichender Projektförderung unterstreicht nachdrücklich die strategische Wichtigkeit des Projekts, auf die auch ein Fachbeitrag in diesem Bericht eingeht. SUGERT trägt auch wesentlich zum Simulationsteil der ITRS bei, der seit 2002 vom IISB koordiniert wird.

### Ansprechpartner

Dr. Jürgen Lorenz  
Telefon: +49 (0) 9131 761-210  
juergen.lorenz@iisb.fraunhofer.de

### Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials of the Department of Technology Simulation

The Technology Simulation department develops physical models and programs for the simulation of semiconductor fabrication processes, equipment and devices, and transfers these results into application - the optimization of processes, lithographic masks, devices and circuits. This transfer is on one hand side made by direct cooperations especially with semiconductor companies but also with other research institutes, on the other hand side through the commercialization of simulation programs via software houses. Since many years the close cooperation with industrial users and other research institutes, promoted by IISB, is a key element of the success of the department.

Geographically the cooperations of the department start in Bavaria and Saxony, among others via cooperations with Infineon at Erlangen, Munich and Dresden, SIGMA-C in Munich which is the commercially leading software house in the area of lithography simulation, and the leading mask house AMTC in Dresden. They include a broad network of cooperations with leading semiconductor companies in Europe, besides Infineon especially Philips and STMicroelectronics, equipment companies like ASML and Mattson, the software houses SIGMA-C and Synopsys, leading research institutes like IMEC, LETI and CNRS, and universities like ETH Zurich, Surrey, and the Technical University of Vienna which are active in technology simulation. This network promoted by IISB enables the optimum usage of the competence available in Europe for the development and industrial use of semiconductor technology simulation.

Several important cooperative projects provide very good examples for this network and for the important role of IISB: Within the BMBF project „Abbildungsmethodiken für nano-elektronische Bauelemente" IISB supports via the application of its lithography simulation programs the development of lithographical steps which are required for future integrated circuits with ever smaller feature sizes. The Extreme Ultraviolet Lithography EUV, which employs a wavelength of 13.5 nm and in consequence inevitably reflective instead of refractive optics, is currently the most promising option for the replacement of optical lithography beyond the 32 nm node of the International Technology Roadmap for Semiconductors ITRS. The processes and the equipment required are currently being developed within the Integrated Project (IP) „More Moore" which is coordinated by ASML and funded by the EC. Here, IISB provides important simulation support among others for the optimization of the required multilayer mirrors w.r.t. the influence of defects. For the further development of CMOS transistors in Europe the IP „NANOCMOS", coordinated by STMicroelectronics and funded by the EC, is of key importance. Here, IISB via three-dimensional process and device simulation provides important contributions for the optimization of process sequences and the assessment of the device architectures which are candidates for the 45 and 32 nm technology node. These activities will be continued in June 2006 within the EC funded IP „PULLNANO". The formation of shallow source/drain regions with high activation - up to metastable activation beyond the solubility of the dopant in silicon - is one of the most important problems for the further scaling of transistors according to Moore's law and the ITRS. In 2005 IISB prepared the „Specific Targeted Research Project" (STREP) „ATOMICS" which is being funded by the EC from February

2006. Besides the development of models and programs for the simulation of advanced processes for the annealing of implanted dopant atoms, e.g. the so-called „spike anneals", ATOMICS will also lead to an improved understanding of the physical mechanisms for diffusion and annealing and in turn contribute to the further technological development of these processes. It is very encouraging that ATOMICS is among the very small number of STREPs being funded by the EC within the Sixth Framework Programme in the area of nanoelectronics technology.

The project „SUGERT" started in February 2005 has a special role as a „Specific Support Action". In this project coordinated by IISB, leading European semiconductor companies and software houses with support from leading research institutes and universities establish industrial specifications for the field of Technology Computer Aided Design (TCAD) which among others contains technology simulation. The commitment of the SUGERT partners despite the insufficient project funding confirms the strategic importance of this project which is presented more in detail in a separate presentation below. SUGERT also strongly contributes to the Modeling and Simulation part of the ITRS which has been coordinated by IISB since 2002.

### Contact

Dr. Jürgen Lorenz  
Phone: +49 (0) 9131 761-210  
juergen.lorenz@iisb.fraunhofer.de

## Einleitung

Eine wichtige Aufgabe der Computersimulation ist es, die Leistungsfähigkeit von neu entwickelten elektronischen Bauelementen zu evaluieren. Üblicherweise werden aktive Bauelemente, in der CMOS-Technologie sind das MOS-Transistoren, ohne Bezug auf die sie umgebenden passiven Elemente der Schaltung evaluiert. In hochintegrierten CMOS-Schaltungen heutiger und insbesondere zukünftiger CMOS-Generationen ist aber der Einfluß solcher passiver Elemente wie Verdrahtungen auf die Schaltgeschwindigkeit deutlich, unter Umständen auch dominierend. Die Aufgabe dieser Arbeit war die Evaluierung der Leistungsfähigkeit von CMOS-Transistoren für den 45-nm-Technologieknoten in einer realen Schaltung unter Berücksichtigung parasitärer Effekte, die von Verdrahtungen verursacht werden.

## Projekt NanoCMOS

In dem von der Europäischen Kommission geförderten Projekt NanoCMOS werden Bauelemente für den 45-nm-CMOS-Technologieknoten entwickelt. Um mit der Entwicklung neuer Bauelemente schneller voranzukommen, werden aktive und passive Komponenten der integrierten Schaltungen gleichzeitig erforscht. Eine experimentelle Cha-

rakterisierung der fertigen Schaltung kann erst erfolgen, nachdem alle Komponenten der Schaltung vollständig integriert wurden. Durch Simulation lassen sich die elektrischen Eigenschaften der integrierten Schaltungen parallel zur Entwicklung der einzelnen Komponenten untersuchen. Als Beispiel wird hier eine Simulation der elektrischen Eigenschaften einer SRAM-Zelle gezeigt, die auf neuartigen CMOS-Transistoren und einem neuen Verdrahtungsschema für den 45-nm-Technologieknoten basiert.

## Simulation: Vom Bauelement zur Schaltung

Im ersten Schritt wurde eine gekoppelte numerische Prozess- und Bauelementesimulation von CMOS-Transistoren für den 45-nm-Technologieknoten durchgeführt. Die Ergebnisse sind in Fig. 1 für NMOS-Transistoren und in Fig. 2 für PMOS-Transistoren dargestellt. Aus den Ergebnissen numerischer Simulation wurden Transistormodellparameter für eine Kompaktmodellsimulation extrahiert.

Weiterhin wurden die elektrischen Eigenschaften der komplexen Verdrahtungen in der SRAM-Zelle simuliert. Da der elektrische Widerstand von Verdrahtungsleitungen in der Schaltung im Vergleich zum Widerstand der Transistoren vernachlässigbar war, genügte es, in der Simulation nur die Verdrahtungskapazitäten zu berechnen. Wegen der komplexen geometrischen Anordnung der Verdrahtungsleiter mußte eine dreidimensionale Simulation der Kapazitäten durchgeführt werden. Ein Beispiel der 3D-Verdrahtungssimulation für eine SRAM-Zelle ist in Fig. 3 zu sehen. Aus einer 3D-Simulation wurden Kapazitäten zwischen allen Kontaktpunkten in der Schaltung berechnet. Die extrahierten Verdrahtungskapazitäten wurden entsprechend der logischen

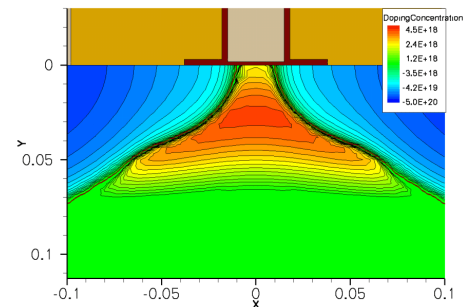


Fig. 2: Dotierungsverteilung im aktiven Gebiet eines PMOS-Transistors; Doping distribution in the active area of a PMOS Transistor.

Verschaltung der SRAM-Zelle in die komplette Kompaktmodellsimulation eingefügt.

Die komplette Simulation der SRAM-Schaltung erfolgte mit Hilfe des Kompaktmodellsimulators SPICE. Da die SPICE-Modellparameter aus der numerischen Simulation extrahiert wurden, konnte eine Evaluierung der Schaltungsparameter früher als die Realisierung der integrierten Schaltung im Silizium durchgeführt werden.

Ein wichtiger Aspekt der Evaluierung einer integrierten Schaltung ist es, festzustellen, welche Komponenten der Schaltung in welchem Maß zur Signalverzögerung beitragen. Die Ergebnisse der Simulation konnten die Frage beantworten: Ein Beispiel der Simulation der dynamischen Eigenschaften der untersuchten SRAM-Zelle ist in Fig. 4 gezeigt. Man erkennt, daß die Verdrahtung deutlich zur Verlängerung der Schaltzeit in einem Schreibzyklus beiträgt.

## Ansprechpartner

Dr. Alexander Burenkov  
Telefon: +49 (0) 9131 761-255  
alexander.burenkov@iisb.fraunhofer.de  
Dr. Eberhard Bär  
Telefon: +49 (0) 9131 761 217  
eberhard.baer@iisb.fraunhofer.de

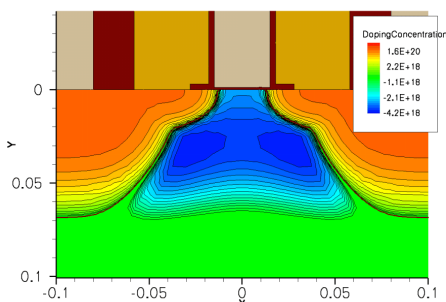


Fig. 1: Dotierungsverteilung im aktiven Gebiet eines NMOS-Transistors; Doping distribution in the active area of an NMOS transistor.

## Introduction

An important task of computer simulation consists in evaluating the performance of newly developed electronic devices. Usually, active elements, i.e. MOS transistors in CMOS technology, are evaluated without taking into account the surrounding passive elements of the circuit. However, in high-integration CMOS circuits of present and particularly of future CMOS generations, the influence of such passive elements, e.g. wiring, on switching speed is a considerable, potentially even dominating factor. The objective of this work was to evaluate the performance of CMOS transistors for the 45 nm technology node in a real circuit taking into account parasitic effects caused by interconnects.

## Project NanoCMOS

In the project NanoCMOS, which has been funded by the European Union, devices for the 45 nm technology node have been developed. In order to speed up the development of novel devices, active and passive components of integrated circuits have been investigated simultaneously during the project. The experimental characterization of the completed circuit cannot be realized

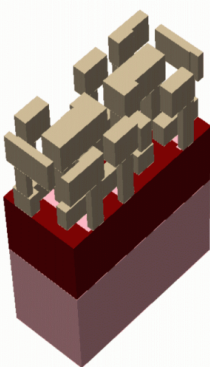


Fig. 3: 3d-Simulation der Verdrahtung einer SRAM-Zelle des 45-nm-Technologieknotens; 3D simulation of the interconnects of an SRAM cell of the 45 nm CMOS technology node.

before all of its components are fully processed and integrated. By means of simulation, however, the electrical properties of integrated circuits can be investigated in parallel with the development of the individual components. As an example, this text shows the simulation of the electrical properties of an SRAM cell based on novel CMOS transistors and a new interconnect scheme developed for the 45 nm technology node.

## Simulation: From device to circuit

As a first step, a coupled numerical process and device simulation of CMOS transistors for the 45 nm technology node was carried out. The results of the process simulation are shown in fig. 1 (NMOS transistors) and fig. 2 (PMOS transistors). The results obtained from the computer simulation were used to extract transistor model parameters for a compact model simulation.

Furthermore, the electrical properties of the complex interconnects in the SRAM cell were simulated. Since the electrical resistance of interconnect wires in the circuit was negligible in comparison with the resistance of the transistors, it was sufficient to calculate only the interconnect capacitances in the simulation. Due to the complex interconnect geometry, a three-dimensional simulation of the capacities had to be carried out. An example of the 3D interconnect simulation for an SRAM cell is shown in fig. 3. Using 3D simulation, the capacitances between all contact points in the circuit have been calculated. The extracted interconnect capacitances were integrated in the complete compact model simulation according to the logic circuits of the SRAM cell.

The complete simulation of the SRAM circuit was realized using the compact model simulator SPICE. Since the SPICE

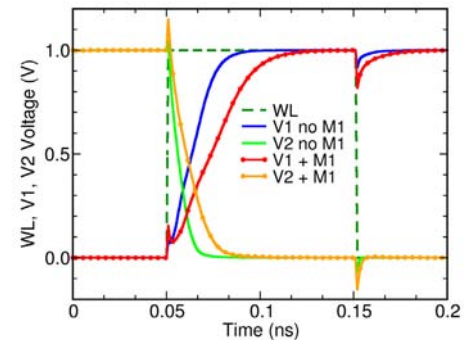


Fig. 4: Transiente Simulation für einen Schreibzyklus einer SRAM-Zelle. Signale markiert mit "+M1" gehören zur Simulation mit Berücksichtigung von Verdrahtungskapazitäten. Die Kurven "no M1" gehören zu Simulationen ohne Verdrahtung; Transient simulation of a write cycle of an SRAM cell. Signals marked "+M1" belong to a simulation taking into account the interconnects capacitances, label "no M1" means no account of interconnects.

model parameters were extracted from the computer simulations, the circuit parameters could be evaluated prior to realizing the integrated circuit in silicon.

An important aspect in evaluation of an integrated circuit is to determine which components of the circuit contribute to signal delay, and to what degree. The results of the simulation answered this question; an example of the simulation of the dynamic properties of the investigated SRAM cell is shown in fig. 4. It can be seen that the interconnects contribute substantially to the switching time during a write cycle.

## Contact

Dr. Alexander Burenkov  
Phone: +49 (0) 9131 761-255  
alexander.burenkov@iisb.fraunhofer.de  
Dr. Eberhard Bär  
Phone: +49 (0) 9131 761 217  
eberhard.baer@iisb.fraunhofer.de



# Dr.LiTHO – eine Lithographie-Simulationsumgebung für Forschung und Entwicklung

<Inhaltsverzeichnis>

Bei der Herstellung mikroelektronischer Bauelemente stellt die Mikrolithographie einen entscheidenden Schritt dar. Ein lithographischer Prozeß überträgt das Layout eines Schaltkreises in eine photosensitive Schicht auf dem Wafer. Lithographiesimulationen helfen dabei, ökonomische Prozesse für kleiner werdende Strukturen zu entwickeln.

Seit fast zwanzig Jahren ist die Lithographiesimulation fester Bestandteil der Fraunhofer-Forschung, deren Ergebnisse nicht zuletzt in zahlreichen Programmen, Bibliotheken und Modellen zu finden sind. So wie sich die Programmiermethodik während dieser Zeit verändert hat, unterscheiden sich auch die einzelnen Module in Aufbau und sogar in der verwendeten Programmiersprache: von Komponenten in der guten alten Sprache FORTRAN bis hin zu ausgefeilten C++ Bibliotheken. Die Benutzung dieser Modulansammlung erwies sich als zunehmend problematisch, da sowohl die Einarbeitung neuer Mitarbeiter als auch die Zusammenarbeit mit Partnern mit einigem Aufwand verbunden waren. Zusätzlich war es kaum möglich, verschiedene Modelle ohne aufwendige Anpassungsarbeiten zu kombinieren.

Andererseits stellt die Entwicklung einer einheitlichen, leicht zu benutzenden Simulationsumgebung eine große Herausforderung dar. So müssen Mechanismen zum Verwalten von Bibliotheken und dem Austausch von Daten zwi-

schen verschiedenen Komponenten zur Verfügung stehen. Ein zusätzliches Design-Ziel war die Bereitstellung einer einheitlichen Benutzerschnittstelle. Da das System zudem auf verschiedenen Rechnerarchitekturen benutzt werden sollte, standen auch keine plattform-spezifischen Lösungen wie die .NET Umgebung von Microsoft zur Auswahl. Die Umgebung war ausschließlich als Forschungs-, Entwicklungs- und Testumgebung, hauptsächlich für hausinterne Zwecke, geplant. Am praktikabelsten erschien deshalb eine text-basierte, stabile und gleichzeitig einheitliche Benutzerschnittstelle.

Auf der Suche nach einem adäquaten System, das all diesen Anforderungen gerecht würde, entschieden wir uns schnell für Python ([www.python.org](http://www.python.org)), einer flexiblen, einfach zu erlernenden, modernen und portablen (verfügbar auf fast allen Plattformen) Programmiersprache, die zudem noch frei verfügbar ist. Python erfreut sich zunehmender Beliebtheit: Organisationen wie IBM, Nasa, Google, Industrial Light & Magic, Yahoo und viele mehr setzen inzwischen für verschiedenste Aufgaben auf Python. Neben diesen vorteilhaften Eigenschaften nimmt sich Python auch der Bibliotheksverwaltung an und sorgt für eine konsistente Datenrepräsentation. Die Entscheidung zugunsten von Python war gleichsam die Geburtsstunde von Dr.LiTHO (s. Fig. 1 und 2).

Simulationen mit Dr.LiTHO werden in einer Textdatei vordefiniert. Diese Datei (Skript) beinhaltet nicht nur die gewünschten Parametereinstellungen, sondern sie definiert den Simulationsfluß, so daß ein Höchstmaß an Flexibilität gewährleistet ist. Wiederholende Aufgaben können zudem in Bibliotheken zusammengefaßt werden. Und da Python eine vollständige Programmiersprache ist, gibt es kaum Grenzen für die Funktionalität oder Einsatzmöglichkeiten benutzerdefinierter Skripte. Ins-



Fig. 2: Dr.LiTHO in Aktion: Hintergrund: Python Entwicklungsumgebung, Vordergrund: Ausgabe-fenster; Dr.LiTHO in action: background: Python develop-ment environment, foreground: output window.

besondere bei der Erstellung von Simulationsstudien, in denen oft eine große Anzahl an Evaluationen durchzuführen ist, erweist sich diese Eigenschaft als vorteilhaft – auch und gerade gegen-über „fest verdrahteten“ Programmen mit graphischer Benutzeroberfläche.

Ein großer Vorteil bei der Benutzung von Python ist die schier endlose Liste verfügbarer Pakete und Erweiterungen, die numerische, wissenschaftliche oder Visualisierungsmodule beinhaltet (s. Fig. 3). Und auch die Einbindung einer graphischen Benutzeroberfläche ist durch-aus nicht schwierig, dank zahlreicher Python-Werkzeuge (s. Fig. 4).

Dr.LiTHO ist nunmehr ein Jahr alt. Es hat die Benutzbarkeit, Erweiterbarkeit und das Testen unserer Komponenten wesentlich vereinfacht. Dr.LiTHO wird sowohl hausintern als auch bei der Zu-sammenarbeit mit ausgewählten Partnern eingesetzt. Ein kommerzieller Si-mulator, der einen Großteil unserer Modelle und Algorithmen enthält, steht durch unseren Partner SIGMA-C ([www.sigma-c.com](http://www.sigma-c.com)) zur Verfügung.

## Ansprechpartner

Tim Fühner  
 Telefon: +49 (0) 9131 761-259  
[tim.fuehner@iisb.fraunhofer.de](mailto:tim.fuehner@iisb.fraunhofer.de)

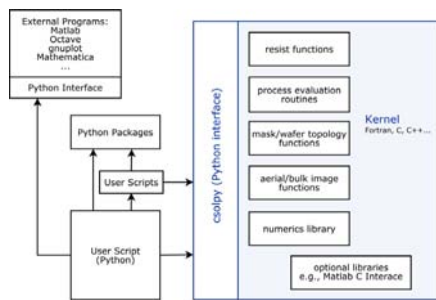


Fig. 1: Schematischer Aufbau von Dr.LiTHO; Design scheme of Dr.LiTHO.

# Dr.LiTHO – a Development and Research Lithography Simulation Environment

Microlithography is one of the critical steps in the production of microelectronic devices. A lithographic process transfers the layout of a circuit into a photosensitive layer on top of the wafer. Lithography simulations help to push processes to increasingly smaller feature sizes and to keep production costs at a reasonable level.

At Fraunhofer, lithography simulation has been a field of activity for almost twenty years now. Numerous programs, libraries, and models have been developed. And as computer science paradigms have changed, also the structure and even the programming language used for these individual modules differ significantly: With components ranging from good old FORTRAN programs to sophisticated object-oriented C++ libraries. Using this collection of modules proved increasingly difficult: It complicated both training of new group members and collaborations with peer organizations. Moreover, combining different models or programs often required a considerable adaptation effort.

Designing an integrative and easy-to-use environment can be quite a task. It has to contain mechanisms for manag-

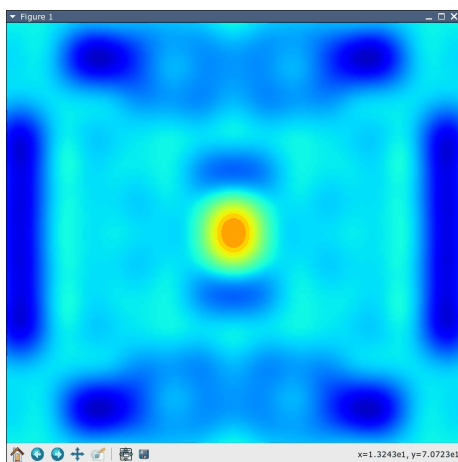


Fig. 3: Luftbildvisualisierung mit Python-Modul matplotlib;  
Aerial image visualization using Python module matplotlib (<http://matplotlib.sourceforge.net>).

ing libraries and data exchange routines between different components. An additional design goal was to include a consistent user interface. Moreover, in order to be able to use the framework on different computer architectures, using platform-specific solutions like Microsoft's .NET environment was not an option, either. Finally, as we were solely aiming at designing a research, development, and testing environment mainly for in-house purposes, we did not require the framework to be "goof-proof", that is, usable by any non-expert user. Leading to the idea that a text-base, stable, yet consistent interface would be just fine.

In search of an adequate system that satisfies all these requirements we quickly decided to use Python ([www.python.org](http://www.python.org)): It is very flexible, easy to learn, modernly designed, and portable (runs on virtually any computer platform). And it's free, too. Moreover, Python is becoming increasingly popular. Organizations like IBM, Nasa, Google, Industrial Light & Magic, Yahoo, and many more are now using Python for various tasks. In addition to the nice language properties of Python, it entirely takes care of library loading and consistent data representation. With this decision in favor of Python, Dr.LiTHO was born (see fig. 1 and 2).

Simulations with Dr.LiTHO have to be predefined in text files. These files (scripts) contain not only all parameter settings but also the simulation flow, providing maximum flexibility. Plus, repetitive tasks can be pooled in libraries, and as Python is a full-blown programming language, there are virtually no limits to the functionality and application of user-defined scripts or libraries. This property pays off well when it comes to simulation studies with masses of evaluation to be performed. Such a task can easily be automated, which is often not possible with graphical-

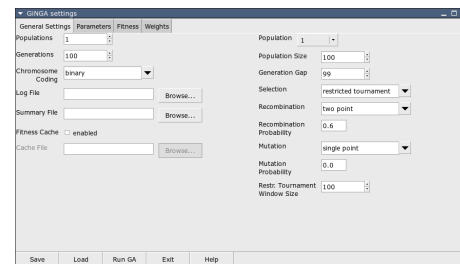


Fig. 4: Graphische Benutzerschnittstelle des Dr.LiTHO-Optimierers;  
Graphical user interface of Dr.LiTHO's optimizer.

interface-oriented programs.

One of the major benefits of using Python is the virtually endless list of available packages and extensions, including numerical, scientific, and visualization modules (see fig. 3). Even adding graphical interfaces is quite feasible due to numerous Python toolkits (see fig. 4).

Dr.LiTHO is now one year old. It has greatly improved the usability, extension, and testing of our components. Dr.LiTHO is used in-house and for in collaborations with selected partners. A commercial simulator containing many of our models and algorithms is available from our partner SIGMA-C ([www.sigma-c.com](http://www.sigma-c.com)).

## Contact

Tim Fühner  
Phone: +49 (0) 9131 761-259  
[tim.fuehner@iisb.fraunhofer.de](mailto:tim.fuehner@iisb.fraunhofer.de)

## Einführung

Die andauernde Herausforderung in der Lithographie ist die Herstellung immer kleinerer Bauelemente. Strukturgrößen von deutlich unter 100 nm werden bereits kommerziell produziert. Bei diesen Abmessungen gewinnen die Größe und Struktur einzelner Moleküle einen bedeutsamen Einfluß auf die gewünschte Form. Statistische Schwankungen und die endliche Größe der Moleküle verursachen raue Oberflächen im Nanometerbereich, die sogenannte Linienkanten-Rauhigkeit. Die resultierenden Linienbreitenschwankungen wirken sich ungünstig auf das Schaltkreisverhalten aus. Dadurch besteht für die Entwicklung künftiger Technologieknoten in der Lithographie die Aufgabe nicht nur darin, die Abmessungen der Schaltkreise zu verkleinern, sondern zusätzlich auch die Rauigkeit der Strukturen zu kontrollieren und zu minimieren.

## Grenzen existierender Simulationssoftware

Simulationsprogramme haben sich als äußerst wertvolle Werkzeuge für die Weiterentwicklung und Optimierung der Lithographietechnologie bewährt und breite Akzeptanz bei Fertigungsgeräte- und Halbleiterherstellern gefunden. Um den Nutzen der Simulation bei den künftigen Technologien noch weiter auszubauen, müssen neue Modelle auch die stochastischen Schwankungen auf der Ebene einzelner Moleküle berücksichtigen. Kommerziell verfügbare Simulationswerkzeuge basieren alle noch auf kontinuierlichen Modellierungsannahmen. Diese berücksichtigen nicht die diskrete, molekulare Struktur der Materialien, die bei der Halbleiterherstellung verwendet werden. Daher können sie die experimentell beobachtete Rauigkeit nicht vorhersagen.

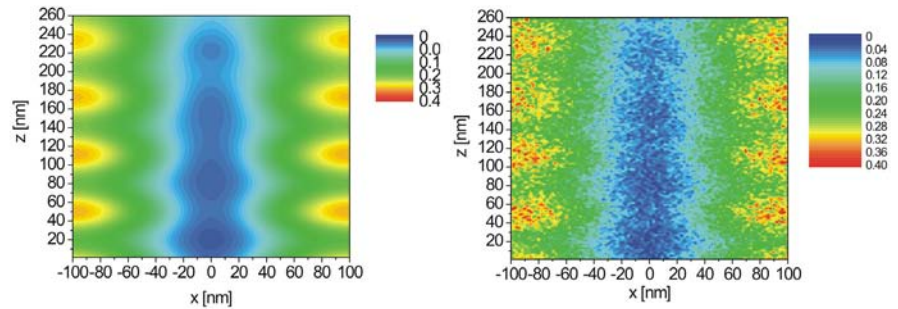


Fig. 1: Säurekonzentration nach dem Belichtungsprozess. Simuliert mit einem kontinuierlichen (a) und mesoskopischen (b) Modell. Dargestellt ist ein vertikaler Schnitt durch das 3D-Simulationsergebnis eines Linienmusters im Resist;

Acid concentration after the exposure process simulated with a continuous (a) and mesoscopic (b) model. A vertical cut through a 3D simulation of a resist line is shown.

## Neue Modellierungsansätze

Ein Problem bei der Anwendung der Lithographiesimulation ist die Bestimmung der Fotolackparameter. Dies muß bei der Entwicklung neuer Modelle zur Vorhersage der Kantenrauigkeit berücksichtigt werden. Die neuen Modelle sollten soweit möglich Parameter der momentan eingesetzten kontinuierlichen Modelle verwenden können, da für diese bereits Meß- und Kalibrierungsverfahren entwickelt wurden. Es sollten sowenig zusätzliche Parameter wie möglich benötigt werden. Dies ist auch wichtig, um die Konsistenz neuer stochastischer Modelle mit den existierenden und etablierten Simulationswerkzeugen sicherzustellen.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, werden sogenannte mesoskopische Modelle in der Lithographiesimulationsgruppe am IISB entwickelt. Diese Modelle berücksichtigen die diskrete molekulare Struktur des Fotolacks. Zugleich benötigen sie keine Parameter, die für eine Simulation auf mikroskopischer bzw. molekularer Ebene notwendig wären.

Die bereits entwickelten Prototypen haben sich als konsistent mit den kontinuierlichen Modellen gezeigt. Fig. 1a

zeigt die Säurekonzentration innerhalb des Fotolacks nach der Belichtung, simuliert mit einem kontinuierlichen Modell. In Fig. 1b ist das Ergebnis der entsprechenden mesoskopischen Simulation zu sehen. Die aus einer kompletten Prozesssimulation resultierenden Profile sind in Fig. 2a (kontinuierliches Modell) und 2b (mesoskopisches Modell) dargestellt. Im Einklang mit experimentellen Messungen weisen die Profile, die mit den neu entwickelten mesoskopischen Modellen simuliert wurden, raue Oberflächen auf. Laufende Arbeiten beschäftigen sich mit quantitativen Analysen und der Untersuchung des Skalierungsverhaltens der Linienkanten-Rauhigkeit.

## Ansprechpartner

Thomas Schnattinger  
Telefon: +49 (0) 9131/761-215  
thomas.schnattinger@iisb.fraunhofer.de



## Introduction

The traditional challenge in lithography is to fabricate ever smaller features. Structure sizes of well below 100 nm are already being commercially manufactured. At these scales, the dimensions and shape of single molecules begin to have significant effects on the resulting geometry of the designed patterns. Stochastic fluctuations and the finite size of the molecules cause rough surfaces at the nanoscale level, the so-called line-edge roughness (LER). The LER causes deteriorating properties of the manufactured circuits. This imposes an additional challenge besides continuing to shrink the circuit sizes for the development of next generations lithography equipment and materials: To control and minimize the deviations from the average feature size caused by LER.

## Limitations of existing simulation software

Simulation programs have proven to be extremely valuable tools for improving and advancing lithographic technologies and have found widespread acceptance among equipment as well as chip manufactures. To extend the benefits of simulation in the upcoming generations of lithography, future models have to include the modeling of stochastic fluctuations caused by single molecules. Commercially available lithography simulation tools are based on continuous modeling assumptions. They ignore the discrete molecular structure of the materials used for processing and cannot predict the experimentally observed roughness.

## New modeling approaches

One problem in the application of lithography simulation is the determination of the model parameters for photoresists. This has to be taken into account when developing models that include also the prediction of LER. To a large extent, the new models should use parameters from the currently employed continuous models, for which measurement and calibration techniques have been developed. As few additional parameters as possible should be required. This is also important for ensuring the consistency of the new stochastic models with the existing and established simulation tools. To face these challenges, so-called mesoscopic resist models are being developed in the lithography simulation group of the IISB. These models account for the discrete composition of the photoresist but do not require parameters necessary for a simulation on microscopic or molecular level.

Prototype models have already been implemented and have proven to be consistent with the continuous models. Fig. 1a shows the acid concentration within the photoresist after the exposure process simulated with a continu-

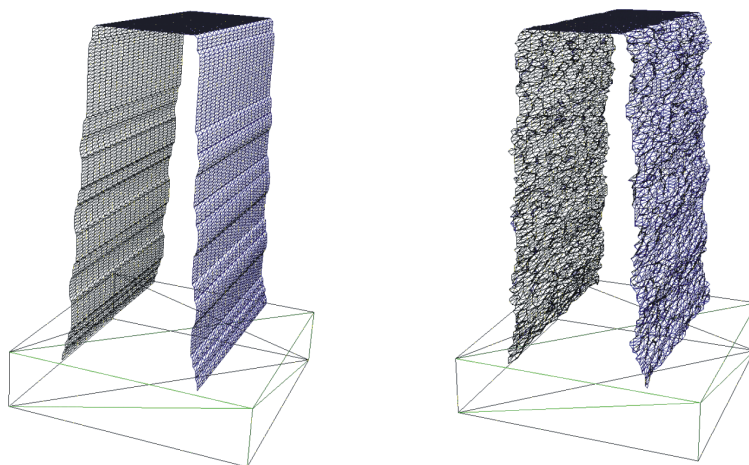


Fig. 2: Profile simuliert mit kontinuierlichen (a) und mesoskopischen (b) Resistmodellen; Profiles simulated with continuous (a) and mesoscopic (b) resist models.

ous model. Fig. 1b shows the corresponding result obtained with the new mesoscopic exposure model. Profiles obtained after a complete process simulation with the continuous and mesoscopic model are shown in fig. 2a and 2b, respectively. In accordance with measurements, the profiles obtained with the newly developed mesoscopic models show a rough surface. Current work deals with quantitative analysis and investigation of the scaling behavior of the line-edge roughness.

## Contact

Thomas Schnattinger  
Phone: +49 (0) 9131 761-215  
thomas.schnattinger@iisb.fraunhofer.de

Das „Technology Computer Aided Design“ TCAD umfaßt die Entwicklung von physikalischen Modellen und Programmen zur Simulation von Halbleiterfertigungsgeräten, Einzelprozessen und Prozeßabläufen sowie von Halbleiterbauelementen und ihren Verbindungsstrukturen („Interconnects“). In vielerlei Hinsicht ist es ein sehr vielschichtiges Gebiet: Die zu betrachtenden Längenskalen reichen vom Meterbereich bei der Gerätesimulation bis hin zu Angström u.a. bei atomistischen Simulationen. Es müssen elektrische, optische, chemische, thermische, mechanische, quantenmechanische und statistische Einflüsse und Effekte, häufig miteinander gekoppelt, betrachtet werden. Zur Entwicklung prädiktiver physikalischer Modelle und zur Bestimmung der benötigten Modellparameter müssen die einzelnen physikalischen Effekte separiert werden, da ansonsten keine sicheren Aussagen möglich sind. Dies erfordert meist spezielle Experimente, die sich erheblich von den in der Industrie verwendeten Standardprozessen unterscheiden. Die Vielzahl der für umfassende Untersuchungen benötigten Prozeß- und Meßgeräte können wegen der sehr hohen Kosten und des hohen Personalbedarfs nicht in einer Firma oder an einem Institut vorgehalten oder beschafft werden. Andererseits scheidet die Nutzung integrierter industrieller Halbleiterlinien meist aus vielen Gründen, u.a. Kosten, Auslastung und Gefahr der Störung der Produktion, für derartige Grundlagenuntersuchungen weitgehend aus.

Diese vielschichtige Problematik kann nur durch enge interdisziplinäre Kooperation zwischen verschiedenen Forschungsgruppen gelöst werden, die jeweils ihre speziellen Kenntnisse, Fähigkeiten und Ausstattungen einbringen und so die gemeinsame Entwicklung der benötigten Modelle und Simulationsprogramme ermöglichen. Zudem

ist es nötig, die Verbindung zwischen Forschung und Anwendung nicht erst nach Erreichen der Ergebnisse zu suchen, sondern möglichst frühzeitig um darauf hinzuwirken, daß die nötigen Forschungsarbeiten rechtzeitig und zielgerichtet durchgeführt werden.

Das IISB arbeitet seit mehr als einer Dekade erfolgreich daran, diese Kooperationen zu initiieren und voranzutreiben. Unter anderem leitet es die seit Februar 2005 für drei Jahre von der EU geförderte „Specific Support Action“ „Strategic User Group for European Research on TCAD“ (SUGERT). In diesem Projekt werden von den Halbleiterfirmen austriamicrosystems, Infineon, Philips und STMicroelectronics sowie den Softwarehäusern SIGMA-C und Synopsys unter Mitarbeit der Forschungsinstitute IISB, IMEC und LETI sowie der Universitäten ETH Zürich und TU Wien gemeinsame industrielle Spezifikationen für das TCAD erarbeitet. Ziel ist es, der Forschung möglichst aussagekräftige Informationen zu liefern, welche Arbeiten auf diesem Gebiet die Industrie benötigt. Hierzu werden auch die Anforderungen laufender europäischer Verbundprojekte, in denen TCAD angewendet wird, dadurch berücksichtigt, daß über geeignete Kontaktpersonen Informationen ausgetauscht werden. Des weiteren erstellt SUGERT eine Bestandsaufnahme der europäischen Entwickler und Nutzer von TCAD, einerseits um sie über eine geschützte Internetseite in die SUGERT-Diskussionen einzubeziehen und andererseits um die Nutzung der in Europa vorhandenen Kompetenzen für zukünftige TCAD Projekte zu erleichtern. Drittens wird eine Bestandsaufnahme der Förderprogramme auf nationaler und europäischer Ebene erstellt, die nach Einschätzung der SUGERT-Partner möglicherweise Forschungsaktivitäten zum TCAD ermöglichen könnten. SUGERT ist bestrebt, mit laufenden Forschungsprojekten auf dem Gebiet des TCAD zusam-

menzuarbeiten und ihnen zu ermöglichen, die SUGERT-Spezifikationen soweit möglich bei ihren Planungen zu berücksichtigen, um die industrielle Relevanz zu maximieren. Da es in 2005 kein dezidiertes TCAD-Projekt auf europäischer Ebene gab, greift diese Aktivität erst ab Februar 2006 mit dem Beginn des EU-Projekts „ATOMICS“ zur Simulation fortschrittlicher Prozesse zur Aktivierung von implantierten Dotierungsverteilungen. Insgesamt ist es Ziel von SUGERT, einerseits konsolidierte Spezifikationen für von der Industrie benötigte Arbeiten auf dem Gebiet des TCAD zu erstellen, andererseits darüber hinaus auch die Umsetzung dieser Spezifikationen in Forschungsprojekten dadurch zu unterstützen, daß entsprechende Informationen ausgetauscht und Partner zusammengebracht werden. Die von SUGERT angestrebte weiter verbesserte Kooperation zwischen den relevanten Gruppen in Europa und die Vernetzung von nationalen und europäischen Projekten wird einen wichtigen Beitrag zum Europäischen Forschungsraum (European Research Area ERA) leisten.

Darüber hinaus hat SUGERT zu einer weiteren Stärkung der europäischen Position im seit 2002 vom IISB koordinierten Simulationsteil der „International Technology Roadmap for Semiconductors“ ITRS geführt, indem alle SUGERT-Partner aktiv mitgearbeitet und zur hohen Qualität der Ende 2005 erschienenen neuen Ausgabe der ITRS beigetragen haben.

## Contact

Dr. Jürgen Lorenz  
Phone: +49 (0) 9131 761-210  
juergen.lorenz@iisb.fraunhofer.de

Technology Computer Aided Design (TCAD) consists of the development of physical models and programs for the simulation of semiconductor fabrication equipment, single processes and process sequences, semiconductor devices and their interconnects. In many respects it is a very diverse area: The length scales to be considered range from meters in equipment simulation down to Angstroms among others in atomistic simulations. Electrical, optical, chemical, thermal, mechanical, quantum mechanical and statistical influences and effects, frequently linked with each other, must be included. For the development of predictive physical models and the determination of the required model parameters the physical effects must be separated from each other, because otherwise no sound conclusions can be drawn. This mostly requires dedicated experiments which differ considerably from industrial standard processes. High costs and staff requirements make it impossible to provide the large amount of process and metrology tools required for systematic research on such models dedicated for model work at a company or a research institute. On the other hand side the usage of integrated industrial semiconductor processing facilities for such fundamental work is mostly ruled out due to various reasons, like costs or the danger that production is negatively affected.

These diverse problems can only be solved by a close interdisciplinary cooperation of various research groups which each contribute their specific knowledge, capabilities and tools, and in this way enable the joint development of the simulation models and programs required. Besides this it is necessary not only to search for the link between research and application after the results have been achieved, but to promote from the beginning that the

required research actions are carried out in time and well focused.

Since more than a decade IISB successfully strives to initiate and promote these cooperations. Among others it coordinates the „Specific Support Action“ „Strategic User Group for European Research on TCAD“ (SUGERT) being funded by the EC since February 2005. In this project the semiconductor companies austriamicrosystems, Infineon, Philips and STMicroelectronics and the software houses SIGMA-C and Synopsys, technically supported by the research institutes IISB, IMEC and LETI, and the universities ETH Zurich and TU Vienna, work out consolidated industrial specifications for TCAD. The aim is to provide research sites with the most relevant information on what research on TCAD is needed by industry. The requirements of current European cooperative projects which use TCAD are considered by information exchange via suitable contact persons. Furthermore, SUGERT works out an inventory of the European developers and users of TCAD, in order to on one hand side get them involved in the SUGERT discussions via a protected WWW page, on the other hand side to facilitate the usage of European competencies for future TCAD projects. Third, an inventory of the funding programs on national and European level is being made, which may according to the assessment of SUGERT possibly enable research projects on TCAD. SUGERT strives to cooperate with existing research projects on TCAD in order to encourage them to include the SUGERT specifications as far as possible in their plans, and in this way to maximize their industrial relevance. Because in 2005 there was no dedicated TCAD project on European level, this activity begins in February 2006 with the start of the EC project „ATOMICS“ on the simulation of advanced processes for the activation of implanted dopants. In summary, the

overall goal of SUGERT is to on one hand side establish consolidated industrial specifications for TCAD, on the other hand side to promote the formation of research projects dedicated to address these specifications, by exchange of information and by bringing partners together. The further enhanced cooperation between the relevant groups in Europe and the linkage between national and European projects, both promoted by SUGERT, will make an important contribution to the European Research Area ERA.

Beyond this SUGERT has further strengthened the European position in the simulation part of the International Technology Roadmap for Semiconductors ITRS: All SUGERT partners have actively contributed to this section which has been coordinated by IISB since 2002, and have in this way contributed to the high quality of the new issue of the ITRS which was published at the end of 2005.

## Contact

Dr. Jürgen Lorenz  
Phone: +49 (0) 9131 761-210  
juergen.lorenz@iisb.fraunhofer.de

## Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden

Mit der Zentrierung auf Forschung und Entwicklung für Halbleiterfertigungsgeräte einschließlich deren Betriebsmitteln und der Einbindung in die Fertigungsumgebung hat die Abteilung ein weltweites Alleinstellungsmerkmal. Primäre Zielsetzung ist die Unterstützung von Geräte- und Materialfirmen auf Gebieten, wo deren Kompetenzen noch rudimentär sind, sowie die Prozessentwicklung, Prozesscharakterisierung und die fertigungsnahe Evaluierung. Für die erforderliche Multidisziplinarität und die technologische Breite ist die Vernetzung innerhalb des Institutes und mit industrienahen Forschungseinrichtungen im In- und Ausland von besonderer Bedeutung, ebenso die Zusammenarbeit mit den Halbleiterherstellern. Als Resultat hat sich die Abteilung in der Etablierung von Routinen zum „Wafer-tourismus“, dem dezentralen Prozessieren von 300 mm-Siliciumscheiben stark gemacht und damit Wege zur optimierten Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Wirtschaft im *leading-edge*-Bereich gelegt.

An dem Erfolg der Abteilung sind drei Gruppen beteiligt. Diese sind „Geräte und Prozeßautomatisierung“, „Kontamination und Materialien“ und „Fertigungssteuerung und Produktivität“.

Einige Beispiele für Forschungsaktivitäten zur „Geräte und Prozeßautomatisierung“: Im Rahmen eines europäisch geförderten Projekts werden gemeinsam mit Partnern aus der Halbleiterindustrie Meßverfahren zur schnellen und kostengünstigen Charakterisierung von neuen Materialien und Schichtsystemen entwickelt, implementiert und evaluiert. In bilateraler Zusammenarbeit mit einem Industriepartner bildete die Anwendung integrierter und externer

Meßverfahren die Basis für eine schnelle und zielgerichtete Optimierung eines Fertigungsgeräts für die Abscheidung neuer Materialien. Im Forschungsauftrag der Industrie wurde die Anpassung eines innovativen Schneidverfahrens für Siliciumscheiben an die Anforderungen der Halbleiterindustrie vorbereitet.

In der Gruppe „Kontamination und Materialien“ wurden mehrere Projekte durchgeführt, in denen Siliciumscheiben, Geräte, Medien, Materialien und Umgebungsluft bezüglich partikulärer, anorganischer und organischer Kontamination untersucht wurden. Im seit Jahren etablierten Kompetenzzentrum für die Weiterentwicklungen von *Mini-environment* waren die Forschungsschwerpunkte ein verbessertes automatisiertes Handling, geringere elektrostatische Entladungen und optimierte Inertgasspülung von FOUPs (*Front Opening Unified Pods*). Gemeinsam mit Geräte- und IC-Herstellern wurden ferner Projekte zum chemisch-mechanischen Polieren (CMP) durchgeführt. Dabei standen Arbeiten zu neuen Materialien und neuen Substraten, zu Kristall- und Oberflächendefekten sowie ein innovatives Verfahren zur chemisch-mechanischen Einzelscheibenreinigung und die Optimierung von Reinigungsschritten im Mittelpunkt.

Ein wichtiger und innovativer Arbeitsschwerpunkt in der Gruppe „Fertigungssteuerung und Produktivität“ war die Erarbeitung eines Konzeptes für eine dezentrale 300 mm-F&E-Linie. Unter Einbeziehung der Forschungsinstitute IMEC, Belgien, und LETI, Frankreich, sowie von großen europäischen Halbleiterherstellern wurden im Rahmen des EU-geförderten Projektes Flying Wafer eine Machbarkeitsstudie zu Wafertransfer, Logistik und Infrastruktur erarbeitet. Im Rahmen des Projektes E-LIMM wurden in Zusammenarbeit mit fast allen großen europäischen Halbleiterherstellern spezielle e-Learning

Trainings- und Lerninhalte für die Aus- und Weiterbildung in der Halbleiterfertigung für die Zielgruppen Operator, Techniker, Ingenieure und Management entwickelt.

Mitarbeiter der Abteilung sind in Fachausschüssen und Fachgruppen der VDI/VDE-Fachgesellschaft GMM aktiv und nehmen Führungsrollen sowohl bei der Entwicklung von SEMI-Standards als auch bei der ITRS, der Internationalen Technologie-Roadmap, im Bereich „Yield Enhancement/Defect Reduction“ und der „Factory Automation“ ein.

Mit der vorübergehenden Sättigung in der Halbleiterfertigung und der Verschiebung von Neuinvestitionen wurde die Branche der Zulieferanten besonders heftig getroffen. Während bei den Geräteherstellern Neuentwicklungen sehr stark vom technischen und finanziellen Engagement der IC-Firmen als Abnehmer abhängig gemacht wurde, nahm bei den Lieferanten von Materialien und Betriebsmitteln der Kostendruck stark zu. Von beidem konnte die Abteilung Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden profitieren, da entsprechende Entwicklungsleistungen im Vorfeld in Auftrag gegeben wurden. Für die Zukunft ist besonders die Schließung der Lücke zwischen Geräteforschung und -entwicklung und der Anwendung in den Halbleiterfirmen im Vordergrund. Der Berichtszeitraum war auch geprägt von den Vorbereitungen und Vertragsverhandlungen zu einem so genannten Integrierten Projekt, ein durch die EU gefördertes Projekt mit fast 30 Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft zur Evaluierung von Halbleiterfertigungsgeräten.

## Ansprechpartner

Prof. Lothar Pfitzner  
Telefon: +49 (0) 9131 761-110  
lothar.pfitzner@iisb.fraunhofer.de

## Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods

### Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials of the Department of Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods

The focus on research and development for semiconductor manufacturing equipment including the corresponding working materials and integration into the manufacturing environment constitutes a unique feature of the department. The primary objective consists in supporting equipment and materials suppliers in areas where these have only rudimentary knowledge as well as in process development, process characterization and production-near evaluation. In view of the required interdisciplinaryity and the wide technological spectrum, close networking both inside the institute and with other domestic and foreign industry-near research institutions is of particular importance, as is cooperation with semiconductor manufacturers. As a result, the department has played a leading role in the establishment of routines for "wafer tourism", i.e. the controlled decentralized processing of 300 mm silicon wafers, thus opening new ways for an optimized cooperation between leading-edge science and economy.

Three groups contribute to the successful operation of the department. These groups are "Equipment and Process Automation", "Contamination and Materials", and "Production Methods and Productivity".

Some examples for the research in the field of "Equipment and Process Automation": In a project funded by the EU, measurement methods for quick and economic characterization of new materials and layer systems are being developed, implemented and evaluated. Moreover, in bilateral cooperation with an industrial partner, the application of

integrated and external measurement methods provided the basis for the fast and purposeful optimization of a piece of manufacturing equipment for the deposition of new materials. Based on a research contract with the industry, the adaptation of a novel cutting technique for silicon wafers was prepared for industrial requirements in semiconductor manufacturing.

The group "Contamination and Materials" carried out various projects that dealt with an analysis of silicon wafers, equipment, media, materials, and environment air in terms of particulate, anorganic, and organic contamination. The established center of excellence for the further development of *Mini-environment* focused its research on improved automated handling, reduced electrostatic discharges, and optimized inert gas rinsing of FOUPs (*Front Opening Unified Pods*). Furthermore, new projects in the field of chemical-mechanical polishing (CMP) were carried out in cooperation with equipment and IC manufacturers. These projects focused on new materials and substrates, crystal and surface defects, on an innovative chemical-mechanical cleaning technique for single wafers, and on the optimization of cleaning steps in standard batch equipment.

In the group "Production Methods and Productivity", an innovative focal point was the elaboration of a concept for a decentralized 300 mm R&D line. In the framework of the EU-funded Flying Wafer project, a feasibility study on wafer transfer, logistics, and infrastructure was elaborated involving the research institutions IMEC in Leuven (Belgium) and LETI in Grenoble (France) as well as major European semiconductor manufacturers. The project E-LIMM dealt with the development of specific training an e-learning content for basic and advanced training and education of the target groups operators, techni-

cians, engineers, and management staff in semiconductor manufacturing.

Members of the department are active in various scientific committees and groups of the technical society GMM (Society of Microelectronics, Micro and Precision Engineering) within VDE/VDI (Association for Electrical, Electronic and Information Technologies) and occupy leading roles both in the development of SEMI standards and in the International Technology Roadmap ITRS in the fields of "Yield Enhancement / Defect Reduction" and "Factory Automation".

The temporary saturation in semiconductor manufacturing and the postponement of new investments has been a particularly hard blow for the suppliers. Whereas in case of the equipment suppliers new developments are strongly dependent on technical and financial involvement of the IC companies, the suppliers of materials and working materials had to face a strong increase in cost pressure. The Department of Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods could benefit from both of these factors as corresponding research activities were ordered beforehand. In view of the future, an especially important task is closing the gap between equipment research and development and applications in the semiconductor industry. The report period was characterized by preparations and contract negotiations concerning a so-called Integrated Project, i.e. an EU-funded project for the evaluation of semiconductor manufacturing equipment with almost 30 partners from economy and science.

### Contact

Prof. Lothar Pfitzner  
Phone: +49 (0) 9131 761-110  
lothar.pfitzner@iisb.fraunhofer.de



## Einführung

Das integrierte Projekt NANOCMOS (Laufzeit: 2004 - 2006) hat die Entwicklung von Prozessen zum Ziel, die für die 45 nm- und 32 nm-Technologieknotten erforderlich sind. Das Projektkonsortium besteht aus den führenden europäischen Halbleiterfirmen und Mikroelektronik-Forschungsinstituten. Die Abteilung Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden des Fraunhofer IISB trägt mit der Entwicklung, Implementierung und Evaluierung von integrierten Meßgeräten bei, die zur industriellen Nutzung der im Projekt entwickelten Prozeßtechnologien erforderlich sind. Das Gesamtprojekt hat drei Hauptziele:

- Demonstration von Frontend- und Back-End-Prozeßmodulen und Bauelementarchitekturen für den 45 nm-CMOS-Technologieknotten.
- Vorbereitungen für die 32/22 nm-Technologieknotten.
- Vorbereitung der Prozeßintegration für 45 nm-Logik-Bauelemente.

## Herausforderungen für die integrierte Meßtechnik

Aufgrund der immer kleiner werdenden Strukturbreiten und damit verbundenen hohen Anforderungen an die einzelnen Prozesse steigt die Bedeutung integrierter Meßtechnik. Mit dieser ist es mög-

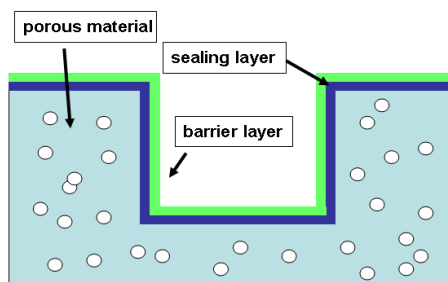


Fig. 1: Schichtsystem aus poröser low-k-Schicht, Versiegelungs- und Barrierschicht; Layer stack consisting of low-k material, sealing layer and barrier layer.

lich, Fehler frühzeitig zu erkennen und so mögliche Verluste schnell zu minimieren bzw. zu verhindern. Zu Beginn des Projekts wurden gemeinsam mit den Industriepartnern relevante Anwendungsfelder (z.B. CMP, Schichtabscheidung, Lithographie) und zu überprüfende Parameter (z.B. Schichtdicke, Schichtzusammensetzung, Rauigkeit, Brechungsindex, Uniformität) für die integrierte Meßtechnik identifiziert, bewertet und schließlich die Charakterisierung von nieder-dielektrischen (low-k) Schichtsystemen als Schwerpunkt gewählt.

## Low-k Dielektrika

Poröse low-k Materialien werden genutzt, um die RC-Verzögerung in der Metallisierungsebene integrierter Schaltungen zu minimieren. Um eine Schädigung des Bauelements durch Einlagerung von Kontaminanten in die Poren und deren Ausgasen zu verhindern, muß die poröse Schicht versiegelt werden (vgl. Fig. 1).

Im Rahmen des Projekts wurden verschiedene Meßverfahren zur Kontrolle des Versiegelungsschrittes implementiert und bezüglich ihrer Umsetzbarkeit und Integrierbarkeit evaluiert. Im Folgenden werden zwei Ansätze kurz erläutert.

## FTIR-Spektroskopie

Mit Hilfe der FTIR-Spektroskopie sollen eventuelle Ausgasungen aus den Poren auf Grund einer mangelhaften Versiegelung nachgewiesen werden. Hierfür werden die beschichtete Siliciumscheibe in einer Vakuumkammer ausgeheizt und zeitgleich Messungen in der Abgaslinie durchgeführt. Als Fehlerkriterium dient die Detektion bestimmter Gase aus den Poren. Tritt kein Ausgasen auf, so ist die Versiegelung intakt. Im Rahmen des Projekts wurden FTIR-Geräte verschiedener Hersteller getestet,

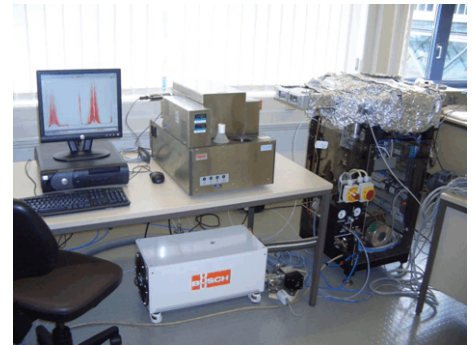


Fig. 2: FTIR-Versuchsstand am Fraunhofer IISB; FTIR test setup at the Fraunhofer IISB.

sowohl durch Messungen an einem Versuchsstand am Institut (vgl. Fig. 2), als auch direkt an der Prozeßkammer eines Halbleiterherstellers.

## Spektralellipsometrie

Alternativ wurde der Brechungsindex des Schichtsystems während eines Aufheiz-/Abkühlzyklus mittels Spektralellipsometrie bestimmt. Bei fehlerhafter Versiegelung zeigt sich eine Hysterese im Brechungsindex (vgl. Fig. 3), die auf das Verdunsten von in den Poren eingelagertem Wasser zurückzuführen ist. Die Hysterese zeigt sich nicht bei versiegelten Schichten, kann also als Fehlerkriterium dienen.

## Ausblick

Die gewonnenen Ergebnisse beider Verfahren und die Modelle zur Bewertung befinden sich noch in der Auswertung bzw. Entwicklung. Für das Fraunhofer IISB eröffnen sich durch die Anwendung der genannten Verfahren auch über NANOCMOS hinaus neue Möglichkeiten zur schnellen Charakterisierung von Prozessen und Materialien.

## Ansprechpartner

Martin Schellenberger  
Telefon: +49 (0) 9131 761-222  
martin.schellenberger@iisb.fraunhofer.de

## Introduction

It is the goal of the integrated project NANOCMOS (running from 2004 through 2006) to develop processes for the upcoming 45 nm and 32 nm technology nodes. The project consortium consists of leading European semiconductor manufacturers and research institutes. The department of Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods of the Fraunhofer IISB contributes to the development, implementation and evaluation of integrated metrology, which is required for an industrial utilization of process technologies developed in the project. The overall project aims at the following objectives:

- Demonstration of feasibility of Front-End and Back-End process modules of the 45 nm node CMOS logic technology.
- Preparation of the 32/22 nm nodes.
- Preparation to take up of results to implement 45 nm full logic CMOS process integration.

## Challenges for Integrated Metrology

Due to decreasing feature sizes and thus increasing demands on single process steps, the relevance of integrated metrology rises significantly. Integrated metrology enables to detect process faults early and to minimize or avoid potential yield loss. At the beginning of the project, relevant applications (e.g., CMP, layer deposition, lithography) and parameters (e.g., layer thickness, composition, roughness, refractive index, uniformity) for integrated metrology have been identified and evaluated together with the industry partners. Finally, the characterization of low-k layer stacks was chosen as focal point.

## Low-k Dielectrics

Porous low-k materials are being used to minimize the RC delay in the metal layer of an integrated circuit. In order to avoid the degradation of devices by encapsulation of contaminants into the pores and their outgassing, the porous layer must be sealed (see fig. 1).

Within the scope of the project several measurement methods for controlling the sealing layer have been implemented and evaluated as to their applicability and integrability. Below, two approaches will be discussed shortly.

## FTIR Spectroscopy

By means of FTIR spectroscopy, a potential outgassing from the pores due to a defective sealing ought to be detected. For this purpose, a wafer is heated up in a vacuum chamber while FTIR measurements are conducted at the degas line. The detection of specific gases from the pores acts as fault criterion, pointing to a defective sealing. If there is no degassing detected, the sealing is intact. In the frame of the project, FTIR tools from different vendors have been tested by using a test setup at the institute (see Fig. 2) as well as performing measurements directly at a process chamber located at a semiconductor manufacturer.

## Spectroscopic Ellipsometry

As an alternative method, the refractive index of the layer stack was determined by using spectroscopic ellipsometry.

With a defective sealing, a hysteresis of the refractive index develops due to the evaporation of water incorporated in the pores (see Fig. 3). This hysteresis can be used as fault criterion as it is not

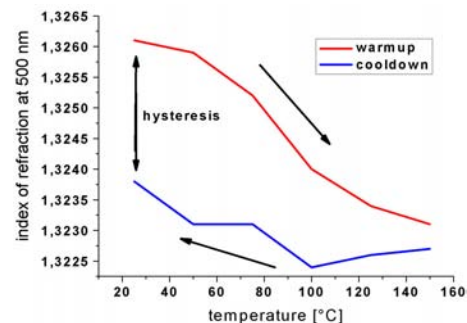


Fig. 3: Hysterese im Brechungsindex nach Aufheizen und Abkühlen des Schichtsystems; Hysteresis of the refractive index after heating up and cooling down the layer stack.

existent with properly sealed layers.

## Outlook

The results derived from both measurement methods are being investigated and models for an automated qualification are under development. The application of the metrology methods described here opens up new options for a quick characterization of processes and materials also beyond the NANOCMOS project.

## Contact

Martin Schellenberger  
Phone: +49 (0) 9131 761-222  
martin.schellenberger@iisb.fraunhofer.de

Technologische Innovationen in der Informations- und Kommunikationstechnologie werden durch bemerkenswerte Fortschritte in der Siliciummikro- und -nanotechnologie vorangetrieben. Um zukünftigen Herausforderungen gewachsen zu sein und die Entwicklung aufrecht zu erhalten, müssen wichtige Durchbrüche bei neuen Werkstoffen und innovativen Prozessen erzielt werden bei gleichzeitiger Steigerung der Komplexität. Darüber hinaus müssen viel stärkere, kostspielige F&E-Infrastrukturen geschaffen, neue Systemdesignkonzepte erarbeitet und stark interdisziplinäre Forschungsteams aufgebaut werden, die auch eine gewisse kritische Masse aufweisen müssen. Inwiefern Staaten in der Lage sein werden, a) Teams für fachübergreifende Spitzenforschung auszubilden, anzuziehen und zu halten, b) unternehmerisches Talent zu binden, c) innovative Geschäftsmodelle zu finden, durch die technologische Durchbrüche in neuen wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wohlstand umgesetzt werden, und d) nachhaltig Wirtschaftskraft und Beschäftigung zu sichern, wird maßgeblich durch die Fähigkeit bestimmt werden, ein breites Spektrum von wissenschaftlichen und technischen Erkenntnissen zu kombinieren und gleichzeitig neue Geschäftsmodelle zu entwickeln, um optimalen Mehrwert zu erzielen. Dies stellt eine neue Sicht auf die Wirtschaftstheorie des komparativen Nutzens dar.

Europas Potential in Bezug auf Begabung und Wissen ist enorm, vorausgesetzt, die Vielfalt der Staaten wird durch eine Vereinigung der Kräfte zu einer Stärke und nicht durch eine Aufsplitterung knapper Ressourcen in kleine Wissensinseln zu einer Schwäche. Aus dieser Auffassung heraus hat die EU-Kommission das Konzept eines "Europäischen Forschungsraums" (EFR) erarbeitet und im sechsten Rahmenprogramm (RP) zur diesbezüglichen For-

schung neue Interventionsinstrumente eingeführt. Über die Jahre hinweg sind sowohl von öffentlichen als auch privaten Einrichtungen verschiedene Pläne erdacht worden, um die erwähnten Herausforderungen zu meistern und eine sowohl qualitativ als auch quantitativ angemessene Versorgung von F&E und Fertigung mit hochqualifizierten Arbeitskräften sicherzustellen. In Europa hat sich dabei eine de-facto-Struktur herauskristallisiert, die heute bei F&E im Halbleiterbereich vorherrscht:

1. Bei fortschrittlicher Prozeßforschung auf dem Gebiet herkömmlicher und fortschrittlicher CMOS-Technologien entfallen die meisten F&E-Aktivitäten heute auf IMEC, CEA/LETI und die FhG, international anerkannte Cluster mit strategischen Verbindungen zu führenden Herstellern von integrierten Bauelementen und Geräten.
2. Neben diesen zentralen Einrichtungen und um sie herum operieren verschiedene Gruppen von nationalen wissenschaftlichen und akademischen Einrichtungen de facto als "Kompetenzzentren" und bringen allgemeinere oder themenbezogenere Inhalte ein.
3. Viele Industrieunternehmen sowie IMEC, CEA/LETI und die FhG stellen direkte Finanzierung für akademische Gruppen bereit, um Forschungsaktivitäten zu unterstützen, die in Bezug auf ihre F&E-Strategie von direkter Relevanz sind.

Trotz dieser Maßnahmen ist es für Forscher aus dem akademischen Bereich sehr schwierig, Zugang zu Infrastrukturen auf dem neuesten Stand der Technik zu erlangen. Dieser Sachverhalt ist weltweit bekannt und gibt den Anlaß dazu, kooperative Forschung auf gemeinsamen Plattformen durchzuführen.

Das IISB hat im Rahmen von Projekten wie FLYING WAFER und STAR, die beide von der EU-Kommission unter dem 6. RP gefördert werden, verschiedene

Initiativen zur Bildung einer solchen Plattform gestartet. FLYING WAFER demonstrierte die Machbarkeit eines Modells und Konzepts zum schnellen Austausch von Wafern und Daten zwischen europäischen F&E-Zentren, um so eine Prozessierung an mehreren Orten und letztendlich eine verteilte europäische 300-mm-CMOS-F&E-Linie in naher Zukunft zu ermöglichen. Das STAR-Projekt eröffnet neue Wege zur Effizienzoptimierung der Verbindung zwischen Hochschulwesen und Industrie für eine Technologieplattform auf neuestem Stand der Technik. Den Aufbau solcher Verbindungen kann man als ideale Aufgabe für interdisziplinäre F&E-Zentren sehen, die einer vielfältigen akademischen Gemeinschaft modernste Infrastruktur bereitstellen. Diese Konzepte können in ein "Drei-Schichten-Modell" integriert werden, um industrielle Forschungslabore (Schicht 1), nichtindustrielle F&E-Zentren und akademische Labore (Schicht 2) sowie individuelle Forscher (Doktoranden und promovierte wissenschaftliche Mitarbeiter, Schicht 3) in einer zentralen Plattform für fortschrittliche Halbleiterprozessierung zu verbinden (s. Fig. 1).

Über FLYING WAFER und STAR hinaus sind die drei Einrichtungen momentan dabei, ihre Kooperationsstruktur zu optimieren. Verträge zur Schaffung einer klar definierten, robusten und schnellen Plattform zur Zusammenarbeit werden derzeit ausgearbeitet. Überlegungen zur weiteren gemeinsamen Entwicklung der Forschungsplattform sind bereits fortgeschritten und sollten die europäische F&E-Basis schon von Beginn des 7. Rahmenprogramms der EU-Kommission an verbessern können.

## Ansprechpartner

Prof. Lothar Pfitzner  
Telefon: +49 (0) 9131 761-110  
lothar.pfitzner@iisb.fraunhofer.de



## Improving the European R&D Infrastructure - Basic Contributions from IISB

Technological innovations in Information and Communication Technologies are fueled by the extraordinary progress in silicon micro- and nanoelectronics. The challenges to be faced in order to allow further progress imply major breakthroughs in material science and innovative processes, a huge step-up in complexity, the need for much more expensive R&D infrastructures, totally new systems design concepts and strongly multidisciplinary research teams which need enough critical mass to face the challenges ahead. The power of combining different scientific and technological insights and at the same time developing new business models concerning the best way to create added value, will constitute the capability of nations with respect to (a) train, attract and keep top-teams of multidisciplinary researchers, (b) attract entrepreneurial talent, (c) create new innovative business models transforming technological breakthroughs into new economic and societal wealth and (d) to create sustainable business and employment. It is a new way to consider the economic theory of "comparative advantages".

Europe has a high potential (talent, knowledge), provided the diversity of different nations is used as a strength, combining forces and not as a weakness, dividing scarce resources into too many sub-critical islands of expertise. This notion has led the European Commission towards the concept of a "European Research Area" (ERA) and new instruments have been deployed in the 6<sup>th</sup> Framework Programme (FP) as to experiment into this direction. Fostering strong links between electronics R&D and the academic research community has been acknowledged worldwide as a strategic priority to assist the semiconductor industry in its search for innovative solutions to the technical bottlenecks. Over the years, different

schemes have been developed by both public and private authorities to tackle this challenge and ensure an appropriate supply (both quantitatively and qualitatively) of high-level talent for R&D and manufacturing. In Europe, a de facto structure has emerged which today dominates the semiconductor R&D scene:

1. For advanced process research aiming at generic and advanced CMOS technologies, most of the R&D activities today are concentrated in IMEC, CEA/LETI and FhG, clusters of international talent with strategic links to leading integrated device and equipment manufacturers.
2. Around and besides these central facilities, various groups of national research institutes and academia, operating de facto as "Centers of competence", provide broader or more topical inputs.
3. Many industrial players, as well as IMEC, CEA/LETI and FhG, provide direct funding to academic groups in support of research activities which are directly relevant to their R&D strategy.

In spite of these efforts, academic researchers experience notable difficulties in gaining access to state-of-the-art infrastructure to carry out their work. This state of matter has been recognized all over the world and has triggered the need to perform collaborative research on common platforms.

IISB started several initiatives to form such a common platform with the projects FLYING WAFER and STAR, both funded by the European Commission under the 6<sup>th</sup> FP. FLYING WAFER demonstrated the feasibility of a model and concept for a safe and fast exchange of wafers and data between European R&D centers to allow multi-site processing and thus enable in fact a distributed European 300 mm CMOS R&D line in the near future. The project STAR sets new ways for optimizing the efficiency

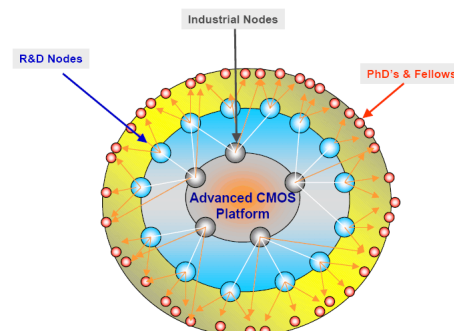


Fig. 1: Vorstellung einer verbesserten europäischen F&E-Infrastruktur; Vision of an improved European R&D Infrastructure.

of the link between academia and industry around a state-of-the-art technology platform. Building these links can be seen as a prime vocation for interdisciplinary R&D centers, offering state-of-the-art infrastructure to a broad academic community. These concepts can be integrated in a "tri-layer model", connecting industrial research laboratories (layer 1), non-industrial R&D centers and academic laboratories (layer 2) and individual researchers (PhD or post-docs, layer 3) around a central platform for advanced semiconductor processing (see fig. 1).

Beyond FLYING WAFER and beyond STAR, the three institutions are currently structuring a better way to optimize the collaboration. Filing contracts to create a well defined, robust and fast foundation for collaboration is in progress. Considerations towards further joint development of the research platform are in advance and can be expected to improve the European R&D basis already from the beginning of the Framework Programme VII of the European Commission.

### Contact

Prof. Lothar Pfitzner  
Phone: +49 (0) 9131 761-110  
lothar.pfitzner@iisb.fraunhofer.de

## Einführung

Die Lebensdauer neuer Technologien verkürzt sich zunehmend. Schulung und Weiterbildung werden damit in einer Zeit von schnellen technischen Veränderungen immer bedeutender. Für die schnelle Einführung neuer Technologien wird gutes und von überall erreichbares Schulungs- und Weiterbildungsmaterial für die Mitarbeiter benötigt. Gleichzeitig steigt der Aufwand für Training und Weiterbildung der Mitarbeiter. e-Learning ist eine interessante Möglichkeit, die Kosten für Weiterbildung zu reduzieren. Die Kombination von neuen Technologien wie Multimedia und e-Learning für zukünftige Weiterbildung machen e-Learning attraktiv. Im Rahmen eines von der EU geförderten Projektes mit der Bezeichnung E-LIMM (siehe [www.e-limm.org](http://www.e-limm.org)) wurden neue e-Learning-Inhalte erstellt. Das Projekt beinhaltet weiterhin den Test und die Demonstration neuer Lernmodule und Kurse für die Halbleiterherstellung inklusive Übungen für die Zielgruppen Gerätebediener, Techniker, Ingenieure und Manager.

## Lerninhalte und Lernmanagementsystem

Die Inhalte der Lernmodule wurden an die Ausbildungsanforderungen der Halbleiterhersteller in einer Fertigungsumgebung angepaßt und zugeschnitten. Diesen Vorgaben folgend, decken die Lernmodule und -Kurse vier Gebiete ab (siehe Fig. 1). Das Material wurde so erstellt, daß es auf allen standardisierten Plattformen lauffähig ist. Besonderen Wert wurde dabei auf Didaktik und pädagogischen Anforderungen sowie auf den Einsatz von Multimedia-Technologien gelegt.

Die entwickelten Lernmodule entsprechen dem SCORM-Standard und kön-

nen deshalb in unterschiedliche kommerzielle standardisierte Lernsysteme eingebunden werden. Zwei verschiedene, zentral gepflegte SCORM-kompatible Lernsysteme fanden dabei bislang Anwendung: "s.smart" von der Firma s.team und "JCollege" von T-Systems. Zusätzlich wurden weitere dezentralisierte Systeme bei verschiedenen Projektpartnern eingesetzt.

## Methodik und Vorgehensweise bei der Erstellung von Lerninhalten

Das Erstellen von e-learning-Modulen wurde nach einer abgestimmten, detaillierten und im Rahmen des Projektes entwickelten Methode nach folgenden (groben) Schritten durchgeführt:

1. Festlegung des Inhalts und Definition von Lernzielen für die einzelnen Teilgebiete und Module
2. Spezifizierung der Vorgehensweise für die Erstellung von Drehbüchern und Lernmodulen
3. Festlegung der Struktur, des Designs, Layouts und didaktischen Ansatzes der Drehbücher und der Lernmodule; Erzeugen von Vorlagen
4. Detaillierte Überprüfung auf inhaltlich-technische und sprachliche Fehler der Drehbücher und Lernmodule
5. Einarbeiten und Berücksichtigung der Rückmeldung von Benutzern auf der Basis von standardisierten Fragen

Die so entstandenen Lernmodule sind in kleine Einheiten gegliedert, die den Zugang zum Inhalt vereinfachen. Der Nutzer muß sich also nicht auf einmal durch eine Fülle von Informationen durcharbeiten wie bei der Lektüre eines Fachbuchs, sondern kann sich kleine übersichtliche Lerneinheiten definieren. Für jedes Modul benötigt man im Mittel eine Lernzeit von ungefähr 20 Minuten. Die Module sind außerdem so aufgebaut, daß man den Inhalt eines einzelnen Moduls auch eigenständig,

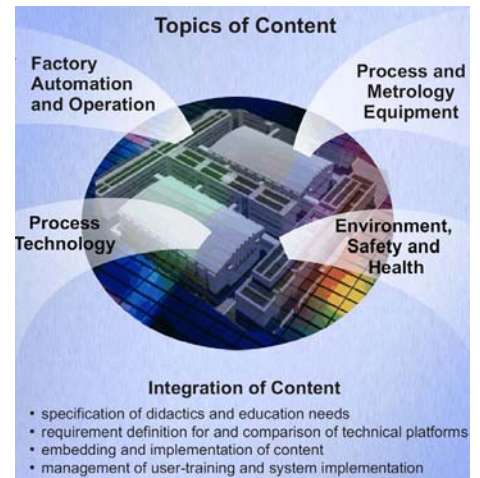


Fig. 1: Die vier Themengebiete in E-LIMM: The four topics of content of the E-LIMM project.

ohne die Bearbeitung der vorangegangenen Module, gut erarbeiten kann.

## Verfügbare Lernmodule

Im Rahmen des Projekts wurden 260 Lernmodule (was einer Lernzeit von ungefähr 110 Stunden entspricht) erstellt (Fig. 2). Die Module sind aufgeteilt in Inhalte für Anfänger und Fortgeschrittene. Für jede Lerneinheit gibt es einen Fragenteil, so daß insgesamt um die 900 Fragen verfügbar sind. Ein Glossar mit über 600 Wörtern wurde erstellt. In den Modulen wird intensiv von multimedialen Technologien Gebrauch gemacht und der Benutzer wird stetig zum interaktiven Handeln ange-regt. Damit unterscheidet sich das Lern- und Weiterbildungsmaterial stark von einem konventionellen Buch. Alle Partner aus dem Bereich der Halbleiterherstellung setzen die E-LIMM-Lernmodule bereits erfolgreich zur Mitarbeiterweiterbildung ein und profitieren damit von diesem Projekt. Zudem wird das Material kommerzialisiert werden.

## Ansprechpartner

Dr. Richard Öchsner  
Telefon: +49 (0) 9131 761-116  
[richard.oechsner@iisb.fraunhofer.de](mailto:richard.oechsner@iisb.fraunhofer.de)

# E-Learning Content for Education and Training in Nano and Micro-electronics

## Introduction

New technologies with ever shorter life-cycles require the fast and ubiquitous availability of knowledge for education and training of staff. Training and education in a time of rapid technological changes become a task which seems to be much more important than ever before. Moreover, the effort to be spent for qualification and re-qualification of employees may increase. The application of new technologies including multi-media and e-learning seems to be very promising for future education and training activities.

The increased demand for learning results in an increase of expenditure. e-learning is a way to reduce costs for training and learning. e-learning content have been created in the framework of a EC-funded project with the acronym E-LIMM (see [www.e-limm.org](http://www.e-limm.org)). It covered the creation, set-up and demonstration of new modules and courses for education, learning and training in semiconductor manufacturing for the target groups operators, technicians, engineers and managers.

## Learning content and learning management system

The content was defined and created according to the educational and industrial needs and requirements of the semiconductor industry in a manufacturing environment. Based on that focus, the training and learning material covers four main areas. Fig. 1 gives an overview of the areas of training and learning material. The material was prepared in a platform-independent structure. Special emphasis was put on didactic and pedagogical issues as well as on a suitable media mix and the application of multimedia technologies.

The developed learning modules comply with the SCORM standard and can therefore be integrated into different commercially available learning management systems. Two different SCORM-compliant learning management systems have been used up to now: "s.smart by s.team" and "JCollege by T-Systems". Additionally, further decentralised systems at different partners' sites are used.

## Methodologies and approach for creation of content

The creation of e-learning modules followed a detailed, well-discussed and developed methodology, which comprises five main steps:

1. Specification of a content list and definition of learning goals per topic for the different areas
2. Specification of the general approach to create first storyboards and then create the e-learning modules
3. Specification of structuring design, layout, didactical approach of storyboards and e-learning modules using templates
4. Specification of detailed review procedure (didactical and technical) of storyboards and e-learning modules
5. Integration of user feedback in an early phase based on standardized questionnaires

The created e-learning modules are small portions of material which provide easy access to the content. The user does not have to work through a lot of information at one time, like when reading a book. The modules have an approximate learning time of 20 minutes on average. It is in the nature of a modular structure that an individual module can be used without necessarily going through the whole row of its linear predecessors.

Workpackages	No. of storyboards	No. of e-learning modules
WP2 Process Technology	116	116
WP3 Factory Automation and Operation	57	57
WP4 Process and Metrology Equipment	46	46
WP5 Environment, Safety and Health	41	41
Sum	260	260

Fig. 2: Inhaltliche Aufteilung des E-LIMM Projekts; Areas of content of the E-LIMM project.

## Available e-learning modules

Within the framework of the project, 260 e-learning modules (corresponding to almost 110 hours learning time) were created (fig. 2). The modules provide material partly of a basic and partly of intermediate level. For every learning unit questions have been created. In total, almost 900 questions are available. A glossary covering more than 600 items was compiled. The modules make intensive use of multimedia technology and heavily support user interaction. Due to these properties, the learning and training material strongly differs from conventional text books.

The training and learning departments of the participating semiconductor manufactures apply and will apply the E-LIMM material for the training and learning activities in the factories and benefit from the new material. In addition, the material will be commercialised.

## Contact

Dr. Richard Öchsner  
Phone: +49 (0) 9131 761-116  
[richard.oechsner@iisb.fraunhofer.de](mailto:richard.oechsner@iisb.fraunhofer.de)

## Schwerpunkt, Trends und Potentiale der Abteilung Technologie

Die Herstellung und Charakterisierung dünnster Schichten für die Nanotechnologie, die Integration neuartiger Materialien in der Siliciumtechnologie, die Bearbeitung mikroskopischer Strukturen mittels Ionenstrahltechnik und die Entwicklung von Bauelementestrukturen der Leistungselektronik und der Mikrosystemtechnik sind die Forschungsschwerpunkte und Kompetenzen der Abteilung Technologie im Bereich Halbleiter- und Nanotechnologie. Für die Durchführung der Arbeiten stehen in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente der Universität Erlangen-Nürnberg mehr als 1000 m<sup>2</sup> Reinraum (Klasse 10) mit entsprechender Gerätetechnik zur Verfügung. Ein von der Industrie transferierter CMOS-Prozeß ist in der Prozeßlinie des IISB implementiert und an die speziellen Anforderungen eines Forschungsinstitutes angepaßt. Dieser Gesamtprozeß bildet die Basis, die Einzelprozeßentwicklung für zukünftige Bauelemente zu stärken und eine Erprobung von neuen Prozessen im Umfeld eines bekannten Prozesses zu ermöglichen.

Im Bereich Front-end-Prozeßentwicklung und Charakterisierung elektronischer Halbleiter-Bauelemente steht dem IISB mit hochmodernen Gasphasen-Abscheideanlagen auf der Basis von MOCVD geeignetes Equipment zur Abscheidung von Dielektrika mit hoher Dielektrizitätskonstante und metallischen Schichten zur Verfügung. Kompetenzen des IISB liegen dabei in der Anpassung dieser Anlagen an die jeweilige Precursorenchemie, in der Abscheidung aus allen Arten von Precursoren und in der Charakterisierung der abgetrennten Schichten. Dies führte dazu, daß im Rahmen zweier europäischer Forschungsprojekte, SINANO und Na-

noCMOS und in Zukunft PullNano Hoch-Epsilon- und metallische Schichten untersucht werden.

Traditionelles Arbeitsgebiet am IISB ist die Ionenstrahltechnik. Implantationsanlagen von einigen eV bis hin zu mehreren MeV stehen zur Verfügung. Die Durchführung von Sonderimplantationen für Industriekunden, sowohl in der CMOS- als auch in der Leistungsbau-elementetechnologie, stellt einen Schwerpunkt der Aktivitäten dar. Ein weiterer ist die Untersuchung von Kontamination während oder durch die Implantation. Dazu wurde eigens ein Computerprogramm entwickelt, mit dem nahezu alle Elemente und Verbindungen als Kontaminationsquelle implementiert sind.

Seit bereits mehr als 15 Jahren arbeitet das IISB im Bereich Leistungsbau-elemente und SiC. Dafür stehen dem Institut spezielle Anlagen zur Herstellung von Trenchstrukturen und zu deren Wiederbefüllung zur Verfügung. Daraus ergeben sich vielfache Möglichkeiten der Entwicklung neuartiger Bauelementestrukturen in der Leistungselektronik. So konnte erfolgreich eine Smart-Power-IGBT-Technologie mit Grabenisolation implementiert werden. Dies ermöglicht der Abteilung, den Bereich der Fertigung von Hochvoltbauelementen mit lateralen Isolationen weiter auszubauen. Zur Ergänzung dieser Aktivitäten laufen Arbeiten zum Design von ASICs im integrierten Leistungsbau-elementesektor. Mittlerweile können am IISB nahezu alle in der CMOS-Technologie bekannten Fertigungsschritte auch an SiC-Scheiben durchgeführt werden. Die Entwicklung notwendiger neuartiger Prozeßschritte wie Hochtemperaturausheilung und Epitaxie ist weiter fortgeschritten.

Zur Herstellung von Halbleiterbauelementen gehört unabdingbar die Charakterisierung der einzelnen Prozeß-

schritte und der jeweiligen Strukturen. Wichtige Methoden sind dabei die Bestimmung der Schichtzusammensetzung, der Topographie, der Dotierprofile und weiterer physikalischer und chemischer Parameter. Besondere Kompetenz der Abteilung liegt in der Kombination verschiedener Methoden zur Analyse von Fehlern in der Prozessierung von Halbleitern und dem Aufspüren von Fehlerursachen. Ergänzend dazu wurde die elektrische Charakterisierung weiter ausgebaut, z.B. Bestimmung von Grenzflächenzuständen mittels Lebensdauerermessung. Darüber hinaus entstand im letzten Jahr eine europäische Initiative im Rahmen eines EC-Projekts zur Koordination der bedeutendsten europäischen Forschungsinstitute im Bereich MEMS und AVT, bei der die Abteilung maßgeblich beteiligt ist.

Die Kompetenzen in der Bearbeitung von Strukturen in der Größenordnung weniger Nanometer mit Hilfe fokussierter Ionen (Focused Ion Beam, FIB)- und Elektronenstrahlen werden am IISB seit mehreren Jahren entwickelt und für die Reparatur und Analyse von Prototypen elektronischer Bauteile eingesetzt. Darüber hinaus werden mit dieser Technik neue Nanosonden für die Rastermikroskopie entwickelt und gefertigt, die es erlauben, physikalische oder elektrische Parameter, wie Dotierung oder Schichteigenschaften, mit hoher Ortsauflösung zu bestimmen. Weitere Anwendungsgebiete sind kleinste Feldemitterstrukturen für die Vakuum-Nanoelektronik.

## Ansprechpartner

Dr. Anton Bauer  
Telefon: +49 (0) 9131 761-308  
anton.bauer@iisb.fraunhofer.de



### Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials of the Department of Technology

The main activities of the semiconductor and nanotechnology department are characterization and integration of new materials into silicon technology, manufacturing of ultra-thin layers for the nanotechnology, modification of nano-structures via ion beam techniques, development of device structures for power electronics or micro-electrochemical systems (MEMS) and design of ASICs. For this purpose, IISB and the Chair of Electron Devices of the University of Erlangen-Nuremberg operate joint cleanroom facilities of 1000 m<sup>2</sup> (class 10) equipped with CMOS-compatible equipment. This allows the implementation of the most important process steps on silicon wafers with diameters up to 150 mm, for certain process steps even on 200 and 300 mm wafers. An industrial CMOS process transferred to IISB from industry and adapted to research and development purposes is used as reference and basis for the development of advanced process technology.

For the development of novel process steps in the field of gate stack engineering, IISB operates advanced chemical vapor deposition tools on the basis of MOCVD for deposition of high-k and metallic layers. Adaptation of the equipment to the particular chemistry of the precursor, deposition of a multiplicity of precursors, characterization of the deposited layers, and in cooperation with several chemical institutes, creation and modification of novel precursor chemistry are main tasks of the department. The department is engaged in two European research projects, SINANO and NanoCMOS and will be part in PullNano, where new high-k and metallic layers are analysed. For advanced electrical characterization of de-

vices, the department operates a wide variety of parameter analyzers, wafer probes, and high-voltage measuring set-ups.

Special activities are focused on ion implantation technologies. At IISB, implantation tools with acceleration voltages of some eV up to several MeV are available. Special implantations for CMOS as well as for power semiconductors are established (e.g., commercial tools have been modified to be able to implant several wafer diameters and manifold elements at elevated temperatures). Investigation of contamination during implantation is a further focus in this domain. A computer program was developed where almost all elemental molecular impurities are implemented.

Further activities focus on the fields of power semiconductors and silicon carbide electronics. IISB has increased its commitment in these fields by implementing new equipment and processes to meet special requirements necessary for power devices and SiC electronics, like etching and refilling of deep trenches or high-temperature processing capabilities for SiC. A Smart Power IGBT technology with integrated trench isolation has been successfully implemented. This allows the department to strengthen its competence in manufacturing smart power or high voltage devices. This work is supplemented by design activities of ASICs for power electronic applications. In the meantime, nearly all necessary manufacturing steps for SiC devices can be performed at IISB. Equipment for high-temperature annealing or epitaxy is available and well accepted by the industry.

Physical characterization of process steps and device structures is of utmost importance for the manufacturing of semiconductor devices. Important steps in this respect are the determination of

composition, topography, doping profile, and further physical and chemical parameters, as well as SEM & TEM investigations, energy-dispersive X-ray analysis, and AFM surface characterization of layers. The specific competence of the department is the combination of several methods for the analysis of failures during processing of devices or the tracing of failure causes. The spectrum for electrical characterization was further increased (e.g., lifetime measurements). Furthermore, the department is significantly involved in a European initiative where the five major European research institutes in the field of MEMS (Micro Electro Mechanical System) and packaging coordinate their expertise towards a strategical alliance.

Another focal area of the department is the processing of structures in the range of a few nanometers as well as repair and analysis of prototypes of electronic devices with focused ion beam (FIB) techniques and electron beams. In addition to that, nanoprobes for atomic force microscopy are developed by using FIB to determine physical and chemical parameters like doping profiles or layer properties with a much higher resolution. Additional fields of application for FIB are smallest structures of field emitters for vacuum nanoelectronics.

### Contact

Dr. Anton Bauer  
Phone: +49 (0) 9131 761-308  
anton.bauer@iisb.fraunhofer.de

## Einführung

Die meisten Mobilgeräte, die sich auf dem Markt befinden, enthalten eine spannungssensitive Elektronik, die durch eine Batterie versorgt wird (wie z.B. Handys, Laptops, digitale Kameras). Die Elektronik kann nicht direkt mit der unregulierten Batteriespannung versorgt werden. Dies hat zur Folge, daß ein Regler die Batteriespannung an die zur Versorgung der Elektronik erforderliche Spannung anpassen muß. Für Mobilgeräte wird meist ein DC/DC-Wandler als Spannungsregler bevorzugt, da er, verglichen mit einem Linearregler, einen höheren Wirkungsgrad ermöglicht.

## Konzept

Ziel dieses Forschungsvorhabens ist die Entwicklung einer kompakten Leistungsstufe in einer CMOS-Technologie. Diese ist Teil von neuartigen DC/DC-Wandlern, die in Mobilgeräten mit Lithium-Polymer-Akkumulatoren eingesetzt werden.

Die Leistungsstufe muß für einen bidirektionalen Energiefluß ausgelegt sein, so daß die Akkumulatoren über sie entladen und geladen werden können. Eine weitere Anforderung an die Leistungsstufe ist ein Layout, das einen geringen Flächenbedarf hat. Dies ist notwendig, da die Applikation auf den Einsatz in Mobilgeräten ausgerichtet ist.

## Lösungsweg

Um einen bidirektionalen Energiefluß zu ermöglichen, sind nur wenige Schaltungstopologien für die Realisierung der Leistungsstufe geeignet. Ferner muß diese Leistungsstufe Auf- und Abwärtsspannungswandlung ermöglichen. Die Vollbrückentopologie (H-Brücke) ist

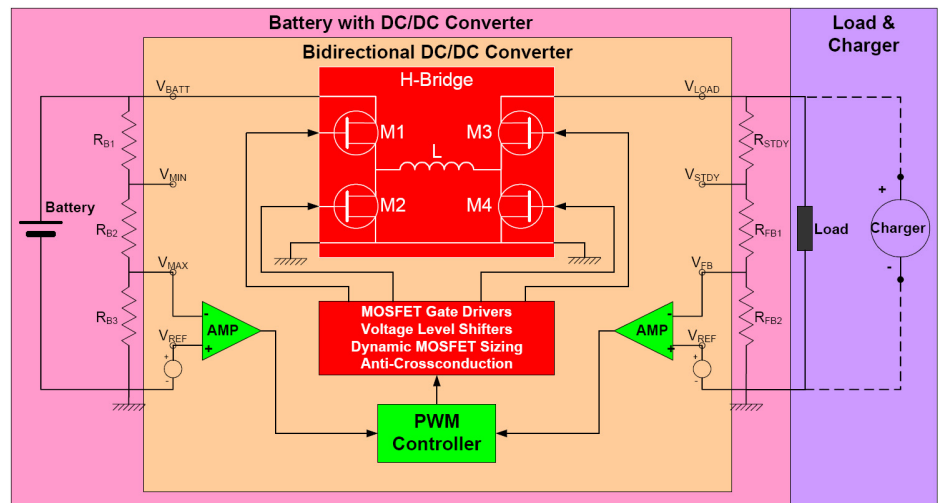


Fig. 1: Leistungsstufe in einem integrierten DC/DC-Wandler; Power stage in an integrated DC-DC converter.

hierzu optimal geeignet, da sie den höchsten Wirkungsgrad besitzt und gleichzeitig nur sehr wenige nicht integrierbare Bauelemente benötigt (siehe Fig. 1). Zusätzlich vereinfacht sie auch deutlich die Ansteuerung, da sie völlig symmetrisch ist. Das bedeutet, daß der Regelalgorithmus für das Entladen und das Aufladen der Batterie der gleiche ist.

Die H-Brücke der Leistungsstufe trägt einen kontinuierlichen Strom von mindestens 2000 mA und ist sehr flächensparend. Zusätzlich zu der H-Brücke wurden auch die zugehörigen Gate-Treiber, Level-Shifter und Logik zur Vermeidung von Brückenquerströmen (Anticrossconduction) entworfen.

Um einen hohen Wirkungsgrad sowohl für den Schwachlastbetrieb als auch für den Nennlastbetrieb zu erreichen, wurde die Funktion „Dynamic Power MOSFET Sizing“ entwickelt (siehe Fig. 2). Durch diese Funktion wird im Schwachlastbereich nur ein Teil der Leistungstransistorzellen von den Treibern angesteuert. Der Wirkungsgrad wird durch geringere Schaltverluste deutlich erhöht.

## Ergebnisse

Es wurde ein Prototyp der Leistungsstufe bei der Firma UMC in einer 0,18 µm-CMOS-Technologie realisiert. Dieser Prototyp hat einen Flächenbedarf von 1,5 x 1,5 mm<sup>2</sup> und besteht aus mehr als 8000 Transistoren.

Die Firma Linear Technology hat Ende des Jahres 2001 einen DC/DC-Wandler mit einer Vollbrückentopologie auf den Markt gebracht; dieser trägt die Bezeichnung LTC3440. Im Vergleich zum LTC3440 verbraucht der IISB-Prototyp nur halb so viel Siliciumfläche, hat einen 10-fach geringeren Durchlaßwiderstand und kann viermal mehr Strom leiten.

## Ansprechpartner

Vincent Lorentz  
Telefon: +49 (0) 9131 761-346  
vincent.lorentz@iisb.fraunhofer.de

Dr. Sven Berberich  
Telefon: +49 (0) 9131 761-341  
sven.berberich@iisb.fraunhofer.de

## Introduction

Today, most of the mobile systems on the market contain voltage-sensitive electronics, which are powered by a battery (e.g., cellular phones, laptops, digital cameras). These electronics cannot be supplied directly with the unregulated battery voltage. As a consequence, a voltage regulator has to adjust the battery voltage to the voltage required for the electronics. In mobile systems, a switching DC-DC converter is commonly used as the voltage regulator, because it provides a higher efficiency than a linear regulator.

## Concept

The focus of this research project is on the development of a compact power stage in a CMOS technology. This power stage is part of novel DC-DC converters for Lithium-Polymer Batteries used in mobile systems.

The power stage must be designed for bidirectional energy flow, so that the connected battery is charged and discharged by the same single power stage. As the power stage is designed to be used in mobile systems, its layout has to be optimised to occupy a minimum of active silicon area.

## Solutions

In order to allow bidirectional energy flow, only a few circuit topologies are appropriate for the realisation of the power stage. In addition, the power stage must perform step-up and step-down voltage conversion. The full-bridge (H-Bridge) topology is well suited for this purpose since it provides the highest efficiency and requires only few external devices (fig.1). Furthermore, the controlling effort is reduced since

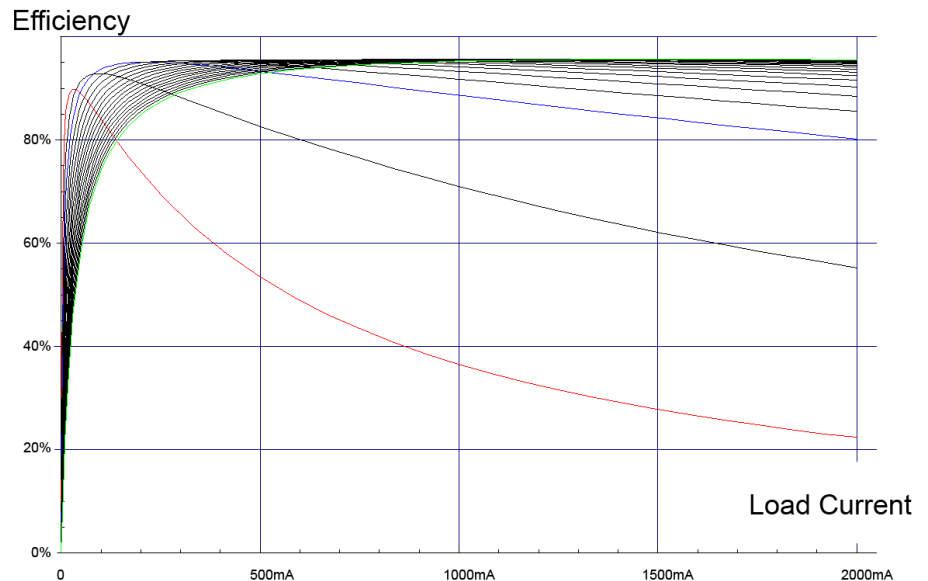


Fig. 2: Wirkungsgrad der H-Brücke in Abhängigkeit des Laststromes mit „Dynamic Power MOSFET Sizing“ ; Efficiency vs. load current of the H-bridge with “Dynamic Power MOSFET Sizing” .

the H-bridge is fully symmetrical. The benefit is that the charging and the discharging of the battery are controlled by the same algorithm.

The H-bridge of the power converter allows a continuous current of more than 2000 mA and is very compact. The full bridge, the gate drivers, the voltage level shifters and the anti-cross-conduction logic were implemented monolithically.

To provide high efficiency in both heavy and light load conditions, the function “Dynamic MOSFET Sizing” was developed (fig.2). Due to this function, only a partition of power MOSFET cells of the H-bridge is driven. The efficiency is strongly increased by the reduction of the switching losses.

## Results

A prototype of the power stage was manufactured by the foundry UMC in a 0.18  $\mu\text{m}$  CMOS technology. This prototype occupies an active silicon area of

1.5 x 1.5 mm<sup>2</sup> and consists of more than 8000 transistors.

In 2001, a DC-DC converter with full bridge topology was brought to market by Linear Technology. It is called LTC3440. Compared to the LTC3440, the IISB prototype requires only half of the silicon area. With regard to power losses, the IISB prototype features a 10 times lower conduction resistance and can supply up to 4 times more current than the LTC3440.

## Contact

Vincent Lorentz  
Phone: +49 (0) 9131 761-346  
vincent.lorentz@iisb.fraunhofer.de

Sven Berberich  
Phone: +49 (0) 9131 761-341  
sven.berberich@iisb.fraunhofer.de

# Untersuchung organometallischer Schichten für nichtflüchtige Speicherzellen

<Inhaltsverzeichnis>

## Einleitung

Als nichtflüchtiges Speichermedium für große Datenmengen, z.B. in Form von Bilder- oder Musikdateien, gewann der so genannte Flash-Speicher in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung. Dieser Speichertyp basiert auf der Speicherung von Ladung auf der potentialfreien Elektrode eines Transistors, wodurch es zu einer Verschiebung der Einsatzspannung kommt. Da sich die Skalierung des Flash-Speichers mit jeder neuen Technologiegeneration zunehmend schwieriger gestaltet, wird andernorts bereits an Technologien geforscht, die den Flash-Speicher zukünftig ablösen könnten. Dabei werden insbesondere eine Reihe von Technologien als vielversprechende Nachfolger gehandelt, bei denen der elektrische Widerstand verändert werden kann.

## Ladungstransferkomplexe

Eine Möglichkeit zur Widerstandsmodulation ergibt sich durch den Einsatz von organischen Ladungstransferkomplexen. Durch Spannungsimpulse unterschiedlicher Amplitude und Polarität läßt sich der Widerstand von Schichten dieses Komplexes verändern und anschließend mit einer niedrigen Meßspannung bestimmen. Allerdings werden die Schalt- und Speichermechanismen in dieser Art widerstandsmodulierter Speicherzellen noch nicht vollständig verstanden.

## Umfang des Projekts

Im Rahmen einer Kooperation mit Infineon Technologies wurde am IISB ein alternativer Ladungstransferkomplex, der bei Voruntersuchungen gute elektrische Eigenschaften zeigte, eingehender auf seine Anwendbarkeit als Speicher-material hin untersucht.

Dazu wurden aus der Literatur bekannte Abscheideverfahren angepaßt, um Schichten des neuen Ladungstransferkomplexes herzustellen. Für ein Abscheideverfahren aus Lösung bei Raumtemperatur wurde ein Modell entwickelt, welches die Reaktionskinetik gut beschreibt. Ein Vergleich dieses Modells mit experimentell ermittelten Abscheideraten ist in Fig.1 dargestellt.

Außerdem gelang es, Schichten des Ladungstransferkomplexes selektiv und homogen in Kontaktlöchern von unter 200 nm Durchmesser abzuschneiden. Die REM-Aufnahme derart gefüllter, 500 nm breiter Kontaktlöcher in Siliciumdioxid auf einer Metallelektrode ist exemplarisch in Fig.2 gezeigt.

Ferner konnte die molekulare Struktur des verwendeten Ladungstransferkomplexes durch eingehende chemische und physikalische Analysen ermittelt werden. Hieraus konnten Schlüsse auf die Schaltvorgänge in dünnen Schichten des vorliegenden Speichermaterials gezogen werden, und es konnte auf mögliche Mechanismen der Stromleitung in beiden Schaltzuständen geschlossen werden.

Abschließend wurden mit verschiedenen Verfahren hergestellte Speicherschichten elektrisch charakterisiert. Durch die Untersuchung von Schaltspannungen und -dauern sowie den daraus resultierenden Widerständen, der Zyklfestigkeit und der Speicherhaltezeit konnten weitere Aussagen zu Schalt- und Speichermechanismen des Ladungstransferkomplexes getroffen werden.

## Ansprechpartner

Tobias Erlbacher  
Telefon: +49 (0) 9131 85-28636  
tobias.erlbacher@iisb.fraunhofer.de

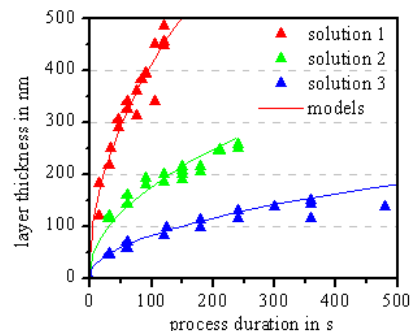


Fig. 1: Experimentell bestimmte Abscheideraten – Vergleich mit Modell;  
Experimentally determined deposition rates – comparison with model.



# Investigation of Organo-Metallic Layers for Non-Volatile Memory Cells

## Introduction

As a non-volatile storage medium for large amounts of data (i.e., picture or music files), so-called 'Flash' memory products gained crucial importance in recent years. This memory technology is based on the storage of charge on the floating gate of a transistor, leading to a threshold voltage shift. As the down-scaling of Flash memory becomes increasingly difficult with each new technology generation, investigation of novel memory principles which can replace the Flash memory is essential. In particular, a variety of emerging technologies featuring a permanent modulation of the electrical conductivity are regarded as potential successors.

## Charge Transfer Complexes

Layers of organic charge-transfer complexes offer one way of conductivity modulation. The conductivity of layers of this complex can be altered by applying voltage pulses of different amplitudes and polarity and subsequently be determined using a small measurement voltage. However, the switching and storage mechanisms inherent to this type of conductivity-modulated memory cells are not yet fully understood.

## Content of Project

In cooperation with Infineon Technologies, the usability of an alternative charge transfer complex as a memory layer was analyzed. This layer revealed reasonable electrical properties in pre-tests.

Deposition methods known from the literature were adapted to fabricate layers of this innovative charge transfer complex. A model for the deposition from solution at room temperature was

developed which described the reaction kinetics well. The comparison of this model with experimentally gathered deposition rates is illustrated in fig. 1.

Moreover, layers of the charge transfer complex were selectively and homogeneously deposited in contact holes of less than 200 nm diameter. Fig. 2 shows the SEM image of 500 nm wide contact holes in silicon dioxide on a metal electrode that were filled in this manner.

The molecular structure of the charge transfer complex was identified using a variety of chemical and physical analyses. During these analyses, conclusions regarding the switching operation in thin layers of the memory material were drawn, and possible current transport mechanisms for both switching states were deduced.

Finally, memory layers fabricated by different deposition techniques were electrically characterized. Further conclusions regarding switching and storage mechanisms occurring in this charge transfer complex were obtained from analyzing switching voltages and periods, from achieved resistances, and from endurance and retention data.

## Contact

Tobias Erlbacher  
Phone: +49 (0) 9131 85-28636  
tobias.erlbacher@iisb.fraunhofer.de

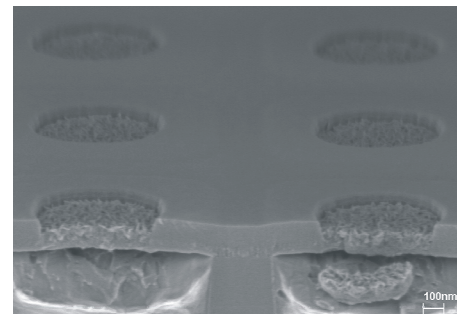


Fig. 2: REM-Aufnahme einer in Kontaktlöchern abgeschiedenen CT-Schicht; SEM image of CT layer deposited in contact holes.

# Modellierung von Widerstandsmessungen für Aluminium-implantiertes 4H-Siliziumcarbid

<Inhaltsverzeichnis>

Heutzutage werden in praktisch allen Bereichen der Leistungselektronik Bauelemente aus Silicium (Si) eingesetzt. Aber aufgrund von vielversprechenden und in wichtigen Bereichen besseren Materialeigenschaften von Siliciumcarbid (SiC) im Vergleich zu Si wird das Augenmerk immer mehr auf SiC gerichtet. Die wesentlichen Vorteile liegen in der hohen Durchbruchfeldstärke (etwa  $2,4 \times 10^6$  V/cm für 4H-SiC) und der hohen Wärmeleitfähigkeit von etwa 4,9 W/(cmK). Außerdem kann zur Herstellung von Bauelementen fast die gesamte Si-Technologie übernommen werden. Änderungen sind u. a. bei den Dotierverfahren nötig. In SiC können strukturierte Dotierungen nur mittels Ionenimplantation erfolgen. Der anschließend notwendige Ausheilschritt muss, z. B. für Aluminium-Akzeptoren, bei sehr hohen Temperaturen von etwa 1700°C erfolgen. Zu dessen Charakterisierung ist die Aktivierung und Kompensation der Dopanden von besonderem Interesse. Die Aktivierung beschreibt das Verhältnis der implantierten Ionen zu den auf Gitterplätzen eingebauten Atomen. Die Kompensation ist das Verhältnis von donorartigen Zentren zu der Anzahl aktivierter Akzeptoren. Außer typischen Donatoren, z.B. Stickstoff, sind in der Kompensation ebenfalls donatorartige Defektzentren, entstanden durch Implantationsschäden, berücksichtigt. Eine Bestimmung der Aktivierung und Kompensation kann mittels elektrischer Messungen erfolgen. Dazu wurden bisher temperaturabhängige Hall-Messungen verwendet. Da jedoch die Probenpräparation und die Meßtechnik aufwendig sind, wurde eine Methode zur Auswertung von einfach herzustellenden Proben für temperaturabhängige Widerstandsmessungen entwickelt.

Der spezifische Widerstand  $r$  kann mit Hilfe der Elementarladung  $q$ , der Dichte freier Ladungsträger  $p$  und deren Be-

weglichkeit  $\mu$  berechnet werden nach

$$\rho = \frac{1}{p \cdot q \cdot \mu}$$

Alle Variablen, also  $r$ ,  $p$  und  $\mu$ , hängen von der Meßtemperatur, der Dichte der Akzeptoren und der Dichte der Kompensationszentren ab. Eine Berechnung der freien Ladungsträgerdichte erfolgt durch Verwendung der Neutralitätsgleichung. Die Beweglichkeit wird durch ein modifiziertes Thomas-Caughey-Modell beschrieben. Da die Beweglichkeit durch charakteristische Streuprozesse bestimmt wird, ist jedoch eine Erweiterung des Modells sinnvoll. Die dominanten Streuprozesse sind für Akzeptoren in SiC Streuung an ionisierten Störstellen und Streuung an nicht polar optischen Phononen. Deshalb wurde in das Beweglichkeits-Modell eine Abhängigkeit von der Dichte der Akzeptoren und von der Dichte der Kompensationszentren eingearbeitet.

In Abb. 1 ist der spezifische Widerstand für aluminium-implantiertes SiC temperaturabhängig gemessen. Die vier Implantationsdosen zwischen  $1,2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$  und  $1,2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  wurden bei einer Temperatur von 1700°C 30 min lang ausgeheilt. Es zeigt sich eine Abnahme des Widerstands mit zunehmender Meßtemperatur. Dies liegt, da in SiC die Ionisierungsenergie für Aluminium-Akzeptoren im Bereich von 150 meV liegt, an der mit der Temperatur zunehmenden Anzahl freier Ladungsträger. Die eingezeichneten Linien geben Anpassungen des oben beschriebenen Modells an die gemessenen Datenpunkte wieder. Es kann eine gute Übereinstimmung für alle Proben erreicht werden.

Exemplarisch sind die aus diesen Berechnungen erzielten Werte der Aktivierung für verschiedene Ausheiltemperaturen in Abb. 2 dargestellt. Für die geringste Implantationsdosis von  $1,2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$  ergibt sich unabhängig

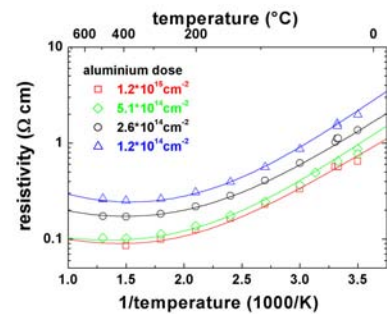


Fig. 1: Spezifischer Widerstand, gemessen und angepaßt mit dem entwickelten Modell; Resistivity, measured and calculated with the developed model.

von der Ausheiltemperatur im Bereich von 1500°C bis 1700°C eine vollständige Aktivierung von 100 %. Eine zehnmal größere Implantations-Dosis zeigt jedoch eine Zunahme der Aktivierung mit der Ausheiltemperatur. Bei 1500°C liegt die Aktivierung bei ca. 70 % und erreicht erst bei 1700°C einen Wert von 100 %. Dies liegt an der mit zunehmender Ausheiltemperatur größeren zugeführten thermischen Energie und der damit größeren Wahrscheinlichkeit, daß ein implantiertes Atom im Kristallgitter eingebaut werden kann. Da dieser Einbauprozess dosisabhängig ist, wird für geringe Implantationsdosen bereits bei niedrigeren Ausheiltemperaturen vollständige Aktivierung erreicht.

Zusammenfassend konnte gezeigt werden, daß das entwickelte Modell des spezifischen Widerstands für aluminium-dotiertes SiC mit Messungen übereinstimmt und daraus extrahierte Parameter, z.B. die Aktivierung, bestimmbar sind.

## Ansprechpartner

Martin Rambach  
Telefon: +49 (0) 9131 761-318  
martin.rambach@iisb.fraunhofer.de

# Modeling of Resistivity Measurements for Aluminum Implanted 4H-Siliconcarbide

Nowadays, devices fabricated in silicon technology are used in nearly all areas of power electronics. However, silicon carbide (SiC) is attracting more and more interest because it offers properties which are outstanding and even superior to silicon (Si) in several important domains. The essential benefits of SiC are the high breakdown field (about  $2.4 \times 10^6$  V/cm for 4H-SiC) and the excellent thermal conductivity of about 4.9 W/(cmK). Additionally, nearly the entire Si technology can be adopted for the manufacturing of SiC devices. However, some modification are required e.g. regarding the doping process, because structured doping in SiC can only be achieved by implantation. The subsequent annealing step requires high temperatures of about 1700°C for aluminum acceptors. The characterization of such an annealing step requires the determination of activation and compensation. Activation describes the ratio of implanted atoms to atoms incorporated on lattice sites. Compensation is the ratio between donor-type centers and activated atoms. Compensation includes donor-type centers caused by implantation induced defects as well as typical donors (e.g., nitrogen). Full activation of 100 % is not necessarily achieved, even for the high annealing temperatures used. Therefore, electrical measurements are used to determine the activation and compensation. Up to now, temperature-dependent Hall measurements have been used. However, sample preparation and measurement technique are quite complex compared to resistivity measurements. Therefore, a method for calculation of temperature dependent resistivity was developed.

Resistivity  $r$  can be calculated using elementary charge  $q$ , density of free carriers  $p$  and their mobility  $\mu$  by the formula

$$\rho = \frac{1}{p \cdot q \cdot \mu}$$

All variables, meaning  $r$ ,  $p$  and  $\mu$ , are dependent on measurement temperature, density of acceptors and density of compensating centers. The density of free carriers is calculated using the neutrality equation. Mobility is described by a modified Thomas-Caughey model. However, a modification of this model is a sensible measure since mobility depends on typical scattering mechanisms. The most important scattering processes in aluminum-doped SiC are scattering at ionized impurities and scattering at non-polar optical phonons. Therefore, a dependence on the density of acceptors and a dependence on the density of compensating centers is included. This is necessary particularly in view of the scattering mechanism at ionized impurities.

Fig. 1 shows the temperature-dependent resistivity of aluminum-implanted SiC. These four implantation doses between  $1.2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$  and  $1.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  were annealed at a temperature of 1700°C for 30 min. A decrease of resistivity is found with increasing measurement temperature. This is caused by the increasing number of free carriers due to the low ionization energy of about 150 meV for aluminum acceptors. Lines show calculations based on the model described above. A nice correspondence is found for all samples and temperatures.

Fig. 2 shows exemplarily the activation extracted from calculations for different annealing temperatures. The lowest implantation dose of  $1.2 \times 10^{14} \text{ cm}^{-2}$  results in a full activation of 100 % for all annealing temperatures between 1500°C and 1700°C. A ten times higher implanted sample with an aluminum dose of  $1.2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$  shows an increase in activation with increasing annealing temperature. The activation is about 70

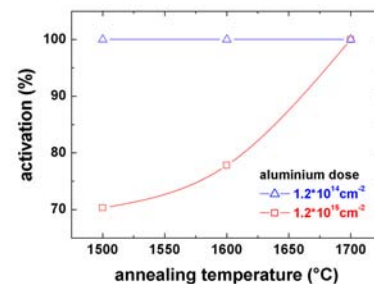


Fig. 2: Berechnete Aktivierung für unterschiedliche Ausheiltemperaturen; Calculated activation for different annealing temperatures.

% for an annealing temperature of 1500°C and reaches 100 % for 1700°C. With increasing thermal energy (e.g., increasing annealing temperature) the probability of incorporating an atom on a lattice site is enhanced. Therefore, full activation can be achieved for lower implantation doses already at lower annealing temperatures due to the dose dependence of this described process.

In summary, the developed model for calculating resistivity for aluminum-implanted SiC is consistent with measurement data. Furthermore, extracted parameters (e.g., activation) can be calculated.

## Contact

Martin Rambach  
Phone: +49 (0) 9131 761-318  
martin.rambach@iisb.fraunhofer.de

### Schwerpunkte, Trends und Potenziale der Abteilung Kristallzüchtung

Kristallzüchtungsprozesse liefern das Grundmaterial für viele Anwendungen. Die FuE-Arbeiten im Gebiet der Kristallzüchtung werden daher durch die Forderungen nach speziellen Anwendungen vorangetrieben. Im allgemeinen werden dabei aus wirtschaftlichen Gründen immer größere Kristalldimensionen benötigt. Gleichzeitig steigen die Anforderungen an die Kristallqualität im mikroskopischen und makroskopischen Maßstab sowie der Bedarf nach Materialien mit neuen Eigenschaften.

Der Forschungsschwerpunkt der Abteilung Kristallzüchtung, die ein weltweit anerkanntes Kompetenzzentrum ist, liegt darin, gemeinsam mit den Industriepartnern Anlagen und Prozesse zur Herstellung von Massivkristallen und dünnen Schichten zu entwickeln und zu optimieren, um den steigenden Anforderungen bezüglich Kristallqualität und Kostenreduktion gerecht zu werden.

Dabei ist die Strategie des IISB, Kristallzüchtungsprozesse durch eine Kombination aus experimenteller Prozeßanalyse und numerischer Modellierung zu optimieren. Das IISB bietet dabei sowohl die geeignete Infrastruktur als auch leistungsfähige, benutzerfreundliche Simulationsprogramme. Diese Programme, die kontinuierlich weiterentwickelt werden, werden von und für die industriellen Partner zur Entwicklung von Kristallzüchtungsanlagen und Prozessen eingesetzt.

Im Jahr 2005 hat die Abteilung Kristallzüchtung des Fraunhofer-Instituts IISB seine Position als weltweit anerkanntes Kompetenzzentrum auf dem Gebiet der Kristallzüchtung festigen können.

Auf dem Gebiet Herstellung von GaN-Substraten aus metallischen Lösungen bei Raumdruck konnte gezeigt werden, daß die Defektdichten des so hergestellten Materials um den Faktor 10 bis 100 niedriger sind als bei Material von vergleichbarer Dicke, das aus der Gasphase hergestellt wurde. Der IISB-Wissenschaftler Stephan Hussy, der innerhalb des GaN-Teams des Fraunhofer IISB verantwortlich für die Entwicklung des Kristallisationsprozesses ist, wurde dafür mit dem Forschungspreis für Nachwuchswissenschaftler von der Deutschen Gesellschaft für Kristallzüchtung und Kristallwachstum ausgezeichnet.

Im Bereich Mikrogravitationsforschung konnte das vom IISB entwickelte Simulationsmodell wertvolle Erkenntnisse zum Einfluß der Konvektion auf die Mikrostruktur beim Erstarren von technischen Legierung unter Weltraum- und terrestrischen Bedingungen liefern. Wesentliche Beiträge zu diesem Modell stammen vom ehemaligen IISB-Mitarbeiter Herrn Dr. Marc Hainke, der für seine am IISB angefertigte Dissertation den Promotionspreis der Staedtler-Stiftung erhalten hat.

Im Bereich Simulation wurde die Software CrysVUn, die das Hauptprodukt der Abteilung Kristallzüchtung darstellt, weiter auf die Kundenbedürfnisse zugeschnitten bezüglich einfacherer Nutzung und effizienterer Strömungsrechnung. Herr Dr. Bernd Fischer und Herr Dr. Jochen Friedrich wurden für ihre zusammenfassende Darstellung des Standes der Technik bei der Simulation von Kristallzüchtungsprozessen und den wegweisenden Ausblick zum Einsatz neuartiger mathematischer Optimierungsverfahren in diesem Gebiet mit dem VDE/VDI-GMM Preis 2005 geehrt.

Zur Stärkung des internationalen Renommées der Abteilung Kristallzüchtung

trugen nicht zuletzt auch mehrere eingeladene Vorträge auf internationalen Konferenzen sowie die Mitarbeit in diversen nationalen und internationalen Fachgremien auf dem Gebiet der Kristallzüchtung bei.

Die Abteilung Kristallzüchtung arbeitet eng mit universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zusammen und pflegt die Kooperationen mit der Industrie in Deutschland, aber auch im Ausland.

### Ansprechpartner

Dr. Jochen Friedrich  
Telefon: +49 (0) 9131 761-269  
jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

## Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials of the Department of Crystal Growth

Crystal growth processes provide basic materials for many applications. The research and development of crystal growth processes is driven by the demands arising from specific applications. Generally, there is a need for an increase in crystal dimensions for economic reasons. At the same time, requirements concerning uniformity of the relevant crystal properties on micro and macro scale as well as for materials with new properties are increasing.

Therefore, the focal area of research of the Department of Crystal Growth, which is an internationally recognized center of excellence, is to develop - in close collaboration with industry - equipment and processes for the production of bulk crystals in order to meet the increasing requirements on crystal quality and cost reduction.

The strategy of the IISB is to optimize the crystal growth processing by a combined use of experimental process analysis and computer modeling. For this purpose, IISB offers the appropriate experimental infrastructure and highly efficient, user-friendly simulation programs. These computer codes, which are continuously further developed, are used for and by the industrial partners to develop crystal growth equipment and processes.

In 2005, the Department of Crystal Growth of Fraunhofer IISB has consolidated its position as internationally recognized center of excellence in the field of crystal growth.

In the field of manufacturing of GaN-substrates from metallic solutions under ambient pressure conditions, it could be shown that the defect densities in the

material grown by this method are by a factor of 10 to 100 less than the values reported for material of comparable thickness which was produced from the vapor phase. IISB researcher Stephan Hussy, who is responsible for the development of the crystal growth process within the GaN team of Fraunhofer IISB, was honored with the research award for young scientists of the German crystal growth association DGKK for his contributions.

In the field of microgravity research, the simulation model developed by IISB could deliver valuable knowledge about the influence of convection on the microstructure during the solidification of technical alloys under microgravity and terrestrial conditions. Main contributions to this model come from former IISB researcher Dr. Marc Hainke, who was honored for his doctoral thesis made at IISB with the promotion award of the Staedtler foundation.

In the field of modeling, the software CrysVUn, which is the main product of the department of Crystal Growth, was tailored further in order to fulfill the needs of the customers with respect to easier usage and more efficient computation of fluid problems. Dr. Bernd Fischer and Dr. Jochen Friedrich were awarded the VDE/VDI-GMM Prize 2005 for their review about the current state of the art in modeling of crystal growth and their path-breaking outlook on the usage of innovative mathematical optimization techniques in this area.

Last but not least, several invited talks during international conferences as well as the collaboration in different national and international expert panels in the field of crystal growth have contributed to strengthen the international reputation of the department Crystal Growth.

The department works closely with research institutions and maintains close cooperation with both national and international industrial partners.

## Contact

Dr. Jochen Friedrich  
Phone: +49 (0) 9131 761-269  
jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de



Die Fortschritte in der Kommunikationstechnik beruhen im hohen Maße auf der Verfügbarkeit von neuen Materialien mit besonderen optischen und elektrischen Eigenschaften.

In der Opto- und Leistungselektronik werden im wesentlichen Verbindungshalbleiter eingesetzt. Seit einigen Jahren ist hier eine starke Forschungsaktivität im Bereich der sogenannten Halbleiter mit großer Bandlücke wie z.B. GaN zu beobachten.

Auch in Deutschland wird diese sehr wesentlich vom BMBF unterstützte Forschung weiter intensiviert. Die laufenden Forschungsprogramme beinhalten dabei neben den Entwicklungen im Bereich der Bauelemente auch die für diesen Produktbereich sehr wichtige Herstellung von Substratkristallen aus GaN für die Homoepitaxie.

Obwohl ein GaN-Einkristall von technisch relevanten Abmessungen nach wie vor nicht in Sicht ist, so sind doch im Bereich der Entwicklung defektminderer, sogenannter Quasisubstrate erhebliche Fortschritte erzielt worden.

Am IISB wurde bereits in den vergangenen Jahren im Rahmen eines BMBF-Projektes (FKz. 01BM158) intensiv an der Kristallzüchtung von GaN geforscht. Nach dem erfolgreichen Abschluß des ersten Projektes in 2004, konnten auch im vergangenen Jahr, durch ein Anschlußprojekt unter Förderung des BMBF (FKz. 01BM580), die Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der GaN-Kristallzüchtung weitergeführt werden. Im Mittelpunkt des Interesses steht dabei das Verfahren, mit dem die Kristalle bei Raumdruck und Temperaturen kleiner als 1100°C aus einer Schmelzlösung abgeschieden werden. Mit der am IISB entwickelten sogenannten Niederdruck-Lösungszüchtung (Low Pressure Solution Growth - LPSG) ist es möglich, 2"-

GaN-Schichten auf Saphirsubstraten herzustellen (Fig. 1), welche im Vergleich zu herkömmlichen MOCVD-GaN-Schichten deutlich geringere Versetzungsdichten aufweisen.

Diese Defektreduktion kann mittels spezieller Abbildungstechniken am Transmissionselektronenmikroskop (TEM) beobachtet werden. Durch die sogenannte Weak-Beam-Abbildungstechnik - ein spezielles Dunkelfeld-Abbildungsverfahren - können die einzelnen Versetzungslinien als helle Linien dargestellt werden. Durch Auswertung der Orientierung der Versetzungslinien bezüglich des Abbildungsvektors können Typ und Richtung der Versetzungen bestimmt werden (Fig. 2). Im Rahmen detaillierter TEM-Untersuchungen konnte im Laufe des Projektes ein Ansatz zur Erklärung des zugrunde liegenden Mechanismus, welcher zur beobachteten Versetzungsreduktion führt, erarbeitet werden.

Die Beobachtungen zeigen, daß es zu einer Reaktion von Versetzungen an oder kurz nach der Grenzfläche zwischen der verwendeten Keimschicht und dem darauf gewachsenen LPSG-GaN kommt. Im Wesentlichen handelt es sich um Versetzungen mit einem a-Burgers-Vektor oder Versetzungen gemischten Typs, die durch Abknicken und darauf folgende Rekombination mit einer entgegengerichteten Versetzung ausgelöscht werden können. Auf diese Weise kommt es zu einer Verringerung der Gesamtanzahl an Versetzungen in der LPSG-GaN-Schicht. Das initiale Stadium des Wachstums der LPSG-Schicht auf dem angebotenen Keim scheint dabei ein wesentlicher Faktor zu sein, welcher zum Abknicken der Versetzungen beiträgt. Im Anfangsstadium des Wachstums scheinen zunächst facettierte Wachstumsinseln zu entstehen. Die Versetzungen haben dann die Tendenz, zu den Insel-Facetten hin auszuwachsen und knicken da-

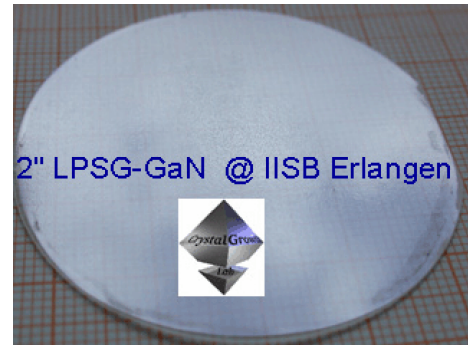


Fig. 1: 2" GaN auf Saphir mit MOCVD-GaN-Keimschicht, hergestellt nach dem Verfahren der Niederdruck-Lösungszüchtung (LPSG); 2" GaN on sapphire with a MOCVD seeding layer, grown with the low pressure solution growth method (LPSG).

her in Richtung der Facettenoberfläche ab. Das Abknicken ist die Voraussetzung für nachfolgende Rekombinationen. Versetzungen, die nicht abbiegen können, wachsen auch in der LPSG-Schicht weiter. Sobald es zu einer lateralen Koaleszenz der Wachstumsinseln kommt, ist die Versetzungsreduktion nach dieser Modellvorstellung beendet. Nach dieser Vorstellung kann es allerdings auch wesentlich von der Versetzungsstruktur der Keimschicht abhängen, ob es zu einer Verringerung der Versetzungen kommt.

In den aktuellen Forschungsarbeiten wird verstärkt auf die Aufklärung des Wachstumsmechanismus, besonders im Anfangsstadium des Lösungszüchtungsprozesses, Wert gelegt, um zu einem tieferen Verständnis des Wachstumsprozesses und der Entwicklung der Mikrostruktur des LPSG-Materials zu gelangen

## Ansprechpartner

Dr. Elke Meißner  
Telefon: +49 (0) 9131 761-136  
elke.meissner@iisb.fraunhofer.de

## Reduction of Dislocation Density in LPSG Grown GaN-Templates

The progress in communication technology is to a large extent based on the availability of new materials with special optical and electrical properties.

In the opto and power electronics sector, mainly compound semiconductors are being used. For some years now, a remarkably high research activity in the field of the so-called wide band gap semiconductors like GaN has been observed.

In Germany, this research direction is also continuously intensified, to a large extent due to the support of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). The current research programs support the developments in the area of device fabrication as well as the production of the GaN substrate crystals which are necessary for homoepitaxy purposes.

Although there is still no GaN crystal of technically relevant dimensions in sight, one can notice a substantial progress in the development of the so-called quasisubstrates with lower defect density.

For the last years, there has been an intensive ongoing research work, in the frame of a BMBF project (FKz. 01BM158) at IISB, dedicated to the crystal growth of GaN. After the successful closure of the first project in 2004, it was possible to continue the research work on the crystal growth of GaN through the last year with a subsequent project supported by the BMBF under contract No. 01BM580.

The work is still focussed on a growth process which makes it possible to grow GaN from a solution at room pressure and temperatures below 1100°C. With the so called Low Pressure Solution Growth (LPSG) technique, developed at IISB, it is possible to grow

2" GaN layers on sapphire (fig. 1) with a considerably lower dislocation density compared to conventional MOCVD material.

This reduction of the dislocation density can be characterized by applying special imaging techniques by means of transmission electron microscopy (TEM). With the so-called weak beam imaging method - a special dark field imaging technique - the single dislocation lines can be displayed as bright lines in the material (fig. 2). Through detailed TEM studies and analyses of the microstructure during the last year, it was possible to gain a first idea for the explanation of the mechanism responsible for the observed reduction of the dislocation density in the LPSG material. The TEM observations revealed that a reaction takes place between dislocations at or within a short distance from the interface between the used seed layer and the LPSG GaN grown on top of it. Mainly dislocations with an a-Burgers vector or mixed-type dislocations can be annihilated by bend-off and recombination with a dislocation bending in the opposite direction, with the result that the total number of dislocations is reduced in the LPSG GaN layer.

The initial growth state of the LPSG GaN on the offered seed seems to be an important factor which contributes to the bend-off of the observed dislocation lines. During the early stage of the growth, faceted growth islands are developing on the surface of the seed. The dislocations tend to grow towards the facet's surfaces and therefore bend off in the direction to the facet. The bending of the dislocations is a prerequisite for a subsequent recombination. If it is not possible for a dislocation to change its direction it will grow on into the LPSG layer. According to the proposed model, no more dislocation reduction is possible as soon as lateral coalescence of the growth islands is

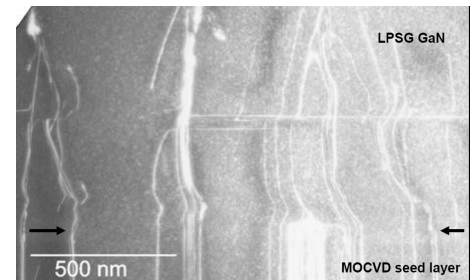


Fig. 2: TEM-Weak-Beam-Abbildung der Grenzfläche zwischen der LPSG-GaN-Schicht und der MOCVD-Keimschicht. Die Versetzungen sind als weiße Linien zu erkennen. Die schwarzen Pfeile markieren die Position der Grenzfläche zwischen Keimschicht und LPSG-GaN; TEM weak beam image of the interface region between LPSG and the MOCVD seeding layer. The dislocations are visible as white lines. The position of the interface between LPSG GaN and the seeding layer is marked by black arrows.

attained. However, according to this model, the reaction of the dislocations and whether a reduction is obtained could strongly depend on the microstructure of the offered seed.

As a consequence, the ongoing research work will strongly focus on the clarification of the growth mechanism especially in the early growth stages of the solution growth process in order to gain a deeper understanding of the growth process and the development of the microstructure of the LPSG GaN material.

### Contact

Dr. Elke Meißner  
Phone +49 (0) 9131 761-136  
elke.meissner@iisb.fraunhofer.de

Experimentelle Untersuchungen unter Mikrogravitationsbedingungen werden seit langer Zeit in den Werkstoffwissenschaften eingesetzt. Unter diesen Bedingungen ist die natürliche Konvektion stark gedämpft, so daß der Wärme- und Stofftransport vornehmlich diffusiv erfolgt. Dies ermöglicht die Validierung vieler grundsätzlicher Beziehungen zwischen den Bedingungen während der Erstarrung und den resultierenden Materialeigenschaften.

Das geplante Material Science Laboratory (MSL) an Bord der Internationalen Raumstation (ISS) soll einen langfristigen Zugang zu derartigen Bedingungen bieten. Das Herz des MSL ist die Prozeßkammer, die mit verschiedenen Ofeneinsätzen und in Kartuschen eingebetteten Proben versehen werden kann (Fig. 1). Auf diese Weise sind Experimente mit einer großen Spanne an Materialien und thermischen Bedingungen möglich. So werden unter anderen sowohl Leichtbaugußwerkstoffe wie AlSiMg als auch der Halbleiter CdTe, der für Sensorikanwendungen verwendet wird, im MSL untersucht werden.

Im Laufe des Jahres 2005 wurde durch die Abteilung Kristallzüchtung ein Projekt zur Entwicklung eines „virtuellen“

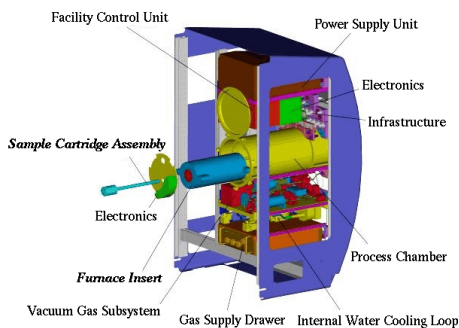


Fig. 1: Aufbau des Material Science Laboratory MSL an Bord des ISS. Der Ofeneinsatz und die Kartusche sind ebenfalls dargestellt; Illustration of the Material Science Laboratory MSL aboard the ISS including the exchangeable furnace insert and sample-cartridge assembly (source: ESA).

MSL abgeschlossen. Ziel war es, die thermischen Bedingungen in den Ofenanlagen vorhersagen zu können. Realisiert wurde dieses Werkzeug mit Hilfe der thermischen Simulationssoftware CrysVUn (Fig. 2), die seit Ende der 90er Jahre durch die Abteilung Kristallzüchtung entwickelt wird. CrysVUn verfügt über eine Vielzahl von physikalischen Modellen zur Behandlung von Problemen in der Metallurgie und Kristallzüchtung. Als Beispiel sei der Wärmetransport durch Leitung und Strahlung genannt.

Die thermischen Simulationen sollen die Wissenschaftler beim Design der Kartuschen, dem Festlegen von Prozeßparametern und der Auswertung der Ergebnisse unterstützen. Hierfür ist die Software mit einer einfach zu bedienenden graphischen Benutzerschnittstelle versehen, die das Durchführen globaler Prozeßsimulation erleichtert. Globale Simulation bedeutet in diesem Kontext, daß die thermischen Modelle den kompletten Ofen beschreiben, einschließlich Probe, Heizer, Isolation und Kühlung. Zusätzlich enthält CrysVUn ein Modul zur automatischen Optimierung der Heizereinstellungen. Damit kann man die nötigen Heizleistungen für das von Benutzer gewünschte Temperaturfeld ermitteln.

Komplettiert wird das „virtuelle“ MSL durch die Modelle der beiden zurzeit existierenden Ofeneinsätze selbst. Das Modell der Anlage für hohe Gradienten und schnelle Abkühlprozesse ist in Fig. 3 dargestellt. Im oberen Teil des Ofens ist die Heizzone integriert, während im unteren Teil, getrennt durch eine adiabatische Pufferzone eine Wasserkühlung angebracht ist. Es handelt sich um einen Bridgman-Ofen, in dem der gerichtete Erstarrungsprozeß durch eine relative Bewegung des Ofens und der Kartusche durchgeführt wird.

Die Modelle wurden aus CAD-Daten

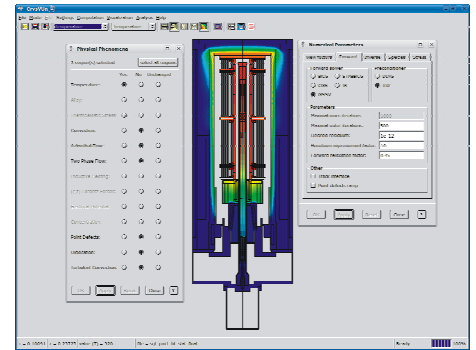


Fig. 2: Graphische Benutzeroberfläche der thermischen Modellierungssoftware CrysVUn; User interface of the thermal modeling software CrysVUn.

erstellt und enthalten alle relevanten Materialien im Ofen. Im Zuge des Projektes wurden die Modelle auch validiert, wobei mittels genetischer Algorithmen ungenaue oder fehlende Materialdaten korrigiert wurden. Dies geschah anhand mehrerer Testfälle für die verschiedenen Kartuschen. In Fig. 4 ist ein typisches Beispiel zu sehen. Hier soll die Simulation das experimentell bestimmte Temperaturprofil in der Kartusche für eine fixe Position im Ofen reproduzieren. Die gute Übereinstimmung ist offensichtlich.

Mit der erfolgreichen Validierung der thermischen Modelle der MSL-Ofeneinsätze steht den Wissenschaftlern nun ein weiteres Werkzeug zur Optimierung ihrer Experimente zur Verfügung. Damit kann man das Restrisiko eines Fehlschlagens der zeitaufwendigen und teuren Weltraumexperimente weiter reduzieren.

## Ansprechpartner

Johannes Dagner  
 Telefon: +49 (0) 9131/761-266  
 johannes.dagner@iisb.fraunhofer.de



# Simulation of Material Science-Related Experiments Aboard the International Space Station

Experimental research in a microgravity environment has a long tradition in the field of material science. The absence of gravity helps to create defined conditions for the occurring heat and mass transfer during solidification processes. This allows to validate theoretical models and to develop fundamental relations between solidification conditions and the resulting material properties.

The planned Material Science Laboratory (MSL) aboard the International Space Station (ISS) is intended to offer long-term access to such a microgravity environment. MSL consists primarily of a process chamber accommodating furnace inserts and individual experiment cartridges (see fig. 1). This way, the facility supports various materials processing techniques with different

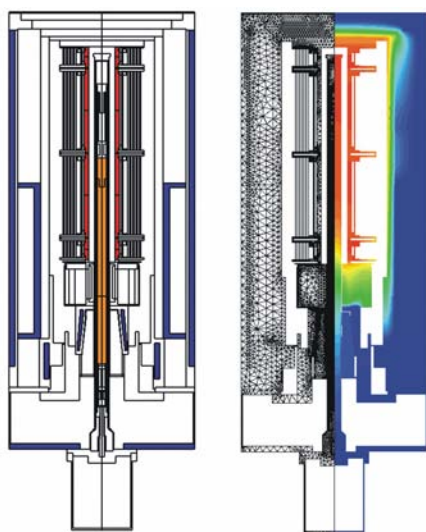


Fig. 3: Links: Skizze des thermischen Modells eines der beiden Ofeneinsätze für MSL. Die Probe selbst ist orange dargestellt, die roten Regionen sind die Heizer und blau die Wasserkühlung. Rechts: Hier ist das verwendete numerische Gitter dargestellt sowie ein beispielhaft berechnetes Temperaturfeld. Blaue Regionen haben Raumtemperatur, während rote bis über 1200 °C heiß sind;  
The left side shows the thermal model of one furnace insert for the MSL. The sample is colored in orange, while heaters are marked in red and the cooling unit in blue. On the right side, the numerical grid and a computed temperature field are depicted. Room temperature is colored in blue; the red color corresponds to 1200 °C.

thermal profiles. The foreseen experiments comprise a wide range of material systems, e.g. lightweight cast alloys like AlSiMg, or the compound semiconductor CdTe for sensor applications.

During 2005, the crystal growth department at the IISB finished a project targeted at the development of a virtual laboratory. The objective was to create a tool for predicting the thermal conditions during space experiments. This virtual laboratory is implemented using the thermal modeling software CrySVUn, developed since the end of the 90s at the crystal growth department. CrySVUn contains physical models for crystal growth and alloy solidification, among others nonlinear heat conduction and heat transfer by radiation.

The thermal simulations shall assist the scientists in the design of their individual samples cartridge assembly, definition of process parameters and post-test evaluation of their experiments. For this purpose, the software includes a graphical user interface which supports the user in performing global process simulation. This means the software uses models that contain the complete furnace with heaters, insulation, sample and cooling, as they are included in the "real" furnace. CrySVUn also provides an optimization module for finding appropriate heating powers for a desired user-defined temperature field.

The virtual laboratory is completed with the thermal models of the two currently existing furnace inserts themselves. The one for high thermal gradients and cooling rates is shown in fig. 3. The hot zone is located in the upper part, while there is a heat sink implemented below the adiabatic buffer zone. It is a Bridgman-type facility, where controlled solidification is achieved by a relative movement of the furnace insert and the samples cartridge assembly.

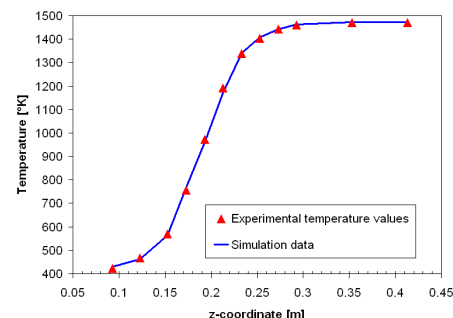


Fig. 4: Das Diagramm zeigt den Vergleich zwischen errechneten (blaue Kurve) und gemessenen Temperaturwerten (rote Dreiecke) in der Kartusche des Ofens für hohe Temperaturgradienten; The graph shows the comparison between simulated (blue curve) and measured temperatures (red triangles) in the cartridge for the high-gradient furnace.

The thermal models were built using CAD and material data and were validated against experiments. For each furnace of the MSL, several test cases for different cartridges were used. During that procedure, insecure or unknown material properties were corrected by using genetic algorithms. Fig. 4 shows a typical example of a stationary test case where the thermal model has to reproduce the temperature field given by the experiment at a fixed cartridge position. The good correlation is obvious.

With the successful validation of the thermal models, the scientists planning to use the MSL now have access to a powerful tool for optimizing their experiments. This may help to significantly reduce the risk of failure of time-consuming and expensive space experiments.

## Contact

Johannes Dagner  
Phone: +49 (0) 9131/761-266  
johannes.dagner@iisb.fraunhofer.de

# Kopplung von unterschiedlichen Softwarekomponenten für die effiziente Simulation von Konvektionsvorgängen in der Kristallzuchtung

Die Modellierung der konvektiven Wärme- und Stoffübertragung in der Kristallzuchtung bleibt eine herausfordernde Aufgabe, obwohl die zweidimensionale globale thermische Modellierung von Kristallzuchtungsanlagen und -prozessen heute ein ingenieurtechnischer Standard geworden ist. Es konnte gezeigt werden, dass der Einsatz von blockstrukturierten Netzen ein sehr effektives Verfahren ist für Fragestellungen, bei denen die konvektive Wärmeübertragung eine große Rolle spielt, wie dies zum Beispiel bei der Czochralski-Strömung der Fall ist. Allerdings ist der Nachteil einer solchen Software eine nur zum Teil mögliche Automatisierung der Datenaufbereitung (Präprozessor) und eine sinkende Konvergenzrate bei sehr komplexer Geometrie. Andererseits ist die auf einem unstrukturierten Dreiecksnetz aufgebaute Software sehr leistungsstark bei Automatisierung des Präprozessors sowie bei der Behandlung von inversen Problemen. Jedoch ist ihre Effizienz bei der Lösung von Konvektionsproblemen im Vergleich mit den strukturierten Netzen deutlich geringer.

Aus diesem Grund wurde eine neue Art der Software namens CrysMAS mit einer Kombination des blockstrukturierten und des unstrukturierten Netzes entwickelt. Das sogenannte Hybrid-Netz kann die Vorteile der beiden Verfahren in sich vereinen. Beim Hybrid-Netz werden Regionen mit Konvektion (z.B. Halbleiterschmelze und Gas) mit einer zweiten Lage des blockstrukturierten Netzes überdeckt. Für alle anderen Teile, wie Kristall, Tiegel, Heizer usw. wird nur das unstrukturierte Netz erzeugt. Für jede Transportgleichung wird in Regionen mit dem Hybrid-Netz die passende Art des Netzes automatisch gewählt. Die gestaffelte Recheniteration besteht aus einer Schleife, in deren innersten Teil der Löser für das blockstrukturierte Netz nach dem

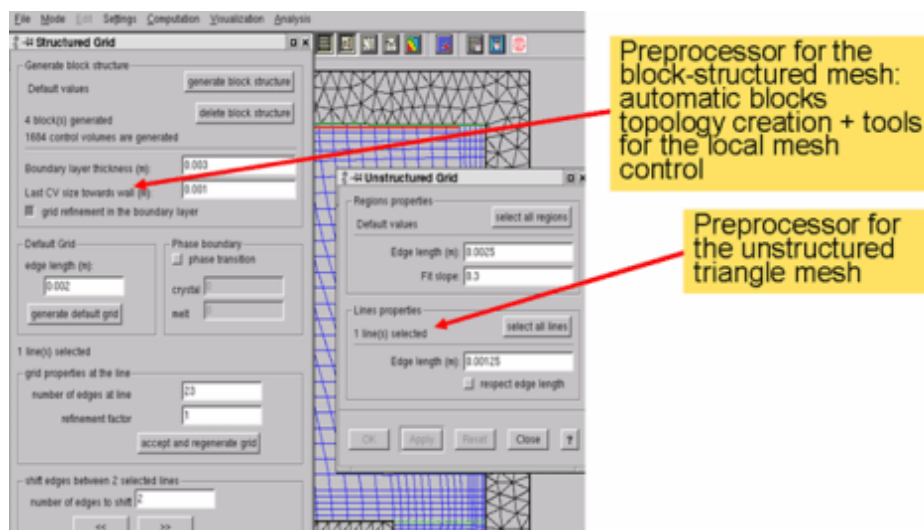


Fig. 1: Graphische Benutzeroberfläche von CrysMAS: Dargestellt sind die Bedienelemente zur Erzeugung des Hybrid-Gitters;

Graphical User Interface of CrysMAS: The elements to create the hybrid mesh are shown.

“SIP”-Verfahren arbeitet. Im äußeren Teil der Schleife werden das direkte und das inverse thermische Problem auf dem globalen Niveau gelöst. Der Ansatz des Hybrid-Modells hat seine Vorteile bereits bei Industrie-Anwendungen wie zum Beispiel der Untersuchung des Kohlenstofftransports bei der EFG-Züchtung der Si-Oktagonen oder den Einfluß von wandernden magnetischen Feldern bei der VGF-Züchtung von Halbleiterkristallen gezeigt.

In der Vergangenheit wurde für die Behandlung der Strömungen in Czochralski-Schmelzen eine getrennte 3D-Modellierung verwendet. Zu diesem Zweck wurden nur die Randdaten für die 3D-Berechnung aus dem globalen thermischen 2D-Modell übertragen, die vollständige Kopplung zwischen den getrennten 2D- und 3D-numerischen Modellen war aber nicht gegeben. Die Weiterentwicklung des oben beschriebenen Hybrid-Verfahrens wird nun ein mit dem globalen 2D-Modell völlig gekoppeltes lokales 3D-Modell ermöglichen. Dafür wird lokal ein zylindersymmetrisches 3D-Rechengebiet durch eine N-malige Drehung des 2D-blockstrukturierten Netzes um die Symmetrieachse erzeugt. Die Transportgleichungen wer-

den in 3D in zylindrischen Koordinaten formuliert. Die zeitlich und in azimuthaler Richtung gemittelten Felder werden aus den zeitabhängigen 3D-Ergebnissen direkt berechnet. Sie werden im 2D-globalen quasistationären Modell eingesetzt, um die transienten 3D-Effekte der Schmelzkonvektion zu berücksichtigen. Dieses Verfahren vereinfacht erheblich den Datenaustausch und spart den Bedarf einer 3D-Netzgenerierung.

## Ansprechpartner

Jakob Fainberg  
Telefon: +49 (0) 9131 761-231  
jakob.fainberg@iisb.fraunhofer.de

Modeling of convective phenomena in crystal growth configurations is still quite challenging. Today, the standard engineering way of modeling uses a quasi-stationary and axisymmetric, i.e. 2D global model of the whole crystal growth facility. In this context, it has been shown that the block-structured meshes are very effective for convection-dominated problems which occur for example in the Czochralski process. However, the disadvantage of such software is the conditional degree of automation of the preprocessing and the decreasing convergence rate for very complex geometries. On the other hand, software which is based on an unstructured triangulated mesh has been proven to be very powerful in terms of automation of the preprocessing and in terms of solving inverse problems, but less efficient for the treatment of convective phenomena.

Recently, a new category of software, named CrysMAS, was developed which uses a combination of block-structured and unstructured mesh, a so-called hybrid mesh, in order to benefit from the advantages of both schemes. The convective regions (melts and gases) are overlapped with a second layer of the block-structured mesh, whereas only unstructured grids are applied in all other parts (e.g. crystal, crucible, heaters, shields, insulation etc.). The mesh type is selected automatically for each transport equation. The iteration consists of the staggered loop with the run of the SIP solver in the inner part and the solution of the direct and inverse thermal problem on the global level. The hybrid approach has already demonstrated its advantages in industrial applications like analysis of the carbon transport during edge-defined film-fed growth of silicon octagons or the influence of traveling magnetic fields in vertical gradient freeze growth of semiconductor crystals.

In the past, separate 3D partial modeling was applied for the treatment of the flow in Czochralski melts. Therefore, only the boundary conditions for the 3D calculation are transferred from the global 2D model, but no real coupling of the partial 3D code and the 2D code was used. In a further development of the above mentioned hybrid approach it will be possible to have a local 3D model which is fully integrated and coupled to the global 2D model. The local cylindrically symmetric 3D domain is created by rotation of the block-structured mesh  $N$  times about the symmetry axis. The equations in 3D are formulated in cylindrical coordinates. The azimuthally and temporally averaged fields are evaluated from the time-dependent 3D results. They are used in the 2D global quasi-stationary model. This method simplifies the data exchange and omits the effort of the 3D grid generation.

## Contact

Jakob Fainberg  
Phone: +49 (0) 9131 761-231  
jakob.fainberg@iisb.fraunhofer.de

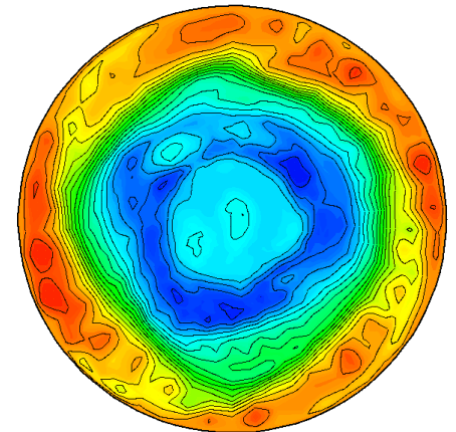


Fig. 2: Mit dem neuartigen Hybrid-Ansatz berechnete 3D-Strömung in einer Silicium-Czochralski-Schmelze. Dargestellt ist das Temperaturfeld in einem horizontalen Schnitt zu Beginn der Berechnung. Calculated instantaneous temperature distribution in the axial cut plane of the Si melt. The turbulent melt flow in the Cz setup is computed.

# Optimierung von industriellen Kristallzüchtungsprozessen durch numerische Simulation am Beispiel der Herstellung von CdZnTe-Kristallen für Infrarot-detektoren

Die thermische Modellierung von Kristallzüchtungsprozessen ist für die Industrie in den letzten Jahren ein unverzichtbares Werkzeug geworden. Dies trifft sowohl für die Anlagen- als auch für die Prozeßoptimierung zu. Mit ihrer Hilfe kann ohne langwierige und kostenintensive Versuchsreihen der Einfluß unterschiedlicher Prozeßparameter (z. B. Anlagegeometrie, Heizerleistungen, ...) auf die während der Züchtung vorherrschenden Temperatur-, Strömungs- und Konzentrationsfelder und damit auf die Kristalleigenschaften bestimmt werden. Mit der vom IISB entwickelten Softwarefamilie CrysVUn/ CrysMAS steht ein Spezialprogramm zur Verfügung, das von Kristallzüchtern für Kristallzüchter entwickelt wurde, um damit virtuelle Kristallzüchtung am normalen Arbeitsplatzrechner zu betreiben. CrysVUn/CrysMAS wird heute weltweit eingesetzt für die Optimierung der Kristallzüchtung von Si, Ge, GaAs, InP, GaN, AlN, SiC, CdTe, CaF<sub>2</sub>, MgF<sub>2</sub> und von Oxidkristallen sowie für Simulation von Erstarrungsvorgängen im Bereich der Metallurgie.

Ein typisches Einsatzgebiet für die numerische Simulation stellt die Optimierung der Produktion von CdZnTe-Kristallen dar. Einkristalline CdZnTe-Substrate dienen als Trägermaterial, um darauf epitaktisch die infrarotempfindliche HgCdTe-Schicht abzuscheiden. Derartige Schichtpakete sind das meistverwendete Material für Infrarot-Hochleistungsdetektoren. Neben der Infrarottransparenz der CdZnTe-Substrate liegt ein weiterer maßgeblicher Vorteil in der variablen Gitteranpassung zum HgCdTe. Die Materialeigenschaften der CdZnTe-Substrate, wie z.B. Verunreinigungen, Versetzungsdichte, Fremdphasen und andere Kristallfehler beeinflussen maßgeblich die Leistungsfähigkeit der Infrarot-Detektoren. Verbesserungen in der Detektorqualität konnten in den letzten Jahren immer wieder durch

die Rückverfolgung der Detektoreigenschaften bis hin zum CdZnTe-Substrat und dessen Verbesserung erzielt werden. Somit ist die Herstellung der CdZnTe-Substrate eine Schlüsseltechnologie für Infrarot-Detektoren.

CdZnTe-Kristalle (siehe Fig. 1) werden in Quarzglasampullen aus der Schmelze nach dem vertikalen Bridgman-Verfahren ohne Keimvorgabe hergestellt. Die Kristalldurchmesser betragen bis zu 80 mm. Aus den einkristallinen Bereichen der Kristalle werden <111>-orientierte Substrate präpariert, auf denen dann mittels Flüssigphasenepitaxie die Abscheidung der HgCdTe-Schichten erfolgt.

Im Rahmen eines Kooperationsprojektes mit der Firma AIM Infrarot-Module GmbH, einem der weltweit führenden Hersteller von Hochleistungsinfrarotdetektoren, wurde mit Hilfe der CrysVUn/ CrysMAS-Software ein thermisches Modell zur Züchtung von CdZnTe-Kristallen erstellt. Das Modell erfaßt die thermischen Verhältnisse unter Berücksichtigung von Wärmeleitung und Wärmestrahlung in der Kristallzüchtungsanlage. Zur Berechnung des gesamten Kristallzüchtungsprozesses werden zu verschiedenen Zeitpunkten quasistationäre Simulationsrechnungen des Temperaturfeldes durchgeführt, bei denen die durch den Kristallisationsprozeß freierwerdende latente Wärme an der Festflüssig-Phasengrenze berücksichtigt wird. Darüber hinaus wird für den Kristall die von-Mises-Spannung berechnet.

Zur Verifikation des Modells wurden in den Simulationsrechnungen die zum jeweiligen Zeitpunkt experimentell eingestellten Heizertemperaturen vorgegeben und damit das Temperaturfeld berechnet. Zum Vergleich zwischen Experiment und Simulation dienen während des gesamten Zuchtprozesses mitprotokollierte Temperaturdaten an der unteren

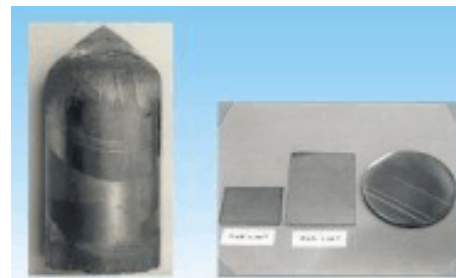


Fig. 1: CdZnTe-Kristall (links) und CdZnTe-Substrate (rechts). Quelle: AIM Infrarot-Module; CdZnTe-crystal (left) and CdZnTe-substrates (right). Source: AIM Infrarot-Module.

ren Quarzampullenspitze. Fig. 2 zeigt eine gute Übereinstimmung zwischen den gemessenen und berechneten Temperaturen. Darüber hinaus ergibt sich eine Korrelation zwischen einem Anstieg der berechneten von-Mises-Spannung im Kristall und dem experimentell beobachteten Auftreten von Rissen im Kristall bei bestimmten Prozeßführungen am Ende des Kristallwachstums.

Nach der Verifikation wurde das Modell eingesetzt, um Optimierungsvorschläge für den Kristallzüchtungsprozeß zu erarbeiten. Basierend auf diesen Optimierungsvorschlägen konnte die Prozeßzeit deutlich verkürzt werden. Dies ist ein weiterer Beleg dafür, daß die numerische Simulation ein wichtiges Werkzeug für die Entwicklung und Optimierung von Kristallzüchtungsprozessen ist.

## Ansprechpartner

Dr. Jochen Friedrich  
Telefon: +49 (0) 9131 761-269  
jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de



Thermal modeling of crystal growth processes has become an indispensable tool for industry over the last years. This applies to the optimization of the growth facilities as well as of the processes. The influence of different process parameters (e.g. geometry, heater power, ...) on the temperature, flow, and concentrations fields present during growth and thus, on the crystal properties, can be determined with the help of modeling instead of time and money-consuming experimental studies. With CrysVUn/CrysMAS, a tailored crystal growth program is available at IISB, which was developed from crystal growers for crystal growers to perform virtual crystal growth on the personal computer. Today, CrysVUn/CrysMAS is used world-wide to optimize the growth of Si, Ge, GaAs, InP, GaN, AlN, SiC, CdTe, CaF<sub>2</sub>, MgF<sub>2</sub> and of oxide-crystals as well as for modeling of solidification processes in metallurgy.

A typical field of application for numerical simulation is the optimization of the production of CdZnTe crystals. On the single-crystalline CdZnTe wafer, a HgCdTe layer, which is extremely sensitive to infrared radiation, is epitaxially grown. Such a layer stack is the most commonly used material for high-performance infrared detectors. In addition to its transparency to infrared light, a further advantage of CdZnTe substrates is the variable lattice match to HgCdTe. The material properties of CdZnTe substrates such as e.g. impurities, dislocation density, inclusions, and other crystal defects have a strong impact on the performance of the infrared detectors. In the past, improvements in the quality of the detector were achieved mainly by tracing back the properties of the detectors to the CdZnTe substrate and its optimization. Thus, the production of the CdZnTe crystals is a key technology for infrared detectors.

CdZnTe crystals (see fig. 1) are grown from the melt by the Vertical Bridgman technique, and without using seeds in fused silica ampoules. The crystal diameter is up to 80 mm. <111>-oriented substrates are prepared from the single-crystalline regions of the grown crystals, on which HgCdTe layers are grown by Liquid Phase Epitaxy.

In the frame of a collaboration with the company AIM Infrarot-Module GmbH, one of the world's leading suppliers of high performance infrared detectors, a thermal model for the growth of CdZnTe crystals was developed by using the CrysVUn/CrysMAS software. The model considers the thermal conditions taking into account heat conduction and radiation in the whole growth facility. For the simulation of the whole growth process, quasi-stationary computations of the temperature field, in which the release of latent heat at the solid-liquid interface is considered, were carried out for different process times. Furthermore, the von Mises stress in the crystal is computed.

In order to verify the model, the heater temperatures measured in the experiments were used as input parameters in the simulation, and this way the thermal field was computed. For comparison between experiment and simulation, temperature data measured at the bottom of the silica ampoule during the whole growth process were used. Fig. 2 shows a good agreement between the computed and measured temperatures. Furthermore, the increase of the von Mises stress in the crystal is correlated with the occurrence of cracks which are observed experimentally under certain process conditions at the end of the growth run.

After the validation the model was used to elaborate proposals for optimization of the growth process. Based on the proposals the process time could be

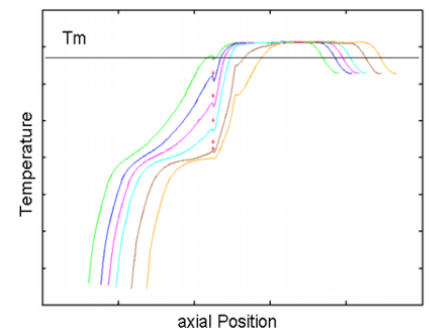


Fig. 2: Numerisch berechnete Temperaturverteilung entlang der Symmetrieachse für sechs unterschiedliche Prozeßzeiten. Zusätzlich ist die an der Tiegelspitze gemessene Temperatur in Form von roten Punkten eingezeichnet. Die Abweichung zwischen gemessener und berechneter Temperatur beträgt maximal 27 K; Numerically calculated temperature distribution along the symmetry axis for six different process times. In addition, the temperatures measured at the bottom of the ampoule are shown as red dots. The deviation between experiment and simulation is less than 27 K.

significantly reduced. This is a further example of how important numerical simulation is for the development and optimization of crystal growth processes.

## Contact

Dr. Jochen Friedrich  
Phone: +49 (0) 9131 761-269  
jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

## Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Leistungselektronische Systeme

Das Jahr 2005 markierte ein außergewöhnlich ereignisreiches und erfolgreiches Jahr in der noch jungen Geschichte der Abteilung.

Eines der herausragenden Ereignisse war zweifellos die offizielle Eröffnung des »Zentrums für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik - ZKLM« am 10. Juni 2005 in Nürnberg. Mit dieser Einrichtung konnte das IISB seine Position als führender F&E-Dienstleister im Bereich leistungselektronischer Komponenten für die Fahrzeugtechnik nachhaltig festigen. Wie keine andere unabhängige Forschungseinrichtung in Europa bietet das IISB auf diesem Gebiet seinen Kunden neben umfassender Systemkompetenz alle Entwicklungsdienstleistungen bis hin zur Realisierung von kundenspezifischen Prototypen an.

Die Öffentlichkeitsarbeit in 2005 umfaßte u.a. die Beteiligung an sechs Messen und Ausstellungen, drei Fachseminare aus der peak-Reihe, Vorträge auf internationalen Konferenzen, die Mitwirkung an der „Langen Nacht der Wissenschaft“ und die Betreuung mehrerer bayerischer Gymnasien im Rahmen wissenschaftlicher Schülerwettbewerbe. Darüber hinaus wurden in Kooperation mit namhaften Partnern wie Bayern-Innovativ, ECPE, VDE-ETG und DLR drei Fachtagungen zur Leistungselektronik veranstaltet.

Der Hans-Georg-Waeber Innovationspreis 2005 ging an ein Entwicklungsteam aus vier Ingenieuren, an je zwei Mitarbeiter aus der Abteilung Leistungselektronische Systeme und der Firma Semikron, für die Entwicklung eines neuartigen isolierenden Gate-Treibers. Im gleichen Jahr wurde auch das Patent auf diese Entwicklung erteilt.

Die Arbeitsschwerpunkte der Abteilung spiegeln sich in der Gruppenstruktur wider. Die Gruppe »Leistungswandler« befaßt sich mit der Entwicklung extrem kompakter und hoch effizienter elektrischer Wandler. Die Gruppe »Antriebe und Mechatronik« verfolgt die Vision einer strukturflexiblen, robusten Leistungselektronik, die in beliebige Zielanwendungen, z.B. auch in komplex geformte Maschinenteile integrierbar ist.

Um eine wirkungsortgerechte Systemintegration mit der erforderlichen Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit realisieren zu können, müssen traditionelle Schnittstellen zwischen der Elektronik und Mechanik beseitigt und neue Technologien im Bereich der Bauelemente, der Materialien, sowie der Aufbau-, Verbindungs- und Kühltechnik entwickelt werden.

Dazu hat die Abteilung Roadmaps erarbeitet, entlang derer die entsprechenden Schlüsseltechnologien entwickelt werden. Erfolgte dies in den ersten Jahren überwiegend in Form von Eigenforschung bzw. im Rahmen bilateraler Industrieprojekte, konnten die Grundlagenarbeiten in 2005 durch eine Reihe von akquirierten Forschungsprojekten auf eine – auch personell - breitere Basis gestellt werden: So werden in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente der Universität Erlangen im Rahmen des DFG-Sonderforschungsbereichs 694 in den kommenden Jahren neue Materialien und Fertigungstechnologien für formflexible induktive Bauelemente untersucht.

Im EU-Projekt HOPE (High Density Power Electronics for Fuel Cell and ICE-Hybrid Electric Vehicle Powertrains) entwickelt das IISB neue Integrationskonzepte für Leistungselektronik in thermisch hochbelasteten Umgebungen, aber auch Hochleistungsschaltzellen auf der Basis von SiC-Bauelementen.

Im BMBF-Projekt „ProMoLES“ werden neue Konzepte und Richtlinien zur montagegerechten Gestaltung leistungselektronischer Baugruppen untersucht, sowie Möglichkeiten des technischen Kopierschutzes.

Im Rahmen einer wirtschaftsorientierten strategischen Allianz (WISA) mit drei weiteren Fraunhofer-Instituten entwickelt die Abteilung Basistechnologien für extrem kompakte und effiziente elektrische Leistungswandler. Die Arbeiten an dem entsprechenden Demonstrator, ein 100 kW DC/DC-Wandler im Notebook-Format, kamen 2005 plangemäß voran.

Im unteren Leistungsbereich werden extrem kompakte Netzteile für Flachbildschirme und LCD-Fernsehgeräte entwickelt. Drei Wissenschaftler von den chinesischen Universitäten Tongji, Nanjing (NUAA) und Xi'an unterstützen diese Arbeiten im Rahmen eines zweijährigen Gastaufenthalts am IISB.

Das IISB ist »Competence Center Automotive« von ECPE und entwickelt im Auftrag dieses Netzwerks führender europäischer Elektronikunternehmen eine elektrische Antriebseinheit mit integrierter Leistungselektronik für Hybridfahrzeuge.

Darüber hinaus entwickelt und liefert das IISB Komponenten für Forschungsfahrzeuge und konnte damit 2005 zu erfolgreichen ersten Testfahrten von zwei Brennstoffzellenfahrzeugen verschiedener Projektpartner beitragen. Eines dieser Fahrzeuge erlebte seine offizielle Präsentation auf der Motor Show in Tokio.

## Ansprechpartner

Dr. Martin März  
Telefon: +49 (0) 9131 761-310  
martin.maerz@iisb.fraunhofer.de



## Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials of the Department of Power Electronic Systems

The year 2005 marks an exceptionally eventful and successful year in the still young history of the department of power electronic systems.

One of the outstanding events was undoubtedly the official opening of the »Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics - ZKLM« in Nuremberg on June 10th, 2005. With this facility, the IISB was able to consolidate its position as a leading provider of R&D services in the field of power electronic systems for vehicle applications. Like no other independent R&D institution in Europe, the IISB offers its customers – aside from an extensive system competence - all engineering services up to the realization of custom-designed prototypes.

The public relation activities in 2005 comprised among others: the participation in six fairs and exhibitions, three expert seminars, three papers on international conferences, the participation on the "Long Night of the Science", and the support of several Bavarian high schools in scientific competitions. Moreover, three workshops and seminars on power electronics were organized in cooperation with well-known partners like VDE-ETG, DLR, Bayern-Innovativ and ECPE.

The Hans-Georg Waeber innovation price 2005 was awarded to a team of four engineers - two experts from the power electronics department and two from the company Semikron - for the development of a new kind of insulating gate driver for power semiconductors. The patent on this development was assigned in the same year as well.

The main fields of work of the department are reflected in the group structure. The »Power Conversion« group focuses on the development of ultra-compact and highly efficient electronic power converters. The group »Drives and Mechatronics« aims at realizing the vision of a structure flexible, rugged power electronics that can be integrated into any application - even into complexly shaped machine elements.

Essential to a sophisticated system integration of electronics and mechanics is the elimination of traditional interfaces between both worlds. In order to meet reliability and economic targets, new technologies in the fields of materials, electronic components, assembly, interconnections and cooling must be developed.

For that, the department has worked out roadmaps, along which the corresponding key technologies are being developed. While this happened mostly in the context of self-financed research or within bilateral industry projects in the first few years, the basic research work could be expanded to a wider basis – even concerning staff capacity - in 2005, by several acquired research projects: In cooperation with the chair of electronic devices at the University Erlangen-Nuremberg, new materials and production technologies for structural flexible inductive components will be developed in the context of the DFG-Sonderforschungsbereich 694 within the next years.

In the EC project HOPE (High Density Power Electronics for Fuel Cell and ICE-Hybrid Electric Vehicle Powertrains) the IISB develops new concepts for the integration of power electronics into thermally high loaded environments, as well as low parasitic commutation cells for fast switching silicon carbide power semiconductors.

In the BMBF project "ProMoLES" new concepts and design guidelines for an improved manufacturability of power electronics sub-assemblies are examined, as well as technical possibilities for copy protection.

In the context of an industry oriented strategic alliance (WISA) with three other Fraunhofer institutes, basic technologies for extremely compact and efficient electrical power converters are developed at the department. The work on the corresponding project demonstrator, a 100 kW DC/DC converter in notebook format, progressed as scheduled in 2005.

In the lower power range, ultra-compact power supplies for flat screens and LCD television sets are developed. Three guest scientists from the Chinese Universities of Tongji, Nanjing (NUAA) and Xi'an support this work in the context of a two-year BMBF project at the IISB.

The IISB further is »Competence Center Automotive« of the ECPE, and develops a system integrated drive for hybrid traction by order of this network consisting of more than 20 leading European companies.

Moreover, the IISB develops and provides power electronics components for several research vehicles, and could in that way contribute to successful first test drives of two hydrogen fuel cell vehicles of different project partners. One of these vehicles was officially presented at the Tokyo Motor Show 2005.

## Contact

Dr. Martin März  
Phone: +49 (0) 9131 761-310  
martin.maerz@iisb.fraunhofer.de

Aufgabe der Leistungselektronik ist die Bereitstellung elektrischer Leistung in der von den vielfältigsten Verbrauchern individuell benötigten Form. Die Anforderungen moderner Verbraucher an die Qualität der Versorgungsspannung wachsen dabei stetig. Moderne digitale Hochleistungsschaltkreise beispielsweise fordern die Einhaltung der Versorgungsspannung innerhalb eines Toleranzbandes von nur wenigen zehn Millivolt Breite. Dies gilt auch bei extremen Sprüngen im Stromverbrauch, wie sie beim Umschalten von einem stromsparenden Stand-by-Modus auf volle Rechenleistung mit Steilheiten von bis zu 100 A/ns auftreten können. Generell soll die Umwandlung elektrischer Leistung mit möglichst hohem Wirkungsgrad erfolgen und der Wandler selbst möglichst wenig Bauraum beanspruchen.

Dieses immer anspruchsvollere Anforderungsprofil erzwingt in allen Spannungs- und Leistungsbereichen Schritte hin zu höheren Schaltfrequenzen. Während Spannungswandler im Niederspannungsbereich heute bereits mit Schaltfrequenzen jenseits von einem Megahertz betrieben werden, schränken bei Spannungen oberhalb von etwa 100 V die dynamischen Eigenschaften der verfügbaren Leistungshalbleiter die sinnvoll nutzbaren Schaltfrequenzen sehr stark ein.

Aus diesem Grund verfolgt die Gruppe „Leistungswandler“ am Fraunhofer IISB für Hochspannungsanwendungen konsequent mehrphasige Wandlerkonzepte. Dabei wird der Spannungswandler in eine Anzahl von  $n$  Teilwandlern zerlegt, die phasenversetzt betrieben werden. Durch die Überlagerung der Ströme bzw. Spannungen der Teilwandler ergibt sich an den meisten passiven Bauelementen des Wandlers eine Grundfrequenz in Höhe der  $n$ -fachen Schaltfrequenz. Ohne Erhöhung der



AC  
DC

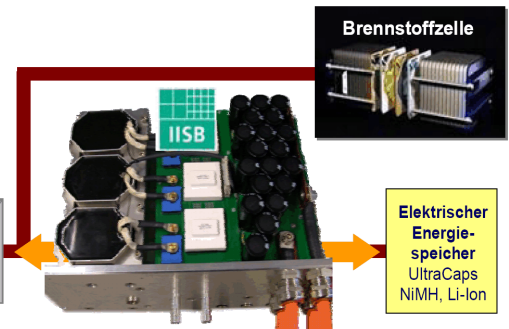


Fig. 1: Erste Probefahrt des Brennstoffzellenhybridfahrzeugs HyLite<sup>®</sup> des DLR in Stuttgart mit Leistungselektronik aus dem Fraunhofer IISB (Februar 2005); First test run of the fuel cell hybrid car HyLite<sup>®</sup>, a project of the DLR in Stuttgart. The vehicle is equipped with a high-power DC/DC converter from the Fraunhofer IISB.

tatsächlichen Schaltfrequenz lassen sich auf diese Weise das Bauvolumen der passiven Bauelemente (Induktivitäten, Kapazitäten), deren Gewicht und Kosten drastisch reduzieren. Da das Gesamtvolumen eines Wandlers im allgemeinen von den passiven Bauelementen bestimmt wird, liegt in diesem Ansatz ein sehr wirksamer Hebel zu Erhöhung der Leistungsdichte.

Auf diesem Konzept basierend wurde eine Familie von nichtisolierenden DC/DC-Wandlern für den Einsatz im Antriebsstrang von Brennstoffzellen- und Hybridfahrzeugen entwickelt. Der Leistungsbereich reicht von 20 bis 75 Kilowatt, der Spannungsbereich bis 450 V. Durch die Mehrphasigkeit konnte trotz der hohen Leistungsdichte von 5 kW/Liter ein Wirkungsgrad von über 97% über einen weiten Lastbereich realisiert werden.

Inzwischen sind mehrere dieser Wandler in verschiedenen Versuchsfahrzeugen unserer Partner aus der Forschung und Automobilindustrie erfolgreich im Einsatz (vgl. Fig. 1).

Nächstes Ziel ist ein neuer Benchmark bezüglich Leistungsdichte und Wirkungsgrad. Dazu soll unter dem Motto „100 kW im Notebook-Format“ die Leistungsdichte auf 25 kW je Liter Bauvolumen erhöht werden. Diese Entwicklung ist Teil des Projekts „Leistungselek-

tronik für kompakte und effiziente Energiewandlung“ im Rahmen einer wirtschaftsorientierten strategischen Allianz (WISA) von vier Fraunhofer-Instituten.

Die dem Ziel entsprechende Reduzierung des Bauvolumens um den Faktor fünf gegenüber heutigen Lösungen ist mit herkömmlichen Bauelementen und Aufbautechniken nicht mehr realisierbar. Deshalb wurde im ersten Projektjahr 2005 ein völlig neues Gesamtkonzept für entsprechende Hochleistungs-DC/DC-Wandler entwickelt. Für den Demonstrator kommen modernste SiC-Leistungshalbleiter sowie speziell entwickelte passive Bauelemente und Mikrokühler zum Einsatz. Eine neue voll-digitalisierte Steuereinheit hält den Hardwareaufwand im Steuerteil auch bei einem hochphasigen Wandler in Grenzen. Fig. 2 zeigt die Konstruktion des 100 kW-Wandlers, der sich derzeit im Aufbau befindet, und bis Mitte 2006 einsatzfähig sein soll.

## Ansprechpartner

Bernd Eckardt  
Telefon: +49 (0) 911 23568-23  
bernd.eckardt@iisb.fraunhofer.de

## Highly Efficient and Compact DC/DC Converters

The main task of power electronics is to provide electrical energy according to the individual requirements of different loads. The demands of modern electronics on the quality of the electrical power are increasing steadily. Modern high-performance logic ICs, for instance, require to keep the supply voltage within a tolerance range of only a few millivolt. This must be ensured even in the case of extreme supply current steps, which can occur with slew rates of up to 100 A/ns while switching from an energy saving stand-by mode to full computing power. In general, the efficiency of electrical power conversion should be as high as possible while the converter itself should preferably require only a small package volume.

Such an increasingly ambitious set of requirements forces the development of higher switching frequencies in all voltage and power ranges. While DC/DC converters can be operated with switching frequencies of more than one megahertz within the low voltage range, the dynamic characteristics of available power semiconductors limit the possible switching frequencies in the voltage range above 100 V.

In order to overcome this limitation, the Fraunhofer IISB team dedicated to research in the field of power converters develops multi-phase converter topologies for high-voltage applications. Such a converter is divided into a number of  $n$  sub-converters, which are operated phase-shifted from each other. The overlapping of currents or voltages of the sub-converters causes a fundamental frequency, which is  $n$  times the switching frequency.

Without raising the actual switching frequency, the size of passive devices like inductors and capacitors as well as their weight and cost can be reduced significantly. As the overall volume of a

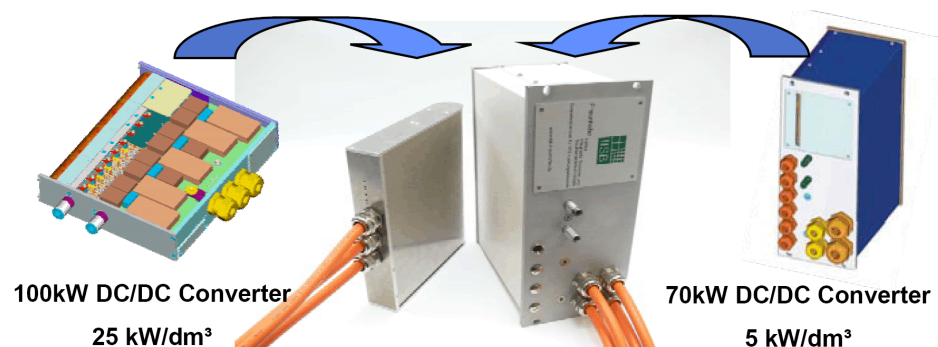


Fig. 2: DC/DC-Wandler-Prototypen des IISB. Auf der linken Seite der neu entwickelte 100 kW-Wandler, auf der rechten Seite der vorhergehende 70 kW-Wandler; DC/DC converter prototypes of the IISB. On the left hand side is the new 100 kW converter, on the right hand side a state-of-the-art 70 kW converter.

converter is usually determined by its passive devices, this approach offers an effective possibility to increase power density.

Based on this concept, a family of non-isolating DC/DC converters was developed for the use within the power trains of fuel cell- and hybrid vehicles. The power transfer capability ranges from 20 to 75 kilowatt and the voltage range goes up to 450 V. Through the use of a multi-phase approach, an efficiency of over 97% could be achieved over a wide load range, despite the high power density of 5 kW/liter.

Meanwhile several of these converters are being used successfully in different test vehicles by our partners from research and automobile industry (see fig. 1).

Our next aim is a new benchmark with regard to power density and efficiency. The power density is supposed to be increased to 25 kW per liter of volume, according to the motto "100 kW in notebook format". This development is part of the project "power electronics for compact and efficient energy conversion", which is carried out by an alliance of four Fraunhofer Institutes.

A further reduction of volume by a factor of 5, necessary to reach this benchmark in power density, cannot be

achieved with conventional devices and mounting techniques. Therefore a completely new concept for highly efficient and compact DC/DC converters has been developed at the IISB.

Latest SiC power semiconductors, as well as newly developed passive components and micro coolers, are used for the demonstrator. Moreover, a new fully digitized control unit reduces the expenditure of control hardware, even for high-phase converters. Fig. 2 shows the construction of the converter, which is being developed at the moment and will be ready for use in 2006.

### Contact

Bernd Eckardt  
Phone: +49 (0) 911 23568-23  
bernd.eckardt@iisb.fraunhofer.de

Schon ein flüchtiger Blick auf heutige leistungselektronische Baugruppen offenbart eine Reihe von gravierenden Problemen: Sperrige Bauelemente mit völlig uneinheitlichen Bauformen führen zu sehr viel Totvolumen, sie machen die Baugruppen unhandlich und in viele Anwendungen nicht integrierbar. Schwer automatisierbare Montageprozesse treiben die Kosten in die Höhe. Die Betriebstemperaturbereiche der einzelnen Bauelemente unterscheiden sich stark, und die schwächsten Glieder der Kette, meist Kondensatoren und optische Bauelemente, schränken den Einsatztemperaturbereich der gesamten Baugruppe erheblich ein.

Im Ergebnis erfordert dies häufig eine Auslagerung der Leistungselektronik, wie z.B. in einen Netzadapter beim Notebook. Dem stehen aber vielfach Mobilitäts- und Komfortansprüche entgegen. Betrachtet man moderne Produktionsmaschinen oder Pkw, so ist der verfügbare Bauraum nicht nur begrenzt, sondern meist auch noch stark zerklüftet. Nur die Leistungsdichte zu steigern, reicht hier nicht aus. Gelingt es aber, die traditionellen Schnittstellen zwischen Elektronik und Mechanik aufzulösen und z.B. einen Umrichter zum integralen Bestandteil eines Elektromotors zu machen, oder die Stromversorgung zum Teil eines komplex geformten Produktgehäuses, so eröffnen sich gänzlich neue Systemlösungsmöglichkeiten.

Die Gruppe „Antriebe und Mechatronik“ des IISB arbeitet am Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik (ZKLM) in Nürnberg an der Vision einer strukturflexiblen, robusten Leistungselektronik, die auch in komplexe Maschinenelemente integrierbar ist. Dazu werden neue Konzepte für eine dreidimensionale Integration entwickelt, neuartige passive Bauelemente (Spulen, Kondensatoren) und zuverlässige

gere Aufbau- und Verbindungstechnologien.

Die heute übliche funktionale Trennung in Form einer Zuordnung jeder Schaltplanfunktion zu einer diskreten Komponente im Aufbau soll zukünftig durch eine multifunktionale Integration ersetzt werden, bei der einzelne Strukturelemente mehrere Funktionen, z.B. für Stromleitung, Kontaktierung, Entwärmung und EMV-Filterung übernehmen. Große und noch weitgehend unausgeschöpfte Potentiale liegen hier beispielsweise im Einsatz funktional gefüllter Kunststoffe.

Der häufigste Einwand gegen eine wirkungsortgerechte Integration von Leistungselektronik (mechatronische Systemintegration) sind die oft hohen Temperaturen und Temperaturwechselbelastungen in einem Maschinenumfeld. Hier herrscht tatsächlich noch erheblicher Forschungsbedarf. Mit neuen Materialien und Verbindungstechnologien, an denen die Forscher des IISB mit Partnern von Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen intensiv arbeiten, erscheinen die Probleme aber lösbar. Langfristig werden integrierte Lösungen durch den reduzierten Materialeinsatz und Montageaufwand nicht nur kostengünstiger herstellbar sein, sie werden durch den Wegfall vieler elektrischer und mechanischer Schnittstellen sogar noch zuverlässiger werden.

Mit der Auflösung klarer Schnittstellen zwischen der Elektronik und Mechanik erwachsen aber auch neue Herausforderungen. So ist die Entwicklung mechatronisch integrierter Leistungselektronik von einem einzelnen Ingenieur nicht mehr leistbar. Am Fraunhofer IISB/ZKLM arbeitet deshalb ein interdisziplinäres Entwicklungsteam aus Ingenieuren der Elektrotechnik, des Maschinenbaus und der Werkstoffwissenschaften.

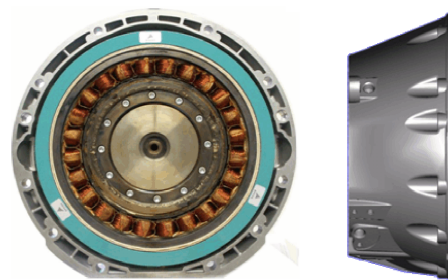


Fig. 1: Elektrische Antriebseinheit für einen Hybridantrieb. Der Elektromotor (50kW) ist mit der gesamten erforderlichen Leistungselektronik in eine Pkw-Kupplungsglocke integriert; Electrical drive unit for a hybrid vehicle. The electric motor (50kW) is integrated in the clutch-box of a passenger car together with the power electronics.

Diese Gruppe konnte 2003 den ersten Umrichtermotor für einen Kfz-Hybridantrieb vorstellen, der weltweit Aufmerksamkeit erregt hat. Bei diesem System der ersten Generation war die Antriebseinheit noch in einem eigenen Gehäusering untergebracht. Da jedoch die Verlängerung des Antriebsstrangs konstruktive Probleme im Pkw verursacht, bestand der dringende Wunsch nach einer bauraumneutralen Lösung.

Die Forscher des IISB haben sich für eine Integration der Elektronik zusammen mit dem Elektromotor in die Kupplungsglocke entschieden – einen Ort, an den bis dato niemand gedacht hatte. Doch dies bedeutete nochmals eine erhebliche Verschärfung der Anforderungen, denn der verfügbare Bauraum bestand jetzt nur mehr aus einem schmalen Torus mit dreiecksförmigem Querschnitt, der zwischen dem Elektromotor und dem konusförmigen Gehäuse verblieb. Dieser Bauraum ist zudem durch Versteifungsstege und Anschraubpunkte des Getriebes zerklüftet.

Aufbauend auf ihren umfangreichen Erfahrungen im Bereich der 3D-Integration von Leistungselektronik gelang es den Forschern, diese Herausforderung zu meistern und einen Umrichter mit einer Scheinleistung von 100 kVA in ein Bauvolumen von nur 1,3 Liter zu inte-



Several serious problems of modern power electronics are clearly visible at the first glance: bulky devices with completely nonuniform structural shapes result in large dead volume and cause unwieldy modules that cannot be integrated into many applications. Assembly processes that are difficult to automate are the cause of increased overall costs. The individual electronic components vary greatly in their operating temperature, while the most susceptible ones, mostly capacitors and optical devices, limit the working temperature range for the whole electronic system.

As a result, power electronics often needs to be outsourced, e.g. in the adaptor for a notebook, but this is often in conflict with mobility and convenience demands. Considering many applications in machines and vehicles, the package volume is not only limited but also pretty cleft. Therefore, it is not sufficient to increase only the power density. New system solutions can only be developed by resolving traditional interfaces between electronics and mechanics, e.g. by integrating an inverter into an electric motor or the power supply into a complex-shaped machine housing.

The IISB group "Drives and Mechatronics" at the Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics (ZKLM) in Nuremberg researches to realize the vision of structurally flexible and robust power electronics which can be integrated even into complex machine elements. For that, new concepts for a three-dimensional integration of electronics, as well as new passive devices (inductors, capacitors) and more reliable packaging and interconnection technologies are being developed. The presently common functional separation, in which each schematic element is assigned to a discrete component,

will be replaced by a multifunctional integration in future. Single structural elements will then take up several functions at once, e.g. for electrical contacting and interconnection, cooling and EMI filtering. Great and mostly untapped potentials in this respect lie for example in the use of functionally filled polymers.

The most common objections against a system integration of power electronics (mechatronic system integration) are based on the often high temperatures and the power cycling within a machine environment. In fact there is still an urgent need for research in this field. However, with new materials and packaging technologies, the problems IISB researchers and their partners from university and other research facilities are facing seem solvable. In long terms, integration will not only lead to cheaper production because of reduced material usage and assembly effort, but will also pay off in increased reliability due to the absence of many electrical and mechanical interfaces.

On the other hand, the dissolving of distinct interfaces between electronics and mechanics also poses new challenges. The development of mechatronically integrated power electronics can no longer be accomplished by single engineers. For this reason, an interdisciplinary research team consisting of electrical and mechanical engineers as well as of material scientists works at the Fraunhofer IISB/ZKLM. This team was able to present the first inverter motor for a hybrid vehicle, which called world-wide attention in 2003.

Within this first-generation system, the drive unit was still accommodated in a separate casing ring. Since any extension of the power train causes serious construction problems for the vehicle, a solution which is neutral with respect to the required space had to be found.

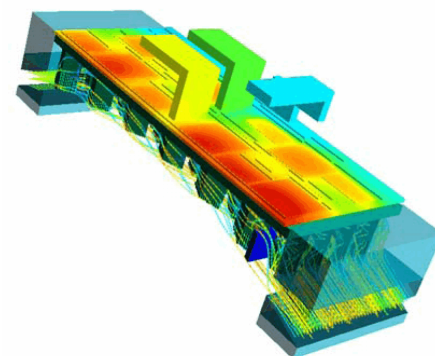


Fig. 2: Strömungssimulation der Kühlverhältnisse an einem Leistungsmodul des Umrichter-motors; Heat flow optimization using a 3D CFD (Computational Fluid Dynamics) software tool.

The researchers at the IISB decided to integrate both the electric motor and the power electronics into the clutch box of a passenger car - a place hitherto unconsidered by former researchers. However, this led to even higher requirements, since the available installation space which was left between the electric motor and the cone-shaped housing consisted only of a narrow torus with triangular cross section. Additionally, this installation space was cleft by studs and ribs.

Building on their extensive experience with the 3D-integration of power electronics, the researchers were able to cope with this challenge. With the integration of a 100 kVA inverter into an installation space of only 1.3 liters - resulting in a power density of 75 kVA/dm<sup>3</sup> - the group could set a new world-wide benchmark, valid even for conventionally built power electronics.

This second generation of electrical drive units (s. fig. 1), introduced in 2005, was developed by order of the industrial network ECPE. More than 20 companies, among them well-known European electronic groups, are associated in this network.

Only one example from the number of

grieren. Die daraus resultierende Leistungsdichte von  $75 \text{ kVA/dm}^3$  setzt derzeit weltweit einen Benchmark - auch für konventionell aufgebaute Leistungselektronik.

Diese 2005 vorgestellte elektrische Antriebseinheit der zweiten Generation (Fig. 1) wurde im Auftrag des Industriernetzwerks ECPE entwickelt. Diesem Verbund gehören rund 20 Firmen an, darunter namhafte Elektronikkonzerne.

Ein Beispiel aus der Vielzahl innovativer Detaillösungen in diesem System ist der neu entwickelte, ringförmig ausgebildete Zwischenkreiskondensator (s. türkisen Ring in Fig.1). Dieser ermöglicht zusammen mit einer konzentrischen, koaxialen Anschlußtechnik ein nahezu perfekt symmetrisches Schalten der drei Phasenmodule. Durch die innovative Bauform werden mehrere Funktionen gleichzeitig in hervorragender Weise erfüllt: eine optimale Ausnutzung des verfügbaren Bauraums, optimale elektrische Eigenschaften und eine effektive Entwärmung in Richtung des Wasserkühlmantels zwischen Elektromotor und Leistungselektronik.

Durch eine funktionale Mehrfachnutzung der Wickelkopfabgänge übernehmen diese nicht nur die Motorstromzuführung, sondern ermöglichen durch ihre Ausgestaltung zusätzlich eine Strommessung und bilden eine Wärmesenke als Bestandteil der Kühlstrategie.

Die Entwärmung eines Systems mit dieser Leistungsdichte stellt eine besondere Herausforderung dar. Aufgrund der geringen thermischen Reserven der elektronischen Bauelemente mußten konstruktive Lösungen für eine enge thermische Ankopplung der gesamten Elektronik an den kältesten Teil des Systems, den Kühlwassermantel mit max.  $105^\circ\text{C}$ , gefunden werden. Besonders zu betrachten war die Kühlung des Zwischenkreiskondensators, da hier die

geringsten Reserven bezüglich Temperaturfestigkeit vorliegen. Basierend auf detaillierten 3D-CFD-Simulationen (vgl. Fig. 2) konnte ein ausgeglichener thermischer Haushalt für das Gesamtsystem sichergestellt werden.

Derzeit arbeiten die Forscher am ZKLM daran, die Zuverlässigkeit des Umrichter-motors zu steigern. Untersucht wird beispielsweise, wie die einzelnen Bauteile und Verbindungen auf thermische Belastung reagieren. Schließlich ist der Motor mit der Elektronik direkt an den Kühlwasserkreislauf des Fahrzeugs angeschlossen und wird künftig während eines Autolebens mehr als 10.000-mal auf über  $100^\circ\text{C}$  erwärmt und anschließend wieder abgekühlt werden. Das macht insbesondere Verbindungen zwischen verschiedenen Materialien mühsam, da sich die beteiligten Werkstoffe unterschiedlich ausdehnen.

Die Forscher am IISB/ZKLM gehen davon aus, daß entsprechende systemintegrierte Antriebslösungen in der übernächsten Generation von Hybridfahrzeugen ab 2012 zum Einsatz kommen werden.

Heute ist zweifellos die Automobiltechnik der Technologietreiber im Bereich der Systemintegration. Die dafür erarbeiteten Innovationen werden aber auch völlig neue Lösungen im Bereich der industriellen Antriebstechnik und der Robotik - hier speziell auch der Service-Robotik - ermöglichen.

### **Ansprechpartner**

Markus Billmann  
 Telefon: +49 (0) 911 23568-20  
[markus.billmann@iisb.fraunhofer.de](mailto:markus.billmann@iisb.fraunhofer.de)



innovative solutions within this system is the newly developed, ring-shaped DC-link capacitor (s. cyan ring in fig. 1). In combination with a concentric, coaxial connection, the ring-shaped capacitor enables a nearly perfect symmetrical switching of the three phase modules. The innovative design perfectly fulfills several functions at once: optimal use of the available installation space, optimal electrical characteristics and effective cooling by the water cooling jacket between the electric motor and the power electronics.

Through a multifunctional design of the stator winding terminals, they not only take over the electrical interconnection, but comprise a current sensor and form a heat sink as part of the cooling strategy.

The cooling of a system with such a power density is a challenge in itself. Because of the low thermal reserves of most electronic devices, new thermal management solutions had to be developed. One essential aspect in this context was a close thermal coupling of the whole electronics to the coldest part of the system, i.e. the water jacket with a maximal temperature of 105°C. Especially the cooling of the DC-link capacitor had to be taken into consideration, since it possesses the least reserves with respect to temperature stability.

Based on detailed 3D CFD simulations (fig. 2), a well-balanced thermal design could be ensured for the whole system. At present, the aim of the researchers at the ZKLM is to increase the reliability of such an inverter motor. Among other things, the behavior of devices and interfaces under thermal load and power cycling conditions is therefore being examined. After all, the motor and its electronics are directly connected to the water cooling circle of the vehicle and will have to survive heating up to 100°C and the subsequent cooling for more

than 10,000 times during the service life of the vehicle. Especially connections between different materials suffer from this because of the different coefficients of thermal expansion (CTE).

The researchers at the IISB/ZKLM assume that such a kind of system-integrated drive solutions will be applied in the next but one generation of hybrid vehicles as of 2012.

Undoubtedly, the automotive technology is the driving force in the field of system integration today. But the developed innovations in power electronics will enable completely new solutions even in the field of industrial drives and robotics (especially service robotics) in the future.

---

## Contact

Markus Billmann  
Phone: +49 (0) 911 23586-20  
markus.billmann@iisb.fraunhofer.de

## Einführung

In vielen Anwendungsbereichen von leistungsstarken Spannungswandlern ist ein geringes Bauvolumen bei gleichzeitig möglichst hohem Wirkungsgrad von entscheidender Bedeutung. Um diese Anforderungen erfüllen zu können, bietet sich eine mehrphasige Ausführung der Wandler, wie in Fig. 1 dargestellt, an. Durch sie kann zum einen das benötigte Volumen der passiven Bauelemente verringert werden, da beispielsweise mehrere Phasen mit kleineren Drosseln zusammen weniger Raum einnehmen als eine Einzelphase mit entsprechend großer Drossel. Zum anderen können durch gezielte Zu- und Abschaltung einzelner Phasen diese immer bei möglichst hohen Strömen betrieben werden, was zu einer Verbesserung des Wirkungsgrades bei kleinen Lastgraden beiträgt.

## Digitale Regelung

Die Regelung dieser mehrphasigen Wandler wird digital durch Microcontroller und FPGA realisiert. Diese bieten im Gegensatz zu einer analogen Ausführung mehr Flexibilität, denn eine Anpassung von Regelparametern kann softwareseitig durchgeführt werden, ohne an der Hardware Änderungen vornehmen zu müssen. Da sich mit zunehmender Phasenanzahl das dynamische Verhalten des Wandlers ändert, ist eine adaptive Auslegung des Reglers notwendig. In Abhängigkeit der Größe der ausgangsseitigen Last werden Phasen zu- oder abgeschaltet, was zeitgleich auch ein Umschalten zwischen den für jede Phasenanzahl passenden Regelparametern erforderlich macht. Die Auswirkungen des Abtast- und Haltevorganges der digitalen Signalverarbeitung des Microcontrollers und des FPGAs werden durch einen quasikontinuierlichen Regelansatz berücksichtigt.

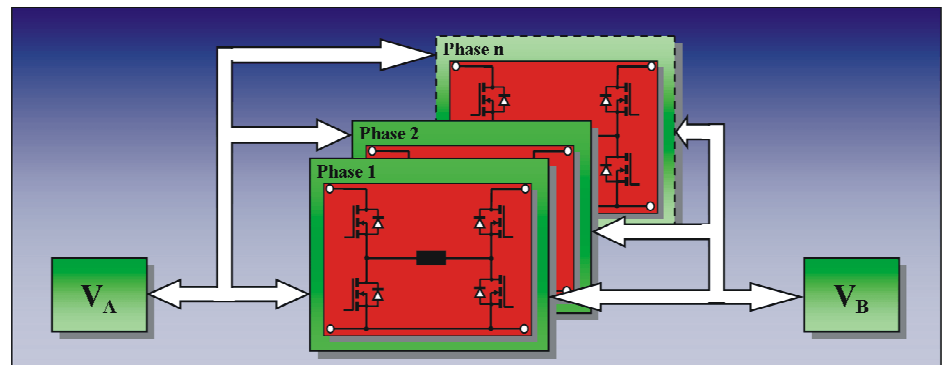


Fig. 1: Blockschaltbild eines mehrphasigen Wandlers;  
Block diagram of a multiphase converter.

## Zu- und Abschaltung zusätzlicher Phasen

Werden bei zunehmender ausgangsseitiger Belastung zusätzlich zur ersten Phase weitere hinzugeschaltet, so geschieht dies mit einem bestimmten Zeitversatz, um alle aktiven Phasen gleichmäßig auf eine Schaltperiode zu verteilen. Durch diese Aufteilung der Ströme innerhalb einer Schaltperiode kann mit steigender Phasenanzahl eine deutliche Reduzierung des ausgangsseitigen Stromrippels erzielt werden. Zusätzlich fällt der ausgangsseitige Spannungsrippel, der sich aus Anteilen im Bereich von Vielfachen der Schaltfrequenz zusammensetzt, deutlich geringer aus. In Fig. 2 ist exemplarisch der Übergang von drei aktiven Phasen auf eine dargestellt.

Aufgrund einer sprunghaftigen Verringerung der ausgangsseitigen Last zum Zeitpunkt  $t = 20$  ms fällt der Gesamtstrom  $i_{ges}$  nach und nach auf etwa 20 A ab. Bei ca. 21 A liegt die Umschaltenschwelle, unterhalb der zur Verbesserung des Wirkungsgrades in den Einzelphasenbetrieb übergegangen wird. In Fig. 2 findet dieser Übergang zum Zeitpunkt  $t = 21,3$  ms statt. Der Gesamtstrom  $i_{ges}$  der drei aktiven Phasen geht in den Strom der ersten Phase über, welcher vor dem Umschaltzeitpunkt genau ein Drittel von  $i_{ges}$  betragen hat.

Hierbei ist auch gut zu erkennen, daß der Ausgangsstromrippel vor dem Umschaltzeitpunkt nur ca. 6 Ampere beträgt, während er danach auf ca. 10 Ampere in dem Betrieb von nur einer Phase ansteigt. Im Zeitintervall von  $t = 21,3$  ms bis  $t = 21,6$  ms regelt sich die Einzelphase auf ihren neuen Sollstromwert ein. Die Ausregelzeit nach dem Umschaltzeitpunkt beträgt nur etwa 300  $\mu$ s.

## Ergebnis und Ausblick

In Fig. 3 ist ein am IISB in Entwicklung befindlicher 100 kW DC/DC-Wandler dargestellt. Die Besonderheit dieses Wandlers ist unter anderem, daß er für einen Betrieb mit 12 Phasen entworfen worden ist. Diese Konzeption ist der hauptsächliche Grund, daß der Wandler nur noch ein Bauvolumen von ca. 4 Litern in Anspruch nimmt. Durch gezielte Zu- und Abschaltung der 12 Phasen mittels digitaler Regelung und durch den Einsatz neuester leistungselektronischer Bauelemente wird ein besonders günstiger Wirkungsgrad erreicht.

## Ansprechpartner

Alexander Hofmann  
Telefon: +49 (0) 9131 761-263  
alexander.hofmann@iisb.fraunhofer.de

## Introduction

In many applications of powerful DC/DC converters, compact dimensions and highest efficiency are of importance at the same time. Converters with a multiphase design as shown in fig. 1 are able to fulfill these requirements. It is possible to reduce the required volume of passive devices with these kind of converters because many phases with smaller inductors need less room than a single phase with an equivalent inductor. Moreover, with selective turn-on and turn-off of single phases, they can be operated at higher currents. This also contributes to an improved efficiency of the converter at low duty cycles.

## Digital Control

The control of the discussed multiphase converters is implemented digitally by microcontrollers. In contrast to an analog design, this provides more flexibility because control parameters can be adjusted without changing the hardware. Since the dynamic behavior of the converter changes with an increasing number of switched-on phases, an adaptive design of the controller is required. Phases were turned on and off depending on the height of the external load. At the same time, it is necessary to switch between the suitable control parameters for each num-

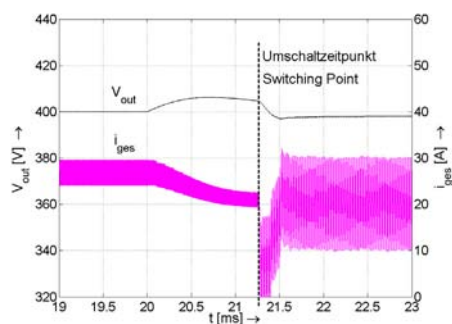


Fig. 2: Umschaltung von drei auf eine Phase; Switching from three phases to one.

ber of active phases. In order to increase efficiency, the use of microcontrollers enables more complex switching procedures of the power devices. The influence of the sample and hold effect of the digital signal processing of the microcontroller is taken into account by a so called quasi-continuous control approach.

## Turn-On and Turn-Off of Additional Phases

If more phases are turned on in addition to the first phase due to the height of the external load, they are shifted to share them equally over a switching period. By this partitioning of the currents within each phase, the current ripple at the output can be reduced significantly with an increasing number of active phases. The current ripple is caused by the inductor and is proportional to the inductor voltage, the inductor value, the switching period and the duty cycle. Additionally the current ripple, the voltage ripple at the output is much smaller and consists of components at the switching frequency and its harmonics due to the incomplete attenuation of the switching harmonics by the low-pass filter. The crossover from three active phases to one is shown in fig. 2.

As a result of a stepwise change of the external load at time  $t = 20$  ms, the total current drops down to about 20 A. This is the range where the threshold which determines single phase operation for the purpose of better efficiency is located. In figure 2, this changeover between three-phase and single-phase operation takes place at time  $t = 21.3$  ms. The total current  $i_{ges}$  of the three active phases fades to the current of the first phase, which was exactly one third of  $i_{ges}$  before the switching point. The different current ripple between three-phase and single-

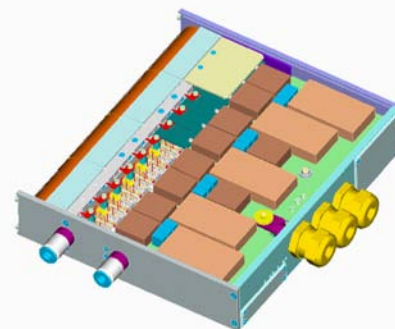


Fig. 3: 100 kW DC/DC-Wandler in 12-phasiger Ausführung; 100 kW DC-DC converter with 12 phases.

phase operation is clearly visible. During the time range from  $t = 21.3$  ms to  $t = 21.6$  ms, the single phase adjusts to its new desired current value. Consequently, the transient time due to a switching operation between the phases lasts only 300  $\mu$ s.

## Conclusion and Prospect

Fig. 3 shows a design of a 100 kW DC/DC converter which is in development at the IISB. The layout with 12 phases is the specific feature of this converter. Due to its special design, the converter will require a construction volume of only 4 litres. With selective turn-on and turn-off of the 12 phases with the help of digital control and the use of latest power electronic devices, a particularly high efficiency is achieved.

## Contact

Alexander Hofmann  
Phone: +49 (0) 9131 761-263  
alexander.hofmann@iisb.fraunhofer.de

Ereignisse

*Das Fraunhofer IISB feierte sein 20-jähriges Bestehen - Festveranstaltung und wissenschaftliches Symposium*



Zahlreiche Gäste aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft konnten am 30. Juni zur gemeinsamen Festveranstaltung des IIS und IISB begrüßt werden. Die Aktivitäten des IISB sowie die Kooperation mit Partnern und Kunden wurden am 1. Juli in einem wissenschaftlichen Symposium am IISB beleuchtet. Im Rahmen dieser Veranstaltung wurde auch der Waeber-Innovationspreis 2005 an Mitarbeiter des IISB und der Firma Semikron verliehen.

Auftakt der Nachmittags-Festveranstaltung am 30. Juni am IIS in Erlangen-Tennenlohe bildete eine Pressekonferenz mit prominenten Vertretern aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft (siehe Bild unten rechts). In dem sich anschließenden Vortragsprogramm stellte nach der Begrüßung durch den Leiter des IIS, Prof. Heinz Gerhäuser, zunächst der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft Prof. Hans-Jörg Bullinger die herausragenden Leistungen von IIS und IISB in den Kontext der Fraunhofer-Innovationsthemen, die im Hinblick auf zukünftige Entwicklungen von besonderer Bedeutung sind. Als Vertreter des Bayerischen Ministerpräsidenten würdigte Staatsminister Dr. Günther Beckstein in seiner Rede die Erlanger Fraunhofer-Aktivitäten als einen ent-

scheidenden Standortfaktor für den Raum Erlangen-Nürnberg, sowie die hohe Bedeutung der Erlanger Fraunhofer-Institute für das High-Tech-Land Bayern.

Nach Grußworten von Ministerialrat Dr. Dietrich vom BMBF, vom Rektor der Universität Erlangen-Nürnberg Prof. Dr. Karl-Dieter Gröske, vom Vizepräsidenten der IHK Nürnberg für Mittelfranken Günther Baumüller sowie von der Erlanger Bürgermeisterin Dr. Elisabeth Preuß gaben die Institutsleiter einen Rückblick auf die Aktivitäten der Institute in den vergangenen 20 Jahren sowie einen Ausblick auf zukünftige Perspektiven.

In der von Prof. Ryssel moderierten Abendveranstaltung am IISB in Erlangen wurde den Gästen neben live gespielter fränkischer Volksmusik, ausgesuchten kulinarischen Spezialitäten aus der Fraunhofer-Cafeteria unter anderem auch eine Licht-Kunst-Installation und -Aktion im Innenhof des Institutsgebäu-

des geboten.

*IISB-Symposium "Technologies for Electronics - Micro, Nano, and More"*

Zu einem wissenschaftlichen Symposium begrüßte Prof. Ryssel am 1. Juli mehr als 100 Teilnehmer am IISB. Die Leiter der fünf Abteilungen des IISB stellten jeweils ihre Arbeitsgebiete vor. Ergänzt wurde dies durch eingeladene Vorträge von Repräsentanten kooperierender Institutionen (Prof. Selberherr, TU Wien; Dr. Brillouet, LETI; Prof. Declerck, IMEC; Dr. Merbold, ESA; Dr. Baudelot, Siemens). Besonders anschaulich gestaltete der erste westdeutsche Astronaut Dr. Ulf Merbold seinen Vortrag über "Wissenschaft im Weltall". Der Anknüpfungspunkt zum IISB sind hier die Aktivitäten des Kristall-Labors bei einer Reihe von Weltraumexperimenten.

Zusätzlich zum Vortragsprogramm fanden im Rahmen des Symposiums die



Impressionen der gemeinsamen Festveranstaltung zum 20-jähriges Bestehen; Impressions of the celebrations of the 20th anniversary.



Events

*Fraunhofer IISB Celebrated its 20 Years of Existence - Function and Scientific Symposium*



**Twenty Years  
Fraunhofer IISB**

On June 30, IIS and IISB welcomed numerous guests from science, politics, and economy to their joint function. The activities of the IISB and its cooperation with partners and clients were presented in a scientific symposium that took place at the IISB on July 1. Moreover, in the framework of this event, the Waeber Prize for Innovation 2005 was awarded to members of the IISB and of the company Semikron.

A press conference with the participation of prominent representatives of science, politics, and economy marked the beginning of the afternoon function at the IIS site in Erlangen-Tennenlohe on June 30. After the address of welcome by the director of the IIS, Prof. Heinz Gerhäuser, the president of the Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Hans-Jörg Bullinger, put the excellent achievements of IIS and IISB in the context of the Fraunhofer Innovation Topics that are of exceptional importance for future developments. On behalf of the Bavarian prime minister, Dr. Günther Beckstein recognized the activities of the Fraunhofer institutes in Erlangen as a key location factor for the region Erlangen-Nuremberg and emphasized their importance for the high-tech state Bavaria.

After welcoming speeches by Dr. Dietrich, Head of Division at the Federal Ministry of Education and Research, Prof. Karl-Dieter Gröske, rector of the

University of Erlangen-Nuremberg, Günther Baumüller, vice president of the Chamber of Industry and Commerce Nuremberg, and Dr. Elisabeth Preuss, mayor of Erlangen, the institute directors of the IIS and IISB gave a retrospective on the activities of their institutes during the past 20 years and offered an outlook on perspectives for the future.

The evening event at the IISB in Erlangen was moderated by Prof. Ryssel and offered the guests not only traditional Franconian music played live and a selection of culinary specialties from the Fraunhofer Cafeteria, but also a light art installation and performance in the courtyard of the institute building.

***IISB Symposium "Technologies for Electronics - Micro, Nano, and More"***

Prof. Ryssel welcomed more than 100 participants to a scientific symposium at the IISB. The heads of the five IISB departments presented their respective areas of focus. The program was complemented by speeches held by representatives of partner institutions (Prof. Selberherr, TU Wien; Dr. Brillouet, LETI; Prof. Declerck, IMEC; Dr. Merbold, ESA; Dr. Baudelot, Siemens). A particularly graphic speech about "Science in Space" was held by the first West German astronaut, Dr. Ulf Merbold. In this case, the context with the IISB is given by the activities of the Crystal Growth Laboratory (CGL) in a series of space experiments.

In addition to the speeches, the symposium was used as an occasion to honor the IISB staff who had been members of the institute for 20 years and to award the Georg Waeber Innovation Prize 2005.



Impressionen der Abendveranstaltung am IISB;  
Impressions of the evening event at the IISB.



Impressionen des IISB-Symposiums "Technologies for Electronics - Micro, Nano, and More";  
IISB Symposium "Technologies for Electronics - Micro, Nano, and More".

Ehrung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter mit 20-jähriger Zugehörigkeit zum IISB sowie die Verleihung des Waerber-Innovationspreises 2005 statt.

### ***Girls' Day am IISB - Mädchen erkunden die Welt der Mikrochips***

Im Rahmen des bundesweiten Girls' Day am 28. April 2005 konnten sich Schülerinnen am IISB über Berufsmöglichkeiten und wissenschaftliche Aspekte von Mikro- und Nanoelektronik informieren. Die Teilnehmerinnen bewegten sich dabei begeistert einen Tag lang in der Welt von Halbleitern, Transistoren und Kristallen.

Nach einer Einführung per Video über die Entstehung von Chips wurde anhand von Exponaten die Produktionskette von Halbleiterkristallen über Wafer und Chips bis hin zu kompletten mikroelektronischen Systemen erläutert. So gerüstet durften die Schülerin-

nen selbst Laborversuche durchführen. In der Abteilung Kristallzüchtung konnte unter dem Mikroskop und im Becherglas live das Wachstum von Kristallen beobachtet werden. Ein Highlight war der Besuch im Innersten des Reinraums, wo unter höchsten Anforderungen an Sauberkeit und mit beeindruckender Infrastruktur mikroelektronische Schaltungen hergestellt werden. Mittels Fotolithographie konnten die Teilnehmerinnen dort selbst winzige Strukturen auf einem Siliciumwafer aufbringen.

Die Schülerinnen wurden auch über Berufsmöglichkeiten in der Mikro- und Nanoelektronik informiert, sei es über ein Studium oder über die Ausbildung zum Mikrotechnologen, die z.B. am IISB seit vielen Jahren sehr erfolgreich durchgeführt wird.

### ***Lange Nacht der Wissenschaften erneut überwältigender Erfolg - Mehr als 1000 Gäste besuchten das IISB***

Nach dem großen Erfolg der letzten Langen Nacht 2003 war auch diesmal das IISB mit Begeisterung bei der Veranstaltung am 22. Oktober in der Region Nürnberg, Erlangen, Fürth dabei. Das Angebot reichte dabei von Kristallzüchtung über Halbleitertechnologie bis zur Leistungselektronik. Die Zahl der Besucher wurde im Vergleich zu 2003 noch gesteigert: Kurz nach Mitternacht konnte eine Besucherin als 1000. Gast begrüßt werden.

Das IISB bot Ausstellungen, Führungen, Demonstrationen und Vorträge und erlaubte damit den Besuchern einen anschaulichen Einblick in die Vielfalt seiner Aktivitäten.

Die Abteilung Kristallzüchtung stellte zahlreiche Exponate aus den verschiedensten Bereichen seiner Tätigkeitsfelder aus. Dies wurde ergänzt durch Schautafeln und Videopräsentationen sowie die Möglichkeit, Kristallzüchtung live im Mikroskop zu beobachten. Für eigene Kristallzüchtungsexperimente konnten sich die Besucher kleine Päckchen mit dafür nötigem Material mit nach Hause nehmen.

Der dreimal während der Langen Nacht am IISB angebotene Vortrag "Leistungselektronische Zaubertricks" von Dr. Martin März, Leiter der Abteilung Leistungselektronische Systeme des IISB, fand im jeweils überfüllten Hörsaal des Instituts großen Anklang. Neben den einführenden Erläuterungen zur Welt der Leistungselektronik wurden die Zuschauer durch beeindruckende Experimente "verzaubert". Praktische Fragen zum Stromsparen im Haushalt, Vorführungen zu leistungsstarken Elektromotoren, wie sie z.B. in Hybrid-





Die sieben weiblichen Gäste mit einem selbst-prozessierten Wafer vor dem Reinraum;  
The seven female guests showing self-processed wafers in front of the cleanroom.

### ***Girls' Day at the IISB - Girls Explore the World of Microchips***

In the framework of the nationwide Girls' Day on April 28, 2005, schoolgirls could get informed about career opportunities and scientific aspects in the field of micro and nanoelectronics at the IISB. The enthusiastic participants experienced an entire day in the world of semiconductors, transistors and crystals.

Following a video introduction about the development of chips, the production chain from semiconductor crystals through wafers and chips to complete microelectronic systems was explained. With the aid of this knowledge, the girls were ready to start laboratory experiments on their own. In the crystal growth department, the growth of crystals could be watched live both in a beaker and under the microscope. The highlight was a visit to the cleanroom, where microelectronic devices and circuits are manufactured in an ultra-clean environment and with impressive infrastructure. There the guests could transfer a microscopic pattern to a silicon wafer by means of photolithography.

In addition to this, the schoolgirls were informed about career opportunities in micro and nanoelectronics, be it via a course of studies or in shape of an apprenticeship as microtechnologist,

which has been offered and carried out very successfully e.g. at the IISB for many years.

### ***Long Night of Science Overwhelmingly Successful Again - More than 1,000 guests visited the IISB***

After the success of the first Long Night 2003, IISB once more participated with great enthusiasm in the 2005 Long Night, which took place on October 22. The program ranged from crystal growth to semiconductor technology to power electronics. Compared with 2003, the number of visitors could be further increased: Shortly after midnight, a visitor was welcomed as the 1,000th guest.

The IISB offered exhibitions, guided tours, demonstrations, and presentations, thus offering its visitors a graphical impression of its wide range of activities.

The Crystal Growth Department showed many exhibits from the different areas of its fields of activity. This was complemented with diagrams, video presentations and with the possibility to watch crystal growth live through a microscope. In order to carry out their own experiments at home, visitors could even take home small packages containing the required materials.

The presentation "Power Electronic Conjuring Tricks", held by Dr. Martin März, leader of the Department of Power Electronic Systems, was offered three times during the Long Night and found much favour, the auditorium of the institute being overcrowded each time. Beside some introducing explanations regarding the world of power electronics, the audience was fascinated by "conjuring" experiments. The parallel exhibition dealt with practical questions about saving household en-

ergy as well as demonstrations of powerful electro motors like they are used e.g. in hybrid cars. A particular hit was the thermal imaging camera with which visitors could have a "thermal" photograph of themselves taken. The Department of Power Electronic Systems also presented itself at the branch lab of the IISB, the Center for Automotive Power Electronics (ZKLM) at the etz (Energy Technology Center) in Nuremberg.

In cooperation with the Chair of Electron Devices, guided tours through the jointly operated cleanroom laboratories were offered and attracted wide interest.

### ***Young Female High Tech Experts in Chips and Transistors - Successfully Completed Apprenticeships as Microtechnologists at the IISB***

This year again, apprentices in the profession "microtechnologist" have successfully completed their training to become experts in technology for micro and nanoelectronics at the Fraunhofer IISB. Thus, they meet the need of the semiconductor industry for highly qualified staff for production and development.

In a three-year apprenticeship, this year's apprenticeship graduates at the Fraunhofer IISB, Barbara Kupfer and her colleague Carmen Maier, have been trained to become adepts at equipment, process steps, and materials in development and manufacturing of electronic devices and integrated circuits. The vocational training of the apprentices at the Fraunhofer IISB benefits greatly from facilities such as the cleanrooms and laboratories of both Fraunhofer IISB and University of Erlangen-Nuremberg, which operate at industrial standards and are unique for a research institution in Germany. The results are highly respectable: Barbara Kupfer, for example, has achieved the

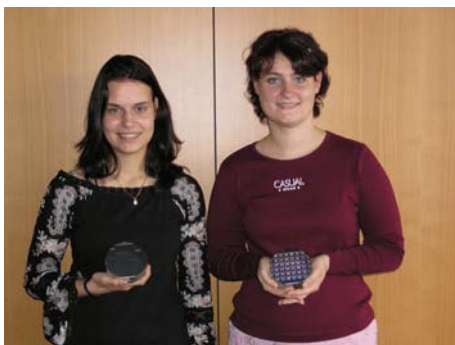
Kraftfahrzeugen Anwendung finden, wurden in der parallelen Ausstellung gezeigt. Ein besonderer Renner war die Wärmebildkamera, mit der sich Besucher "thermisch" fotografieren lassen konnten. Die Abteilung Leistungselektronik präsentierte sich ebenfalls am Standort der Außenstelle des IISB, dem Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik (ZKLM) im etz (Energie-Technologisches Zentrum) in Nürnberg.

Äußerst stark nachgefragt waren die in Kooperation mit dem Lehrstuhl für elektronische Bauelemente der Universität Erlangen-Nürnberg angebotenen Führungen durch die gemeinsam betriebenen Reinraumlabors.

### ***Junge High-Tech-Expertinnen für Chips und Transistoren - Erfolgreiche Ausbildungsabschlüsse zum Mikrotechnologen am IISB***

Auch in diesem Jahr haben Azubis für den Beruf "Mikrotechnologe/in" am Fraunhofer IISB ihre Ausbildung zu Experten für die Technologie der Mikro- und Nanoelektronik mit großem Erfolg abgeschlossen. Der Halbleiterindustrie stehen damit hoch qualifizierte Fachkräfte für Produktion und Entwicklung zur Verfügung.

In dreijähriger Ausbildungszeit wurden Barbara Kupfer und ihre Kollegin Carmen Maier, die diesjährigen Absolventinnen des Fraunhofer IISB, zu Experten



Absolventinnen des Fraunhofer IISB;  
Apprenticeship graduates at the Fraunhofer IISB.

für Geräte, Prozeßschritte und Materialien bei der Herstellung und Entwicklung elektronischer Bauelemente und integrierter Schaltungen. Für die Ausbildung am Fraunhofer IISB stehen die auf Industrieniveau arbeitenden, für eine Forschungseinrichtung in Deutschland einzigartigen Reinräume und Laborkolonnen des Fraunhofer IISB sowie der Universität Erlangen-Nürnberg zur Verfügung.

Die Resultate können sich sehen lassen: So hat Barbara Kupfer als zusammen mit zwei Kolleginnen beste bayerische Absolventin 2005 ihren Abschluss gemacht. Ihr Erfolg bestätigt, daß dieser technische Beruf beileibe keine reine Männerdomäne ist. Bisher waren 50% der Azubis am IISB weiblich, so auch die beiden neuen, die wie jedes Jahr im Herbst ihre Ausbildung am IISB begonnen haben.

### ***Ausbildungsberuf Mikrotechnologe/in***

Der Ausbildungsberuf Mikrotechnologe/in stellt das Bindeglied zwischen dem reinen Operator, einem angeleiteten Arbeiter, und dem Prozeßingenieur in der Halbleitertechnologie dar. Die komplexen und technisch anspruchsvollen Tätigkeiten erfordern großes Fachwissen und hohe Flexibilität. Der vielseitige Aufgabenbereich und die Güte dieser Ausbildung bieten ausgezeichnete Zukunftsperspektiven mit unzähligen Einsatzgebieten, wie z.B. in Industriebetrieben zur Produktion von Chips, diskreten Halbleitern, Leistungshalbleitern und Optohalbleitern oder in Forschungseinrichtungen. Das IISB ist seit 1999, also fast seit Einführung des Berufsbildes 1998, in der Ausbildung zum Mikrotechnologen tätig. Durch ein entsprechendes Kooperationsabkommen mit der Universität Erlangen-Nürnberg im Jahr 2004 konnte die Anzahl der an beiden Einrichtungen zur Verfügung stehenden Ausbildungsplätze zudem um 50 % erhöht werden.

### ***Erlanger Kristall-Labor bei Weltraummission dabei - Zum achten Mal Beteiligung an Weltraumexperimenten***

Am 2. Dezember 2004 hob eine unbemannte Höhenforschungsrakete zur Mission TEXUS-41 vom Startplatz Esrange in Nordschweden ab. Mit an Bord: ein materialwissenschaftliches Experiment, das vom Erlanger Kristall-Labor im Vorfeld durch Computersimulation vorbereitet wurde.

Im Rahmen der Weltraummission TEXUS-41 wird der Einfluß von Strömungen auf das Erstarrungsverhalten von technischen Aluminium- Gußlegierungen untersucht. Dazu wird unter Schwerelosigkeit die Legierung in der von der Deutschen Luft- und Raumfahrtagentur in Köln entwickelten Ofenanlage ARTEX+ gerichtet erstarrt.

### ***Simulation unterstützte die Planung des Experiments***

Für dieses Weltraumexperiment hat das Erlanger Kristall-Labor mit seiner Software CrysVUN in Computermodell der Ofenanlage ARTEX+ entwickelt. Mit diesem Computermodell hat das Erlanger Kristall-Labor vor der Mission den Prozeßablauf im Detail geplant.

Vergleiche mit den bereits vorliegenden Ergebnissen der Mission zeigen eine gute qualitative Übereinstimmung in der vorhergesagten Segregation von Legierungskomponenten. Wie in der Simulation und in Bodenexperimenten vorhergesagt, findet sich auch hier eine Depression des Zweiphasengebietes.

### ***IISB Mitveranstalter der 7. Europäischen AEC/APC-Konferenz***

Auf dem Gebiet der modernen Halbleiterfertigung leisten Methoden zur automatischen Prozeßüberwachung und -kontrolle (im Englischen bekannt als



Impressionen aus dem IISB während der "Langen Nacht der Wissenschaften";  
Impressions at the IISB during the "Long Night of Science"

best marks for an apprenticeship graduation in Bavaria in 2005 together with two colleagues. Her success proves that this technical profession is by no means a pure male preserve. Like the two new apprentices who have begun their training at the IISB in autumn like every year, 50 % of all the IISB apprentices so far have been female.

#### *Job Profile Microtechnologist*

The officially recognized profession of microtechnologist represents a link between a mere operator, a semi-skilled worker and a process engineer in semiconductor technology. The complex and technically demanding activities require extensive technical knowledge and high flexibility. The wide range of activities and the quality of the training offer excellent future prospects and career opportunities in innumerable fields of activity, e.g. in industrial enterprises manufacturing chips, discrete

semiconductors, power semiconductors and opto-semiconductors, or in research institutions. IISB has been active in training microtechnologists since 1999, i.e. almost since this profession was officially recognized in 1998. By means of a cooperation agreement with the University of Erlangen-Nuremberg signed in 2004, the number of available apprenticeship positions at both institutions could be increased by 50 %.

#### ***Erlangen Crystal Growth Laboratory Involved in Space Mission - Eighth participation in Space Experiments***

On December 2, 2004, an unmanned high-altitude research rocket took off from the launch site Esrange in North Sweden for the TEXUS-41 mission. Among the things it carried on board was a material science experiment that had been prepared with the support of the Erlangen Crystal Growth Laboratory

(CGL) using computer simulation.

Within the framework of the TEXUS-41 space mission, the influence of flows on the solidification behavior of technical aluminum cast alloys is investigated. This is done by directionally solidifying the alloy under microgravity conditions in the ARTEX+ furnace facility developed by the German Aerospace Center (DLR) in Cologne.

#### *Simulation supported the planning of the experiment*

For this space experiment, the Erlangen CGL has used its CrysVUn software to develop a computer model of the ARTEX+ furnace facility. This model was used to plan the process sequence of the experiment in detail before the mission.

Comparisons with those results of the space mission that are already available have shown good qualitative correlation with the predicted segregation of alloy components. Like predicted in simulation and ground experiments, a depression of the mushy zone occurs.

#### ***IISB Co-Organizer of the 7th European AEC/APC Conference***

In the field of modern semiconductor manufacturing, methods for automated process monitoring and control (labeled Advanced Equipment Control (AEC) and Advanced Process Control (APC)) contribute substantially to an increase of product yield and to the more efficient use of manufacturing equipment. The European AEC/APC Conference has been successfully established as the European platform for the presentation and discussion of the latest developments and results in the field of AEC/APC.

Since 2000, the conference is held at different important centers of micro-



"Advanced Equipment Control" (AEC) und "Advanced Process Control" (APC)) wesentliche Beiträge zur Steigerung der Produktausbeute und zur effizienten Nutzung von Fertigungsgeräten. Die Europäische AEC/APC-Konferenz wurde erfolgreich als die europäische Plattform zur Vorstellung und Diskussion der neuesten Entwicklungen und Ergebnisse auf dem Gebiet AEC/APC etabliert.

Die Konferenz wird seit 2000 an verschiedenen bedeutenden Zentren der Mikroelektronik in Europa durchgeführt, so in Dresden (Infineon, AMD), Grenoble (ST Microelectronics) und Dublin (Intel). Die 7. Konferenz, die vom IISB wieder mitorganisiert wird, fand vom 29. - 31. März 2006 in Aix-en-Provence (Frankreich), der wichtigen südfranzösischen Halbleiterregion, statt.

### ***Jahrestagung des IISB zu Energie-nutzung und -einsparung***

Die Jahrestagung des IISB am 13. Oktober 2005 stand unter dem Motto "Energieeinsparung und rationelle Energienutzung durch Leistungselektronik". Vor dem Hintergrund steigender Energiepreise und CO<sub>2</sub>-Emissionen bot die Veranstaltung einen umfassenden Überblick über Technologien und Trends in der Leistungselektronik.

Elektrische Energie stellt die hochwertigste Energieform dar, die sich mit Leistungselektronik sehr flexibel steuern und an die Bedürfnisse der verschiedensten Verbraucher anpassen lässt. Allein in der Möglichkeit, elektrischen Verbrauchern zu jedem Zeitpunkt nur genau die Energie zuzuführen, die sie zur Erfüllung ihrer Aufgabe benötigen, stecken Einsparpotenziale, die auf bis zu 30 % beziffert werden.

Heute wird nur knapp die Hälfte der weltweit erzeugten elektrischen Energie

durch Leistungselektronik vorprozessiert den Verbrauchern zugeführt. Um den rasanten Anstieg des weltweiten Stromverbrauchs abzumildern, muß es gelingen, sowohl diesen Anteil und damit die Durchdringung aller Anwendungen mit Leistungselektronik deutlich zu steigern, als auch den Wirkungsgrad der elektrischen Energieumwandlungsprozesse selbst.

Der breiten Bedeutung des Themas entsprechend wurde die Jahrestagung erstmals als Kooperationsveranstaltung mit prominenten Partnern durchgeführt, der ETG im VDE, dem European Center for Power Electronics (ECPE) und dem Verein EnergieRegion Nürnberg.

Namhafte Referenten beleuchteten alle wichtigen Anwendungsfelder der Leistungselektronik von der industriellen Antriebstechnik über die Bahn- und Automobiltechnik, die Stromversorgungs- und Beleuchtungstechnik bis hin zur Netzeinspeisung aus regenerativen Energiequellen.

Beeindruckende Anwendungsbeispiele zeigten, daß bereits große Fortschritte im Bezug auf eine Steigerung der Energieeffizienz durch den Einsatz von Leistungselektronik erzielt werden konnten, daß aber in der Anwendung neuer Bauelemente und Systemlösungen auch

noch sehr große, realisierbare Einsparpotenziale liegen.

### ***IISB-Lithographie-Simulations-Workshop***

Der diesjährige IISB-Lithographie-Simulations-Workshop fand vom 16. - 18. September 2005 statt und war bereits der dritte dieser Reihe. Veranstaltungsort war diesmal Schloß Pommersfelden, so daß den Teilnehmern neben dem fachlichen Programm auch ein besonders attraktiver Rahmen geboten werden konnte. Erneut ist im Vergleich zum Vorjahr die Teilnehmerzahl gestiegen. Zahlreiche Teilnehmer aus dem europäischen Ausland und aus Übersee unterstreichen dabei die internationale Bedeutung der Veranstaltung. Für weitere Informationen zu den Aktivitäten des IISB auf dem Gebiet der Lithographiesimulation sowie Veranstaltungen wie Workshops und Kursen kontaktieren Sie uns bitte unter [lithographie@iisb.fraunhofer.de](mailto:lithographie@iisb.fraunhofer.de).

### ***Standard zur integrierten Meßtechnik verabschiedet***

Im zweiten Quartal 2005 wurde der SEMI-Standard E141 "Guide for Specification of Ellipsometer Equipment for Use in Integrated Metrology" verabschiedet. Der Standard wurde von der



Teilnehmer am IISB-Lithographie-Simulations-Workshop;  
Participants of the IISB Lithography Simulation Workshop.



Jahrestagung des IISB zu Energienutzung und -einsparung;  
Annual IISB Conference on Use and Conservation of Energy.

electronics in Europe, e.g. in Dresden (Infineon, AMD), Grenoble (ST Microelectronics), and Dublin (Intel). The 7th conference, which is again co-organized by IISB, took place from March 29 to March 31, 2006, in Aix-en-Provence (France), in the important southern French semiconductor region.

### **Annual IISB Conference on Use and Conservation of Energy**

The IISB Annual Conference on October 13, 2005, was themed "Energy Saving and Rational Energy Use through Power Electronics". Against the background of rising energy costs and CO<sub>2</sub> emissions, the event offered a comprehensive overview of technologies and trends in power electronics.

Electrical energy represents the most valuable energy form that can be controlled very flexibly and adapted to the requirements of the many different consumers by power electronics. The possibility to supply just the required

amount of electrical energy to the consumer at any time alone accounts for energy saving potentials of up to an estimated 30 %.

Today, just about half of the electrical energy produced worldwide is pre-processed by power electronics before it reaches the consumers. In order to alleviate the increase in worldwide consumption of electric power, both this proportion and thus, the penetration of all applications with power electronics, and the degree of efficiency of the electrical energy conversion processes themselves must be substantially increased.

In correspondence with the wide significance of this topic, the Annual Conference was held for the first time as a cooperation event with prominent partners like the Power Engineering Society (ETG) within VDE, the European Center for Power Electronics (ECPE) and the association EnergyRegion Nuremberg.

High-profile speakers showed all important fields of application for power electronics, from industrial drive technology to train and automotive technology, power supply and lighting technology to feed-in from renewable energy sources.

Impressive application examples showed that substantial progress has already been made in terms of increasing energy efficiency through the use of power electronics, but that there are also enormous, economically realizable saving potentials remaining in the application of new devices and system solutions.

### **IISB Lithography Simulation Workshop**

This year's IISB Lithography Simulation Workshop took place from September 16 - 18, 2005, and marked the third workshop in the series. This time, the venue for the workshop was Schloß Pommersfelden, which made it possible to offer the participants (see picture) a particularly attractive location in addition to the technical program. In comparison to the last year, the number of participants has increased again. The high proportion of participants both from European countries and from overseas emphasized the international importance of the event. For further information concerning the activities of IISB in the field of lithography simulation and events like workshops and courses don't hesitate to contact us at [lithographie@iisb.fraunhofer.de](mailto:lithographie@iisb.fraunhofer.de).

### **Standard for Integrated Metrology Adopted**

In the second quarter of 2005, the SEMI standard E141 "Guide for Specification of Ellipsometer Equipment for Use in Integrated Metrology" was adopted. The standard had been elaborated by the European SEMI Integrated





Impressionen der Gründungsveranstaltung des Technologiezentrum Halbleitermaterialien (THM) Freiberg ;  
Impressions of the founding meeting of the Technology Center for Semiconductor Materials (THM) Freiberg.

europäischen SEMI Integrated Measurement Task Force unter maßgeblicher Beteiligung des IISB erarbeitet.

In dem verabschiedeten SEMI-Standard E141 wird eine einheitliche Beschreibung integrierter Ellipsometer und der relevanten Meßparameter festgelegt. Dies ermöglicht eine vereinfachte mechanische Einpassung, Automatisierung und Kalibrierung integrierter Ellipsometer für den Einsatz in Halbleiterfertigungsumgebungen. Der Standard ist über die SEMI-Organisation erhältlich ([www.semi.org](http://www.semi.org)).

### **Technologiezentrum Halbleitermaterialien Freiberg gegründet - Gemeinsame Einrichtung der Fraunhofer-Institute IISB und ISE**

Im sächsischen Freiberg ist am 2. Februar 2005 das Technologiezentrum Halbleitermaterialien (THM) Freiberg als gemeinsame Einrichtung der Fraunhofer-Institute für Integrierte Systeme und

Bauelementetechnologie (IISB), Erlangen, und für Solare Energiesysteme (ISE), Freiburg, gegründet worden. Das Zentrum wird eng mit der in Freiberg stark vertretenen Halbleiterindustrie kooperieren und den Firmen einen unmittelbaren Zugang zu wichtiger Forschungsarbeit ermöglichen.

Die Fertigung von Halbleitermaterialien wie Silicium und Galliumarsenid als Grundlage von Mikroelektronik und Photovoltaik hat im Raum Freiberg langjährige Tradition. Bei den drei industriellen Partnern des THM, der Siltronic AG, der SolarWorld AG sowie der Freiburger Compound Materials GmbH arbeiten derzeit rund 1600 Beschäftigte. Um den steigenden Qualitäts- und Kostenanforderungen bei der Produktion dieser Materialien gerecht zu werden und so im internationalen Wettbewerb zu bestehen, ist ein hohes Maß an Forschung und Entwicklung erforderlich.

### *Fraunhofer als Partner für Industrie und Wissenschaft*

"Die Institute der Fraunhofer-Gesellschaft als führende Organisation für angewandte Forschung in Deutschland sind hierfür die idealen Partner. Am IISB in Erlangen und am ISE in Freiburg sind einzigartige Kompetenzen zur Mikro- und Nanoelektronik, zu Grundmaterialien und zur Photovoltaik vorhanden. Die Präsenz vor Ort in Freiberg wird den Technologietransfer in die industrielle Produktion fördern und die Partnerschaften mit den Firmen stärken. Zusammen mit den Mutterinstituten und den Industriepartnern wird hier ein schlagkräftiges Netzwerk entstehen", so Prof. Heiner Ryssel, Leiter des IISB.

Vor diesem Hintergrund wurde das THM im Interesse der ortsansässigen Firmen und Einrichtungen, der Fraunhofer-Institute, der Stadt Freiberg und des Freistaats Sachsen ins Leben gerufen. Auch die TU Bergakademie Freiberg wird in die Arbeiten am THM mit eingebunden sein. Die Arbeitsgebiete des Technologiezentrums umfassen Forschung und Entwicklung zur Materialpräparation und -bearbeitung für 300-mm-Silicium, Solarsilicium und III/V-Halbleiter sowie Dienstleistungen für die laufende Produktion der Industriepartner in den Bereichen Analytik, Charakterisierung und Test.

Die Grundfinanzierung des THM für die ersten drei Jahre setzt sich aus Mitteln der Firmen Siltronic und SolarWorld sowie der beiden Fraunhofer-Institute zusammen. Zudem kommen Fördermittel für auftragsbezogene Forschungsprojekte ebenfalls von den Firmen sowie vom Freistaat Sachsen. Dabei werden in Freiberg nur Laboreinrichtungen installiert, die unbedingt vor Ort erforderlich sind. Ansonsten wird der sächsische Ableger auf die umfangreiche Ausstattung der Mutterinstitute in Bayern und Baden-Württemberg zu-



Measurement Task Force with substantial contributions of the IISB.

The adopted SEMI standard E141 determines a consistent description of integrated ellipsometers and the relevant measuring parameters. This will simplify mechanical integration, automation and calibration of integrated ellipsometers for applications in semiconductor manufacturing environments. The standard can be obtained from the SEMI organization ([www.semi.org](http://www.semi.org)).

***Technology Center for Semiconductor Materials Freiberg Founded - Joint Facility of the Fraunhofer Institutes IISB and ISE***

On February 2, 2005, the Technology Center for Semiconductor Materials (THM) Freiberg has been founded in Freiberg, Saxony, as a joint facility of the Fraunhofer Institutes of Integrated Systems and Device Technology (IISB), Erlangen, and of Solar Energy Systems (ISE), Freiburg. The Center will operate in close cooperation with the strongly represented semiconductor material industry in Freiberg and provide the companies with a direct access to research.

The manufacturing of semiconductor materials like silicon and gallium arsenide as a basis for microelectronics and photovoltaics has a long tradition in the Freiberg region. The three industrial partners of the THM, Siltronic AG, SolarWorld AG, and Freiburger Compound Materials (FCM) GmbH currently employ 1600 staff members. In order to keep up with the continuously increasing quality and cost requirements in the production of these materials, a high degree of research and development is indispensable.

Fraunhofer as partner for industry and science

"The institutes of the Fraunhofer-Gesellschaft as leading organization for applied science in Germany are the ideal partners for this purpose. At IISB in Erlangen and ISE in Freiburg, there are singular competencies in the fields of micro and nanoelectronics, base materials and photovoltaics. The presence on location in Freiberg will boost the transfer of technology into industrial production and strengthen partnerships with the companies. In cooperation with the mother institutes and the industrial partners, a powerful network will be established here", says IISB director Prof. Heiner Ryszel.

Against this background, the THM was brought to life in the interest of the local companies and institutions, the Fraunhofer Institutes, the city of Freiberg, and the Free State of Saxony. The University of Technology Bergakademie Freiberg will also be involved in the activities at THM. The fields of activity of the Technology Center comprise research and development on the preparation and processing of materials for 300 mm silicon, solar silicon and III/V semiconductors as well as analytics, characterization, and test services in context of the running production of the industrial partners.

The base funding of the THM for the first three years is composed of funds of the companies Siltronic and SolarWorld as well as of the two Fraunhofer Institutes. In addition to this, companies and the Free State of Saxony are going to grant subsidies for contract research projects. The laboratory equipment on location will be limited to the absolutely indispensable tools. Otherwise, the Saxonian branch lab will resort to the extensive equipment of the mother institutes in Bavaria and Baden-Württemberg because investments in this area of activity involve very high costs. Currently, ways for the State of Saxonia to grant investment

assistance are being negotiated. The partners are planning to start operations with a small initial team and expand the THM to a staff of about 15 within four years. After the initial stage, the institute is planned to cooperate with other industrial customers as well.

"We at Siltronic are looking forward to cooperate with the Technology Center. The exchange of know-how and experience, the cooperation in research projects which expand the horizon of our knowledge and skills concerning semiconductor materials - these are essential elements in the cooperation of research and economy", says Siltronic President and CEO Dr. Wilhelm Sittenthaler.

Apart from the two institute chairmen Prof. Ryszel (IISB) and Prof. Luther (ISE), leading representatives of the partner companies in Freiberg, of the TU Bergakademie Freiberg, and of the city council and local authorities, the founding meeting was attended by the Saxon Minister of State for Science and Art Barbara Ludwig.

***Workshop on Auxiliary Power Units (APUs)***

Increasing vehicle electrification requires more and more electrical energy to be supplied; air conditioning in standing vehicles and infotainment are only two of the requirements. Especially when the engine is not running, the realization of cooling performance using a combination of generator and an electric energy storage system is only possible over a very short period of time.

This is why Auxiliary Power Units (APUs) will become much more important in future, even more so because idle operation - e.g. of trucks at rest areas to generate electric energy and cooling performance - will be limited increasingly by regulations for environmental

rückgreifen, denn Investitionen sind in diesem Arbeitsgebiet teuer. Über Möglichkeiten der Investitionsförderung durch den Freistaat Sachsen wird derzeit noch verhandelt. Ziel der Partner ist es, beginnend mit einem kleinen Anfangsteam das THM innerhalb von vier Jahren auf etwa 15 Beschäftigte auszubauen. Die Einrichtung soll nach der Startphase auch anderen industriellen Kunden zur Verfügung stehen.

"Wir von Siltronic freuen uns auf die Zusammenarbeit mit dem Technologiezentrum. Der Austausch von Know-how und Erfahrung, die Kooperation bei Forschungsprojekten, die den Horizont unseres Wissens und unsere Fertigkeiten bei Halbleitermaterialien erweitern - das sind wesentliche Elemente in der Zusammenarbeit zwischen Forschung und Wirtschaft", so Dr. Wilhelm Sittenthaler, Vorstandsvorsitzender der Siltronics AG.

An der Gründungsveranstaltung für das THM in Freiberg nahm neben den beiden Institutsleitern Prof. Ryssel (IISB) und Prof. Luther (ISE) sowie leitenden Vertretern der Freiburger Firmen, der TU Bergakademie Freiberg und der Stadt- und Landkreisverwaltung auch die sächsische Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst, Barbara Ludwig, teil.

### **Tagung über Hilfsenergieversorgungen (APUs)**

Die zunehmende Elektrifizierung von Fahrzeugen erfordert die Bereitstellung von immer mehr elektrischer Energie; Standklimatisierung und Infotainment sind nur einige der Herausforderungen. Gerade bei stehenden Fahrzeugen ist die Darstellung von Kühlleistung über die Kombination von Lichtmaschine und einem elektrischen Energiespeicher zeitlich nur sehr begrenzt möglich.

Hilfsenergieversorgungen, sog. APUs (Auxiliary Power Units) werden deshalb

in Zukunft stark an Bedeutung gewinnen. Dies gilt insbesondere, da der Stillstandsbetrieb - z.B. von LKWs auf Rastanlagen zur Erzeugung von elektrischer Energie und Kälteleistung - durch Umweltschutzvorschriften immer stärker eingeschränkt werden wird.

Im Rahmen der APU-Tagung am 26. Oktober 2005 am IISB wurden von führenden Fachleuten deutscher und US-amerikanischer Firmen konkurrierende Konzepte zur Energieerzeugung in Fahrzeugen vorgestellt. Beleuchtet wurden SO- und PEM-Brennstoffzellensysteme ebenso wie Konzepte auf der Basis innovativer Verbrennungsmotoren. So präsentierte beispielsweise das DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte mit dem Freikolbenlineargenerator (FKLG) einen völlig neuen Ansatz für Verbrennungsmotoren.

Ein alternativer Ansatz zur Deckung des steigenden elektrischen Energiebedarfs in Pkws sind Hybridfahrzeuge. Toyota/Lexus Deutschland stellte die Technik des RX400h vor und brachte ein Fahrzeug für Probefahrten gleich mit.

Dr. März vom IISB stellte neue Konzepte zur Systemintegration der für die APU-Lösungen erforderlichen Leistungselektronik vor.

Die Konfrontation alternativer Entwicklungsansätze führte zu einem außerordentlich fruchtbaren Gedankenaustausch und zum Wunsch nach einer Vertiefung im Rahmen von Pilotprojekten bzw. einer Folgetagung.

Veranstaltet wurde die APU-Tagung vom IISB, dem Center for Transportation & Logistics - Neuer Adler e.V. (CNA) aus Nürnberg und dem DLR-Institut für Fahrzeugkonzepte in Stuttgart.

### **ITRS 2005 -Neue Roadmap wurde vorgestellt**

Am 13. Dezember wurde auf einer von der ITRS (<http://public.itrs.net>) ausgerichteten Konferenz in Seoul die neu erstellte Ausgabe für 2005 der International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) erstmals der Öffentlichkeit vorgestellt.

Bei der ITRS handelt es sich um das weltweit wichtigste industrielle Strategiepapier bezüglich der benötigten Forschung an Technologien für die Nanoelektronik. Die ITRS macht Voraussagen für die weitere Entwicklung der Nanoelektronik entsprechend des Mooreschen Gesetzes: Unter anderem wird abgeschätzt, zu welchem Zeitpunkt aufeinander folgende Technologiegenerationen (ausgedrückt u.a. im "DRAM Half Pitch" in Nanometern) in Produktion gehen werden und welche Schlüsselparameter (wie Transistoren pro Chip, Chipfläche, Schaltfrequenz) sie haben werden.

Hierauf aufbauend haben 14 Arbeitsgruppen (so genannte "International Technology Working Groups", ITWGs) die Forschungsanforderungen auf den benötigten Technologiefeldern erarbeitet. Neben der detaillierten Beschreibung im Text der Roadmap erfolgt auch eine prägnante Darstellung in Tabellen, u.a. der "Difficult Challenges" und der "Technological Requirements". Letzere enthalten auch die berühmten "Red Brick Walls" - Anforderungen, für die zum jetzigen Zeitpunkt keine fertigungstaugliche Lösung bekannt ist und die deshalb besonderer Forschungsanstrengungen bedürfen.

Das IISB stellt seit 2002 auf Wunsch der Industrie den ersten Leiter einer ITWG ("Modeling and Simulation"), der nicht aus den USA kommt, leitet seit 2004 zudem auch die ITWG "Yield Enhancement" und arbeitet darüber hinaus an

protection.

In the framework of the APU workshop held at IISB on October 26, 2005, leading experts from German and US American companies presented rivaling concepts of energy generation in vehicles. Among the presented concepts were SOFC and PEM fuel cell systems as well as concepts based on innovative combustion engines. For example, the Institute of Vehicle Concepts (FK) of the German Aerospace Center DLR showed a completely new approach for combustion engines, the Free Piston Linear Generator (FKLG).

Hybrid cars represent another alternative approach to meet the increasing energy demand in automobiles. Toyota/Lexus Germany presented the technology of the RX400h and even brought a vehicle for test drives.

Dr. März of IISB presented new concepts for the system integration of the power electronic groups and components that will be required for all APU solutions.

The confrontation of alternative development approaches led to an exceptionally fruitful thought exchange and

gave rise to the wish to intensify such cooperation in the framework of corresponding pilot projects or a follow-up workshop.

The APU workshop was organized by IISB, by the Center for Transportation and Logistics - Neuer Adler e.V. (CNA) from Nuremberg and the DLR Institute of Vehicle Concepts in Stuttgart.

### ***ITRS 2005 - New Roadmap Presented***

On a conference hosted in Seoul by the ITRS (<http://public.itrs.net>) on December 13, the new 2005 edition of the International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) was presented to the public for the first time.

The ITRS is the world's most important industrial strategy paper with regard to the required research efforts in technologies relevant to nanoelectronics. The ITRS makes predictions regarding the future development of nanoelectronics according to Moore's Law. Among other things, it estimates at which times successive technology generations (expressed e.g. in DRAM Half Pitch in nanometers) will reach production and which key parameters (such as transistors per chip, chip size, chip frequency)

they will have.

On this basis, 14 working groups (so-called International Technology Working Groups, ITWGs) have elaborated the research requirements in the respective fields of technology. Beside detailed descriptions contained in the text of the roadmap, the material is also graphically displayed in tables, e.g. on Difficult Challenges and Technological Requirements. The latter also contain the famous Red Brick Walls, i.e. requirements for which a manufacturable solution has not been found yet and which consequently call for particular research efforts.

Since 2002, IISB has provided the first non-US head of an ITWG (Modeling and Simulation) on request of the industry. Additionally, IISB has led the ITWG Yield Enhancement since 2004 and is involved in the activities of the ITWG Factory Integration. This is a further proof of the high importance of the institute in worldwide nanoelectronics.

### ***Girls and Technology Practical Training 2005***

The Girls and Technology practical training 2005 took place from September 5 to September 9 at the Faculty of Engineering Sciences of the University of Erlangen-Nuremberg in cooperation with the Erlangen Fraunhofer institutes. The event is aimed at female secondary school students of the 8th - 10th grade.

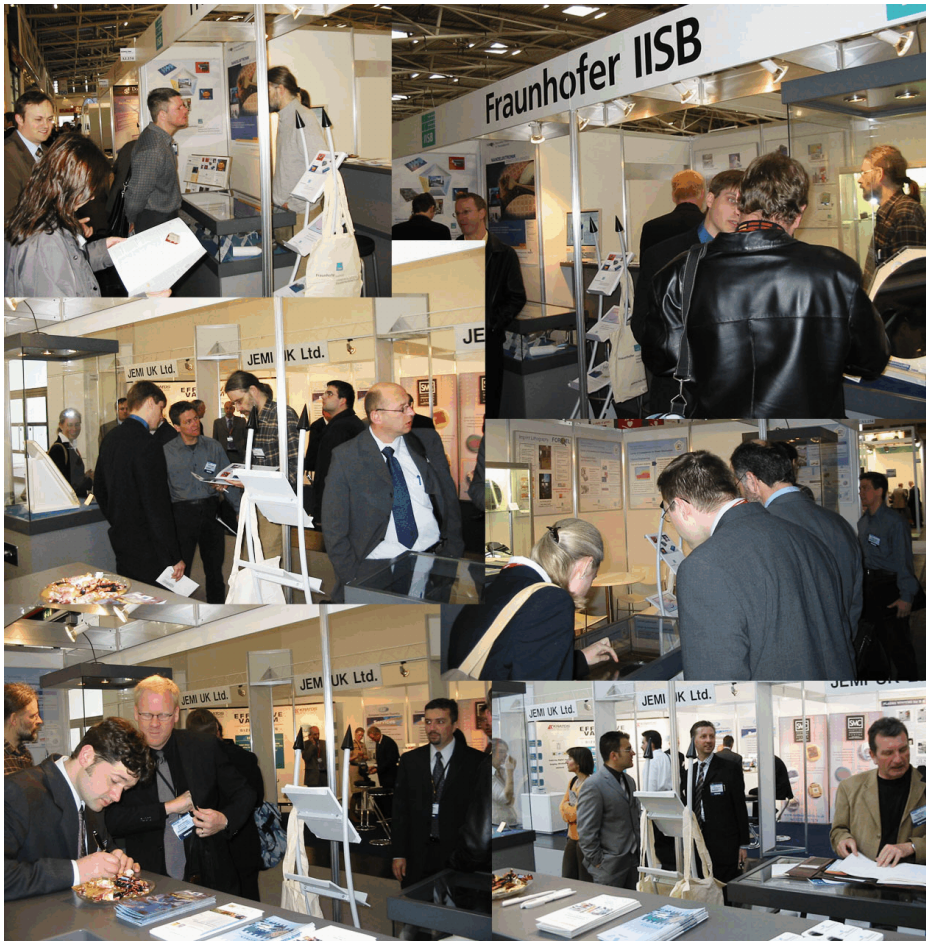
Like in previous years, Fraunhofer IISB and the Chair of Electron Devices (LEB) were involved the program with a total of five experiments that offered participants the opportunity to get some insights into technology and application of integrated circuits.

During a guided tour through the cleanroom themed "How clean is



Hybridfahrzeuge am Rande der APU-Tagung;  
Hybrid cars presented during the workshop on Auxiliary Power Units.





IISB Ausstellungsstand auf der SEMICON Europa 2005 in München;  
IISB booth at the SEMICON Europe 2005 in Munich.

der ITWG "Factory Integration" mit. Dies ist ein weiterer Beleg für den hohen Stellenwert des Institutes in der weltweiten Nanoelektronik.

### **Praktikum Mädchen & Technik 2005**

Das diesjährige Praktikum fand vom 5. bis 9. September an der Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg in Kooperation mit den Erlanger Fraunhofer-Instituten statt. Zielgruppe der Veranstaltung sind Gymnasiastinnen der 8. - 10. Jahrgangsstufe.

Wie in den vorigen Jahren haben sich das Fraunhofer IISB und der Lehrstuhl für elektronische Bauelemente (LEB) mit insgesamt fünf Versuchen beteiligt, in denen den Teilnehmerinnen die Möglichkeit geboten wird, Einblicke in die

Technologie und Anwendung von integrierten Schaltungen zu gewinnen.

Während des Versuches Reinraumführung - wie sauber ist "reinst"? (IISB) wurde den Schülerinnen beispielsweise demonstriert, welche hohen Anforderungen an die Reinheit bei der Produktion von elektronischen Bauelementen gestellt werden und mit welchem Aufwand diese erfüllt werden.

Im Praktikumsversuch Untersuchung der Solarzellen - Aus Licht Strom machen (LEB) - wird gezeigt, wie eine Solarzelle funktioniert, wie sie hergestellt wird und welche Einflußfaktoren für ihren Betrieb von Bedeutung sind.

Die drei weiteren Versuche wurden zum zweiten Mal vom IISB angeboten:

Berührungslose Temperaturmessung mit Wärmebildkamera und thermische Modellierung mit dem PC, Simulation optischer Lithographiesysteme sowie der MOS-Transistor - Ein Bauelement, das die Welt bewegt.

Ausführliche Informationen sind unter [www.maedchen-technik.de](http://www.maedchen-technik.de) zu finden.

### **Das IISB auf der SEMICON Europa 2005**

Auch in diesem Jahr präsentierte sich das IISB auf der SEMICON Europa in München, der wichtigsten Fachmesse in Europa für die Halbleiter- und Mikroelektronikindustrie. Nach dem erfolgreichen Auftakt im letzten Jahr war das IISB bei diesem wichtigen Ereignis, das vom 12. - 14. April 2005 stattfand, erneut mit einem Stand vertreten.

Neben den für die SEMICON klassischen Aktivitäten des IISB in den Bereichen Mikro- und Nanoelektronik, Front-End-Halbleitertechnologie, Halbleiterfertigung und Technologiesimulation waren dieses Mal verstärkt auch die Institutsbereiche Leistungselektronik und Kristallzüchtung präsent, deren Arbeiten großes Interesse fanden. Gerade die Breite seiner Kompetenzen macht das IISB zu einem attraktiven Partner für Forschung und Entwicklung.

### **Leistungselektronik für die Autos von morgen - offizielle Eröffnung des ZKLM**

Das Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik (ZKLM, Leitung Dr. Martin März) des IISB in Nürnberg wurde am 10. Juni 2005 in Gegenwart von hochrangigen Vertretern aus Politik und Wirtschaft eröffnet. Es hatte bereits im Herbst 2004 seine Arbeit in den Räumen des Energietechnologischen Zentrums (etz) in Nürnberg aufgenommen. Das IISB plant, mit dem ZKLM zu einer international führenden For-

clean?", for example, the students were demonstrated the strict cleanliness requirements during the production of electronic devices and the elaborate measures with which these requirements are met.

The practical experiment Investigation of Solar Cells - Converting Light to Electricity (LEB) showed how a solar cell works, how it is manufactured, and which factors can influence its operation.

The remaining three experiments were offered by the IISB for the second time: Non-contact Temperature Measurement Using a Thermal Image Camera and Thermal Modeling on a PC, Simulation of Optical Lithography Systems, and The MOS Transistor - A Device that Moves the World.

Detailed information can be obtained from [www.maedchen-technik.de](http://www.maedchen-technik.de).

### ***IISB at SEMICON Europa 2005***

IISB presented itself at the SEMICON Europa in Munich, the most important trade fair in Europe for the semiconductor and microelectronics industry, this year again. After a successful start in the last year, the IISB was once more represented with a booth at this important event, held from April 12 - 14, 2005.

Apart from activities of the IISB in those areas which are classic for SEMICON, such as micro and nanoelectronics, front-end semiconductor technology, semiconductor manufacturing, and technology simulation, the institute departments of power electronics and crystal growth were more present this time and were received with great interest. It is exactly this wide range of competencies which makes the IISB an attractive partner for research and development.



Offizielle Eröffnung des ZKLM  
Official Inauguration of the ZKLM.

### ***Power Electronics for Tomorrow's Cars - Official Inauguration of the ZKLM***

The Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics (ZKLM, chaired by Dr. Martin März) of the IISB in Nuremberg was officially inaugurated on June 10, 2005, in the presence of high-ranking guests from politics and economy. It had already taken up operations in autumn 2004 on the premises of the Energy Technological Center (etz) in Nuremberg. The IISB is planning to become an internationally leading research and development institution for power electronics and mechatronics with the aid of the ZKLM. Focal points in the activities of the ZKLM include e.g. issues about the mechatronic 3D integration of power electronics, the integration of passive devices and sensors, and about high temperature electronics, packaging, thermal management, and system reliability.

### **Honors and Awards**

#### ***IISB Staff Member Awarded with Christophorus Medal***

In the framework of a function held in Garmisch-Partenkirchen on April 15, 2005, Bavarian Minister-President Dr. Edmund Stoiber awarded the Christophorus Medal to 56 Bavarians who rescued other people's lives. One of the laureates was Bernd Tollkühn, member of the lithography group of IISB. In March 2004, he had rescued a boy in danger of drowning in the river Hollerbach in Bamberg from the water.

#### ***80th birthday of Dr. Dietrich Ernst***

On the occasion of his 80th birthday and in recognition of his services to microelectronics in the region, Dr. Dietrich Ernst, chairman of the Förderkreis für die Mikroelektronik, receives a present



schungs- und Entwicklungseinrichtung für Leistungselektronik und Mechatronik zu werden. Schwerpunkte der Arbeiten am ZKLM sind beispielsweise Fragen der mechatronischen 3D-Integration von Leistungselektronik, der Integration von passiven Bauelementen und Sensoren, der Hochtemperaturelektronik, der Aufbau- und Verbindungstechnik, des thermischen Managements und der Systemzuverlässigkeit.

## Auszeichnungen und Preise

### *IISB-Mitarbeiter mit Christophorus-Medaille ausgezeichnet*

Im Rahmen einer Festveranstaltung in Garmisch-Partenkirchen wurden am 15. April dieses Jahres 56 Bayern vom Bayerischen Ministerpräsidenten Dr. Edmund Stoiber mit der Christophorus-Medaille ausgezeichnet. Darunter auch Bernd Tollkühn, Mitarbeiter in der Gruppe Lithographie des IISB. Er hatte im März des vergangenen Jahres in Bamberg einen Jungen, der im dortigen Hollerbach zu ertrinken drohte, aus dem Wasser gerettet.

### *80. Geburtstag Dr. Dietrich Ernst*

Anlässlich seines 80. Geburtstages im September und in Anerkennung seiner Verdienste für die Mikroelektronik in der Region überreicht Institutsleiter Prof. Ryssel dem Vorsitzenden des Förderkreises für die Mikroelektronik, Dr. Dietrich Ernst, im Rahmen der Kuratoriumssitzung des IISB am 14. Oktober ein Präsent.

### *Best Paper Award für Dr. Andreas Erdmann*

Dr. Andreas Erdmann, Gruppenleiter für Lithographie am IISB, wurde bei der 21. European Mask and Lithography Conference 2005 (EMLC 2005), 31.



80. Geburtstag Dr. Dietrich Ernst (rechts);  
80th birthday of Dr. Dietrich Ernst (right hand).

Januar - 3. Februar 2005, Dresden, mit dem Best Paper Award ausgezeichnet.

### *Fraunhofer-Medaille für Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger*

Für seine außerordentlichen Verdienste um die Institute IIS und IISB wurde Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger (rechts) die Fraunhofer-Medaille verliehen. Der ehemalige Präsident der Universität Erlangen-Nürnberg war ein Mann der ersten Stunde: Schon bei der Anbahnung und Gründung der beiden Institute erwies er sich als engagierter Mitstreiter und Förderer. Seit 1986 ist er Mitglied im Kuratorium des IISB und hatte von 1993 bis 2002 den Vorsitz des damals gemeinsamen Kuratoriums von IIS und IISB inne. Fraunhofer-Vorstandsmitglied Dr. Alfred Gossner überreichte die Medaille anlässlich der Kuratoriumssitzung des IISB am 14. Oktober in Erlangen.

### *Jubiläum*

Anlässlich von 20 Jahren erfolgreicher Zusammenarbeit des Fraunhofer IISB mit dem Forschungsinstitut für Technische Physik und Materialwissenschaften (MFA) der ungarischen Akademie der Wissenschaften sowie des 20-jährigen Bestehens des IISB übergibt Prof. Jozsef Gyulai (re.) vom MFA an Prof. Heiner Ryssel, den Leiter des IISB, eine Ehrentafel.

### *Promotionspreis der Staedtler-Stiftung für Dr. Marc Hainke*

Dr. Marc Hainke, ehemaliger Mitarbeiter der Abteilung Kristallzüchtung am IISB, erhielt für seine Dissertation "Berechnung von Konvektion und Erstarrung metallischer Legierungen mit dem Softwarepaket CrysVUn" den Promotionspreis der Staedtler-Stiftung.

### *Lehrbefugnis für zwei IISB Mitarbeiter erteilt*

Die Lehrbefugnis mit dem Recht zur Führung der Bezeichnung Privatdozent wurde von der Universität Erlangen-Nürnberg erteilt

- Herrn Dr. rer. nat. Lothar Frey, Abteilungsleiter für Technologie am IISB,
- Herrn Dr. techn. Peter Pichler, Gruppenleiter für Dotierung am IISB.

### *VDE/VDI-GMM-Preis*

Der diesjährige VDE/VDI-GMM-Preis ging an Dr. Bernd Fischer und Dr. Jochen Friedrich, beide Mitarbeiter des Fraunhofer IISB. Die beiden Forscher erhielten die Auszeichnung für ihre 2005 im Journal of Crystal Growth erschienene Publikation über die Simulation von Kristallzüchtungsprozessen. Neben einer Darstellung zum aktuellen Stand der Technik geben die beiden Forscher einen wegweisenden Ausblick auf den Einsatz neuartiger Optimierungsverfahren.

### *Waeber-Innovationspreis Mikroelektronik 2005 für Mitarbeiter des IISB und der Firma Semikron.*

Der Innovationspreis Mikroelektronik wird jährlich für herausragende wissenschaftliche Leistungen ausgeschrieben und ist mit 3000 Euro dotiert. Bei der



from IISB director Prof. Ryssel in the framework of the meeting of the Advisory Board of IISB on October 14.

### **Best Paper Award for Dr. Andreas Erdmann**

Dr. Andreas Erdmann, leader of the lithography group at IISB, has achieved the Best Paper Award at the 21st European Mask and Lithography Conference 2005 (EMLC 2005), held in Dresden from January 31 to February 3, 2005.

### **Fraunhofer Medal for Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger**

For his extraordinary contributions to the institutes IIS and IISB, Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger (right) has been awarded the Fraunhofer Medal. The former president of the University of Erlangen-Nuremberg was a pioneer: As early as during the initiation and foundation of the institutes, he already proved to be a committed supporter. Since 1986, he has been member of the Advisory Board of IISB, and from 1993 to 2002 he was chairman of what was then the joint advisory board of both IIS and IISB. Dr. Alfred Gossner, member of the Fraunhofer Executive Board, handed the medal to Prof. Dr. Fiebiger on the occasion of the meeting of the IISB Advisory Board in Erlangen



Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger (rechts) und Fraunhofer-Vorstandsmitglied Dr. Alfred Gossner; Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger (right hand) and Dr. Alfred Gossner, member of the Fraunhofer Executive Board.

on October 14.

### **Anniversary**

On the occasion of 20 years of successful cooperation between Fraunhofer IISB in Erlangen and the Research Institute for Technical Physics and Materials Science (MFA) of the Hungarian Academy of Sciences as well as of the 20th anniversary of IISB itself, Prof. Jozsef Gyulai of the MFA hands over a commemorative plaque to IISB director Prof. Heiner Ryssel.

### **Staedtler PhD prize for Dr. Marc Hainke**

Dr. Marc Hainke, former IISB staff member of the Department of Crystal Growth, was awarded the Staedtler PhD prize for his dissertation "Calculation of Convection and Solidification of



Dr. Marc Hainke.

Metallic Alloys with the Software Package CrysVUn".

### **Lecturing Qualification for IISB Employees**

The University of Erlangen-Nuremberg has granted lecturing qualification and the right to hold the title of Privatdozent to

- Dr. rer. Nat. Lothar Frey, head of Technology Department at the IISB,
- Dr. techn. Peter Pichler,

group leader for doping at the IISB.

### **VDE/VDI GMM prize**

This year's VDE/VDI GMM prize is awarded to Dr. Bernd Fischer and Dr. Jochen Friedrich, both staff members of Fraunhofer IISB. The two researchers received the award for their article about the simulation of crystal growth processes which was published in the Journal of Crystal Growth in 2005. In addition to an overview of the current state of the art, the researchers gave a



Die Preisträger Dr. Bernd Fischer (links) und Dr. Jochen Friedrich (rechts); The laureates Dr. Bernd Fischer (left) and Dr. Jochen Friedrich.

groundbreaking prospect on the application of novel optimization techniques.

### **Waeber Prize for Innovation in Microelectronics 2005 Awarded to Members of the IISB and of the Company Semikron**

The Prize for Innovation in Microelectronics is awarded annually for exceptional scientific achievements and endowed with 3,000 Euros. Especially the progress concerning insights into microelectronics is an important criterion for the judgment of the jury, and practical use for commercial applications is valued highly.

The prize was handed over by the chair-

Beurteilung durch die Jury wird insbesondere der Erkenntnisfortschritt für die Mikroelektronik berücksichtigt und Wert auf die praktische Verwertung durch die Wirtschaft gelegt. Der Preis wurde vom Vorsitzenden des Förderkreises für die Mikroelektronik, Dr. Dietrich Ernst, überreicht. Preisträger sind Dr. Martin März und Stefan Zeltner vom IISB sowie Dr. Reinhard Herzer und Jan Lehmann von der Nürnberger Semikron Elektronik GmbH. Sie werden für ihre gemeinsame Arbeit "Entwicklung und Kommerzialisierung eines neuartigen IGBT-Treibers für intelligente Leistungsmodule ausgezeichnet.

Leistungshalbleiter wie IGBTs agieren als elektronische Schalter in leistungselektronischen Systemen. Die Preisträger haben einen neuen Lösungsansatz für die gemeinsame Übertragung von Information und Energie über eine einzige induktive Koppelstrecke entwickelt. Es gibt dafür eine Anzahl von Anwendungsgebieten, z.B. in der Automobilindustrie.

Durch die Kooperation mit Semikron konnten gemeinsame Entwicklungen vorangetrieben und in ein anwendungsspezifisches IC gebracht werden. Semikron ist weltweit die Nummer 2 bei intelligenten Treibermodulen. Das innovative Bauteil verursacht nach Aussagen der Firma 20 % weniger Kosten und führt damit zu Wettbewerbsvorteilen auf dem internationalen Markt.



Die Preisträger des Waeber-Innovationspreises 2005 (von links nach rechts): Jan Lehmann und Dr. Reinhard Herzer (Semikron), Dr. Martin März und Stefan Zeltner (IISB);

The laureates of the Waeber Innovation Prize 2005 (from left to right): Jan Lehmann and Dr. Reinhard Herzer (Semikron), Dr. Martin März and Stefan Zeltner (IISB).

man of the "Förderkreis für die Mikroelektronik", Dr. Dietrich Ernst. The laureates were Dr. Martin März and Stefan Zeltner of the IISB as well as Dr. Reinhard Herzer and Jan Lehmann of Semikron Elektronik GmbH in Nuremberg. They were awarded for their joint project "Development and Commercialization of a New IGBT Driver for Intelligent Power Modules"

Power semiconductors like IGBTs act as electronic switches in power electronic systems. The laureates found a new approach to a solution for the simultaneous transmission of information and energy through a single inductive coupling path, for which there is a wide range of applications, e.g. in automotive industry.

Through cooperation with Semikron, joint developments could be pushed and implemented in an application-specific IC. Semikron is the world's number 2 in the field of intelligent driver modules. According to the company, the innovative device allows for a cost reduction of 20 % and thus leads to an advantage in competition on the international market.

## Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.

Vor über 20 Jahren erkannten die Gründer des gemeinnützigen "Förderkreises für die Mikroelektronik e.V." die Auswirkung und Rolle der Mikroelektronik auf allen technischen Gebieten und in fast allen Lebensbereichen, die als Schlüsseltechnologie und Innovationsmotor über die Wirtschaftskraft, die Arbeitsplätze und den Wohlstand einer High-Tech-produzierenden Nation wie Deutschland entscheidet und somit für einen Wirtschaftsstandort eine essentielle Bedeutung hat. So wurde 1983 der „Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.“ aus der Taufe gehoben mit dem Ziel, die Mikroelektronik im und für den nordbayerischen Raum zu fördern. Dies wurde durch großzügige Spenden der Wirtschaft, umfangreiche Fördermittel der Bayerischen Staatsregierung, die permanente Unterstützung der IHK Nürnberg für Mittelfranken sowie erhebliche Investitionen der Fraunhofer-Gesellschaft ermöglicht und hat in der Neugründung von Lehrstühlen der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft (u.a. des IISB) mit hochmoderner Ausstattung resultiert.

Neben den Mitgliedern aus der Wirtschaft setzen sich die akademischen Partner des Förderkreises aus den beiden Erlanger Fraunhofer-Instituten IIS und IISB sowie von Seiten der Universität Erlangen-Nürnberg aus den Lehrstühlen für Technische Elektronik, für Rechnergestützten Schaltungsentwurf, für Informationstechnik mit Schwerpunkt Kommunikationselektronik sowie dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente zusammen, den mit Prof. H. Ryssel der Leiter des IISB innehat.

Die umfangreichen Aktivitäten des Förderkreises umfassen:

- Förderung der Zusammenarbeit zwi-

schon Forschung, Entwicklung und Nutzung durch die Wirtschaft

- Unterstützung technisch-wissenschaftlicher Veranstaltungen und Präsentationen
- Vergabe von Preisen und Stipendien

Gerade durch den letzten Punkt verwirklicht der Förderkreis seine Zielsetzung, Forschung, Entwicklung, Lehre und Technologietransfer zusammen mit seinen Partnern zu fördern. So wurde 1996 der "Innovationspreis Mikroelektronik" gestiftet, der seitdem jährlich verliehen wird und mit 3000 Euro dotiert ist. Kriterien bei der Vergabe des Preises sind vor allem ein herausragender Erkenntnisfortschritt auf dem Gebiet der Mikroelektronik, aber auch dessen Umsetzung in Form einer praktischen Nutzung durch die gewerbliche Wirtschaft. Neben einer Auszeichnung für besondere Leistungen auf dem Gebiet der Mikroelektronik soll dieser Preis auch einen Ansporn für innovatives Engagement und die Stärkung des Wirtschaftsstandortes Deutschland, der für seine Behauptung auf dem Weltmarkt auf Höchsttechnologie angewiesen ist, darstellen. Auch das IISB konnte mit Dr. Thomas Falter (1996, mit Fa. GeMeTec), Dr. Lothar Frey (1999, mit Fa. Nanosensors GmbH), Dr. Andreas Erdmann (2000, mit Fa. Sigma-C GmbH) und Marc Hainke, Dr. Thomas Jung, Flaviu Jurma-Rotariu, Dr. Matthias Kurz, Dr. Michael Metzger und Artur Pusztai (2002) sowie Dr. Martin März und Stefan Zeltner (2005, mit Fa. Semikron), Preisträger stellen.

Ebenso hat der Förderkreis die Bedeutung der Zukunftssicherung in der technischen Ausbildung erkannt. In diesem Zusammenhang wurde im Jahr 2000 ein mit 500 Euro dotierter Jugendpreis ins Leben gerufen, um das Interesse und Engagement unserer Jugend als zukünftiger Gestalter des technischen Fortschritts zu fördern. Der Jugendpreis, der ebenfalls jährlich in ganz Bayern an

ca. 300 Schulen ausgeschrieben wird, findet äußerst reges Interesse.

Ein weiteres Instrument der Förderung durch den Förderkreis stellt ein Promotionsstipendium dar, mit dem besonders qualifizierte wissenschaftliche Nachwuchskräfte, die an einem der Mikroelektronik-Lehrstühle der Universität Erlangen-Nürnberg ihre Promotion durchführen, über einen Zeitraum von zwei Jahren mit 720 Euro pro Monat unterstützt werden können. Mit Frau Noemi Banos (Abteilung Kristallzüchtung) wurde eine Promotion am IISB gerade abgeschlossen.

Zudem unterstützt der Förderkreis den Aufenthalt von Gastwissenschaftlern und Diplomanden an den genannten Fraunhofer-Instituten und Mikroelektronik-Lehrstühlen.

Eine Unterstützung dieser Aktivitäten und Förderziele ist am besten durch eine Mitgliedschaft im Förderkreis umzusetzen. Einzelheiten hierzu und ausführliche Informationen über die Tätigkeiten des Förderkreises sind über untenstehende Kontaktadresse oder auch über das IISB zu erhalten. Für das IISB war der "Förderkreis für die Mikroelektronik e.V." auch im Jahre 2005 wieder ein guter und verlässlicher regionaler Partner.

Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.  
Vorstandsvorsitzender:  
Dr. sc. techn. h.c. Dietrich Ernst  
Geschäftsstelle:  
IHK Nürnberg für Mittelfranken

Ansprechpartner

Knut Harmsen  
Geschäftsführer des Förderkreises  
Tel. 09 11/13 35-3 20  
harmsen@nuernberg.ihk.de  
www.foerderkreis-mikroelektronik.de

## Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.

More than 20 years ago, the founders of the non-profit "Förderkreis für die Mikroelektronik e.V." (development association for microelectronics) recognized the influence and importance of microelectronics in all technical fields and almost all aspects of daily life, with microelectronics as a key technology and innovation motor being decisive for the economic power, jobs, and wealth of a high-tech producing nation like Germany and thus having an essential meaning for a business location. Therefore, the "Förderkreis für die Mikroelektronik e.V." was launched in 1983 with the goal of promoting microelectronics in and for the region of northern Bavaria. This was made possible by generous donations from industry, large subsidies from the Bavarian government, the permanent support by the IHK Nürnberg für Mittelfranken (the local CCI), as well as by enormous investments by the Fraunhofer-Gesellschaft, and resulted in the start-up of chairs of the Friedrich-Alexander University of Erlangen-Nuremberg and institutes of the Fraunhofer-Gesellschaft (among them the IISB) with ultra-modern equipment.

Besides the industrial members, academic partners of the Förderkreis are the two Fraunhofer institutes IIS and IISB in Erlangen, and of the University of Erlangen-Nuremberg the chairs of Electronics, Computer-Aided Circuit Design, Information Technology with Focus on Communication Electronics, as well as the Chair of Electron Devices, which is held by the head of the IISB, Prof. H. Ryssel.

The large activities of the Förderkreis include:

- Promotion of the cooperation between research, development and utilization by industry
- Support of technical and scientific events and presentations
- Granting of awards and grants

Especially by the last item, the Förderkreis realizes its goal of promoting research, development, teaching and technology transfer together with its partners. Thus, in 1996 an innovation award for microelectronics was founded, which is annually granted and endowed with 3000 Euro. Criterion for the jury is mainly an outstanding progress in the field of microelectronics, but also its transfer by a practical utilization by industry. Besides a decoration for special achievements in the field of microelectronics, this award also represents a stimulation for innovative activities and the strengthening of the business location Germany, which depends on ultra-high technology for competing in the world market. The IISB could already provide some of the laureates with Dr. Thomas Falter (1996, together with GeMeTec), Dr. Lothar Frey (1999, together with Nanosensors GmbH), Dr. Andreas Erdmann (2000, together with Sigma-C GmbH), and Marc Hainke, Dr. Thomas Jung, Flaviu Jurma-Rotariu, Dr. Matthias Kurz, Dr. Michael Metzger as well as Artur Pusztai (2002) and Dr. Martin März and Stefan Zeltner (2005, together with Semikron).

Furthermore, the Förderkreis has recognized the importance of protection the future of technical education. In this context, in 2000 a youth award endowed with 500 Euro was created in order to support the interests and activities of young people as the future creators of our technical progress. The youth award, which is annually announced in about 300 schools in Bavaria, induces a brisk interest.

Another instrument of promotion by the Förderkreis is a PhD grant, by which especially qualified young PhD students who work on their thesis at one of the microelectronics chairs of the University of Erlangen-Nuremberg, can be supported with 720 Euro per month over a period of two years. With Ms. Noemi Banos (crystal growth department), the IISB has a beneficiary of this grant among its staff.

Moreover, the Förderkreis supports the stays of guest scientists and graduates at the listed Fraunhofer institutes and microelectronics chairs.

A support of these activities and promotion goals can be achieved best by a membership in the Förderkreis. Details on this and extended information on the activities of the Förderkreis can be obtained from the contact address below or also from the IISB.

For the IISB, the "Förderkreis für die Mikroelektronik" again was a good and reliable regional partner.

Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.  
Chief Executive Officer  
Dr. sc. techn. h.c. Dietrich Ernst  
Office:  
IHK Nürnberg für Mittelfranken

### Contact

Knut Harmsen  
Managing Director of the "Förderkreis"  
Tel. 09 11/13 35-3 20  
harmsen@nuernberg.ihk.de  
www.foerderkreis-mikroelektronik.de



## Gastwissenschaftler Guest Scientists

Faina, Bogdan  
01.10. - 31.12.2005  
Rumänien / Romania  
*Wachstum und Charakterisierung von GaN*  
*Growth and Characterization of GaN*

Petrik, Dr., Peter  
01.12. - 31.12.2005  
Ungarn / Hungary  
*Optische Charakterisierung von Mikro- und Nanostrukturen*  
*Optical Characterization of Micro- and Nanostructures*

Salcianu, Carmen  
01.01. - 31.03.2005  
Rumänien / Romania  
*Wachstum und Charakterisierung von GaN*  
*Growth and Characterization of GaN*

Sukhanov, Yakov  
01.04. - 31.12.2005  
Russland / Russia  
*Plasmaspektroskopie*  
*Plasmaspectroscopy*

Vizman, Dr., Daniel  
Rumänien / Romania  
*Entwicklung und Anwendung des Hochleistungs-Computer-Codes STHAMAS3D*  
*Development and Application of the High Performance Computer Code STHAMAS3D*

Yudichev, Vasiliev  
Russland / Russia  
01.07. - 31.12.2005  
*Hochauflösende elektrische Charakterisierung von Hoch-epsilon-Schichten mittels Rasterkraftmikroskopie*  
*High Resolution Electrical Characterization of High-k Layers Using Atomic Force Microscopy*

## Patenterteilungen Patents

März, M., Schimanek, E., Zeltner, S.:  
*Induktives Koppellement und Verfahren zur Herstellung desselben*  
Deutsches Patent DE 10 2004 026 052  
erteilt am 11. August 2005

Graf, A., März, M., Saliternig, M.:  
*Sicherungselement mit Auslöserunterstützung*  
zum Patent angemeldet  
Prio-Tag: 27. Mai 2005

Graf, A., März, M., Saliternig, M.:  
*Elektrisches Bauteil mit abgesichertem Stromzuführungsanschluß*  
zum Patent angemeldet  
Prio-Tag: 27. Mai 2005

Graf, A., März, M., Saliternig, M.:  
*Absicherungsschaltung*  
zum Patent angemeldet  
Prio-Tag: 27. Mai 2005

Ryssel, H., März, M.:  
*Bekleidungsstück*  
zum Patent angemeldet  
Prio-Tag: 18. Februar 2005

März, M., Schimanek, E., Schletz, A., Brunner, D.,  
*Direktgekühlte Leistungsmodule mit keramischer Grundplatte*  
zum Patent angemeldet  
Prio-Tag: 6. Dezember 2005

**Mitarbeit in Fachgremien,  
Fachverbänden und Komitees**  
**Participation in Committees**

Bauer, A.

- ITG Informationstechnische Gesellschaft im VDE, Fachbereich 8 Mikroelektronik, Fachausschuß 8.1 Festkörpertechnologie, Fachgruppe: Heißprozesse

Burenkov, A.

- Member of the Program Committee of the "6<sup>th</sup> International Conference on the Interaction of Radiations with Solids" (IRS 2005), September 28 - 30, 2005, Minsk, Belarus

Erdmann, A.

- Mitglied im Programmkomitee der CLEO Europe, 13. - 17. Juni 2005, München

Fischer, B.

- Geschäftsführer des "Bayerischen Forschungsverbands für Nanoelektronik" (FORNEL)

Frey, L.

- Mitglied in der Informationstechnischen Gesellschaft (ITG): Fachbereich 5.6.2 Qualität und Zuverlässigkeit - Analysestrategien
- Leiter der GMM-Fachgruppe 6.2.6 „Inspektion und Analytik“

Frickinger, J.

- Leader of the "SEMI International Environmental Contamination Control Task Force"
- Mitglied der „GMM-Nutzergruppe Inspektion & Analytik“
- Mitglied des VDI Ausschusses "Reinraumtechnik - Chemische Kontamination (AMC/SMC)"

Friedrich, J.

- Member of the Steering Committee "GaN-Substrates" of the German BMBF

- Member of the board of directors of the "German Crystal Growth Association" (DGKK)

Lorenz, J.

- Member of the MEDEA+ Scientific Sub-committee on Manufacturing Science
- Member of the Technical Committee of the "2005 International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices" (SISPAD 2004), Tokyo, Japan, September 1 - 3, 2005
- Member of the Program Committee of the "35<sup>th</sup> European Solid-State Device Research Conference" (ESSDERC'05): Sub-committee "Process and Device Simulation", Grenoble, France, September 12 - 16, 2005
- Member of the Electrochemical Society
- Member of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- Chairman of the Modeling and Simulation International Working Group (ITWG) of the ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors)
- Member of the Sub-committee "Modeling and Simulation" of the 2005 International Electron Devices Meeting (IEDM), Washington, D.C., USA, December 5 - 7, 2005

März, M.

- Mitglied des wissenschaftlich-technischen Komitees der CIPS (Conference on Integrated Power Systems)
- Mitglied des Fachbereichs Q1 im VDE ETG "Leistungselektronik und Systemintegration"
- Member of the Program Committee of the "Automatic Power Electronics (APE) Conference"
- Mitglied im Programmkomitee "Internationales Fachforum Mechatronik - ifm"

Müller, G.

- Associate Editor of the Journal "Crys-

- tal Growth and Technology"
- Associate Editor of the "Journal of Crystal Growth"
- Member of the Board of the Center of Competence for New Materials (Neue Materialien GmbH)
- Vorsitzender der Kommission für Studienangelegenheiten des Instituts für Werkstoffwissenschaften der Universität Erlangen-Nürnberg
- Chairman of the elite study program "Advanced Materials and Processes"

Öchsner, R.

- Member of the "Factory Integration Working Group (FITWG)" of the "International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS)"
- Member of the Advisory Committee online educa, International Conference on Technology Supported Training and Learning
- Member of SEMI European Equipment Automation Committee
- Member of SEMI Task Force: Equipment Productivity Metrics Task Force
- Member of SEMI Task Force: Cluster Tool RAM Task Force
- Member of SEMI Task Force: Process Control Systems (PCS)
- Member of SEMI Task Force: Data Quality
- Member of EuSIC Network

Pichler, P.

- Member of the Board of Delegates of the European Materials Research Society, 2005
- Member of the International Program Committee of the Conference "Gettering and Defect Engineering in Semiconductor Technology (GADEST)" 2005, September 25 - 30, 2005, Giens, France

Pfitzner, L.

- Honorarprofessor an der Universität Erlangen-Nürnberg, Fachbereich Elektrotechnik
- Chairman of the "Yield Enhancement Working Group" (ITWG) of the ITRS

- (International Technology Roadmap for Semiconductors)
- Chairman of the Program Committee for the "6<sup>th</sup> Annual European AEC/APC Conference 2005", April 6 - 8, Dublin, Ireland
  - Member of the Programme Committee of the International Symposium IEEE "International Symposium on Semiconductor Manufacturing" (ISSM)
  - Member of the Program Committee ISSM 2005 (IEEE "International Symposium on Semiconductor Manufacturing Conference"), October 2005, San José, CA, USA
  - VDE/VDI-Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik, Fachbereich 6 „Halbleitertechnologie und Halbleiterfertigung“, Leiter des Fachausschusses 6. 1 „Produktion und Fertigungsgeräte“
  - VDE/VDI-Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik, Fachbereich 6 „Halbleitertechnologie und Halbleiterfertigung“, Leiter der Fachgruppe 6.1.1 „Geräte und Materialien“
  - Co-chair of the SEMI Task Force "Environmental Contamination Control"
  - Co-chair of the Standardization Committee "Equipment Automation Standards Committee" of SEMI
  - Member of the "Global Committee" of SEMI
- Roeder, G.
- Head of the SEMI Integrated Measurement Task Force Europe
  - Koordinator der VDE/VDI-GMM-Fachgruppe 1.2.3 „Abscheide- und Ätzverfahren“
  - Coordinator of the EuSIC Network User Group "Integrated Metrology"
- Ryssel, H.
- International Committee of the Conference "Ion Implantation Technology" (IIT)  
The conference takes place biannually alternatingly in Europe, the USA, and East Asia.
  - Mitglied der „Informationstechnischen Gesellschaft“ (ITG): Leiter des Fachausschusses 8.1 „Festkörpertechnologie“
  - Mitglied der „VDE/VDI-Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik“, Leiter des Fachbereichs 1, „Mikro- und Nanoelektronik-Herstellung“, Leiter der Fachgruppe 1.2.2 „Ionenimplantation“
  - Mitglied des Beirats der Bayerischen Kooperationsinitiative Elektronik/ Mikrotechnologie (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie)
  - Member of the Electrochemical Society
  - Member of the Material Research Society
  - Mitglied der „Böhmischen Physikalischen Gesellschaft“
  - Fellow Member of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
  - Board of Editors of "Vacuum Technique and Technology", Minsk, Belarus
  - Editorial Board of "Radiation Effects and Defects in Solids" Taylor & Francis Ltd., Abingdon, U.K.
  - Mitglied der Studienkommission Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
  - Mitglied des Prüfungsausschusses der Technischen Fakultät
  - Mitglied der Studienkommission Mechatronik der Universität Erlangen-Nürnberg
  - Member of the European SEMI Award Committee
  - National Advisory Board of the Conference "Chemical Vapor Deposition" (EUROCVD)  
The conference takes place biannually in another European Country.
  - Program Committee of the Conference "Solid-State and Integrated-Circuit Technology" (ICSICT)
  - Scientific Committee of the Conference "MIGAS International Summer School on Advanced Microelectron-
- ics"
- The conference takes place in France every year.
- European Sub-committee of the International Symposium on VLSI Technology (IEEE VLSI-TSA)
  - Sprecher des "Bayerischen Forschungsverbunds für Nanoelektronik" (FORNEL)
- Schellenberger, M.
- Coordinator of the EuSIC User Group "Software"
  - Co-chair of the European SEMI-Taskforce "Process Control Systems"
  - Mitglied des Programm-Komitees der Europäischen AEC/APC-Konferenz

**Konferenzen und Workshops**  
**Conferences and Workshops**

*Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik*  
IISB, Erlangen  
fortlaufende Veranstaltung im Sommer- und Wintersemester 2005

*DGKK-Jahrestagung*  
Köln  
2. - 4. März 2005

*Erlanger Techniktage für die Bayerische Eliteakademie*  
IISB und Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen  
13. - 16. März 2005

*III-V-Arbeitskreis*  
IISB, Erlangen  
6. - 7. April 2005

*6<sup>th</sup> European Advanced Equipment Control/Advanced Process Control (AEC/APC) Conference*  
Dublin, Ireland  
6. - 8. April 2005

*APC Tutorial, 6<sup>th</sup> European Advanced Equipment Control/Advanced Process Control (AEC/APC) Conference*  
Dublin, Ireland  
6. - 8. April 2005

*2<sup>nd</sup> IISB Lithography Simulation Course*  
IISB, Erlangen  
11. - 12. April 2005

*PEAK-Seminar "Luft- und Kriechstrecken"*  
IISB, Erlangen  
14. April 2005

*BMBF-GaN-Koordinierungssitzung*  
IISB, Erlangen  
26. - 27. April 2005

*ORCAN Workshop*  
IISB, Erlangen

26. - 27. April 2005

*NanoCMOS / moreMoore Event "Challenges and Solution for Sub-45nm Technologies"*

Leuven, Belgium  
26. - 27. April 2005

*Kooperationsforum "Leistungselektronik: Systemintegration - Effizienz - Funktionalität"*  
IISB, Erlangen  
28. April 2005

*Girl's Day*  
IISB, Erlangen  
28. April 2005

*Branchendialog - Leistungselektronik in der Region Nürnberg*  
Nürnberg  
12. Mai 2005

*17. RTP Nutzertreffen*  
IISB, Erlangen  
12. Mai 2005

*33. Treffen Nutzergruppe Ionenimplantation*  
IISB, Erlangen  
13. Mai 2005

*Besuch des Sächsischen Ministerpräsidenten Dr. Milbradt*  
Freiberg  
25. Mai 2005

*MSL - Final Presentation*  
Nordwijk, Niederlande  
1. - 2. Juni 2005

*Yield Enhancement User Group Meeting bei Texas Instruments*  
Freising  
6. - 7. Juni 2005

*1. High-Tech- und Energie-Forum*  
Nürnberg  
10. Juni 2005

*Eröffnung des "Zentrums für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik -ZKLM"*  
Nürnberg  
10. Juni 2005

*Exkursion mit Studenten nach Schwabach*  
Schwabach  
14. Juni 2005

*Internationales Fachforum Mechatronik (BKM)*  
Augsburg  
15. - 16. Juni 2005

*Freiberger Siliciumtage*  
Freiberg  
15. - 17. Juni 2005

*Getaktete Stromversorgungen (OTTI)*  
Regensburg  
28. Juni 2005

*20-Jahr-Feier des IISB/IIS*  
IISB/IIS, Erlangen  
30. Juni 2005

*Symposium anlässlich der 20-Jahr-Feier des IISB*  
IISB, Erlangen  
1. Juli 2005

*Studentenseminar*  
Morschreuth  
13. - 14. Juli 2005

*PEAK-Seminar "Parasitäre Bauelemente und Oszillationen"*  
IISB, Erlangen  
26. Juli 2005

*Praktikum "Mädchen & Technik"*  
IISB, Erlangen  
5. - 9. September 2005

*3<sup>rd</sup> International Workshop on Crystal Growth Technology*  
Beatenberg, Schweiz  
10. - 18. September 2005

*3<sup>rd</sup> IISB Lithography Simulation Workshop*  
Pommersfelden  
16. - 18. September 2005

*Tagung des GMM-Fachausschusses -  
konstituierende Sitzung der  
GMM-Fachgruppe "Test"*  
IISB, Erlangen  
5. Oktober 2005

*IISB Jahrestagung "Energieeinsparung  
und rationelle Energienutzung durch Lei-  
stungselektronik" (Gemeinsames EC-  
PEIVDE-ETG/FhG-IISB-Seminar)*  
IISB, Erlangen  
13. Oktober 2005

*3<sup>rd</sup> Asian Conference on Crystal Growth  
and Crystal Technology*  
Beijing, China  
16. - 19. Oktober 2005

*Lange Nacht der Wissenschaften*  
IISB, Erlangen  
22. Oktober 2005

*Senkung von Emission und Verbrauch  
bei Nutzfahrzeugen und Pkw  
(APU-Workshop)*  
IISB, Erlangen  
26. Oktober 2005

*CMP Nutzertreffen*  
IISB, Erlangen  
28. Oktober 2005

*DGKK-Arbeitskreis Angewandte Simula-  
tion*  
Heigenbrücken  
3. - 4. November 2005

*Informationsveranstaltung zu Polierpro-  
zessen in der Halbleiterfertigung für Stu-  
denten der FH Trier*  
IISB, Erlangen  
10. November 2005

*Workshop 2005 "Adaption neuer Pro-  
zeßtechnologien auf vorhandenen Ferti-*

*gungsgeräten" der GMM-Arbeitsgruppe  
Abscheidung und Ätzen, Fachausschuß  
1.2: Verfahren*  
IISB, Erlangen  
21. November 2005

*Yield Enhancement User Group Meeting  
bei Infineon Technologies*  
Dresden  
28. - 29. November 2005

*PEAK-Seminar "Thermisches Manage-  
ment in der Leistungselektronik - Grund-  
lagen"*  
IISB, Erlangen  
8. Dezember 2005

## Messebeteiligungen Fairs and Exhibitions

*SEMICON Europa 2005*  
München  
11. - 14. April 2005

*PCIM 2005*  
Nürnberg  
7. - 9. Juni 2005

*Zulieferer Innovativ*  
BAIKA, Audi Forum, Ingolstadt  
6. Juli 2005

*Kooperationsforum Trends in der Moto-  
rentechnik*  
BAIKA, Passau  
9. November 2005

*SPS/IPC/DRIVES*  
Nürnberg  
22. - 24. November 2005





Berberich, Sven

**Entwicklung, Herstellung und Charakterisierung von integrierbaren Leistungsbau-elementen und einer Trench-Gate-Technologie**

In der vorliegenden Arbeit wird die Modellierung, Herstellung und Charakterisierung integrierbarer lateraler Leistungsbau-elemente beschrieben. Diese Bauelemente, Insulated-Gate-Bipolar-Transistoren (IGBT), wurden auf Silicon-On-Insulator- (SOI-) Substratmaterial hergestellt. Die laterale IGBT-Struktur mit Trench-Gate wurde bzgl. der Verbesserung ihrer Durchlaßeigenschaften untersucht. Deshalb wurde der IGBT mit einem dreifachen Trench-Gate simuliert. Der Vergleich mit einem Oberflächen-Gate und einem einfachen Trench-Gate zeigte, daß der IGBT mit der dreifachen Gate-Struktur einen mehr als vierfach höheren Durchlaßstrom aufwies. Der Vergleich der simulierten Durchlaßkennlinien von Trench-Gate-IGBTs mit einer einfachen und einer dreifachen Gate-Struktur (Single und Triple Gate) aus Fig. 1 verdeutlicht dies.

Die Anzahl der Trench-Gates pro Emitterbereich wird in erster Linie durch die gewählte Technologie begrenzt. Für

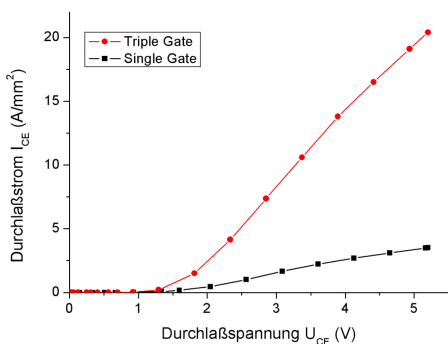


Fig. 1: Vergleich der Durchlaßcharakteristik zwischen Strukturen mit einer einfachen Trench-Gate-Struktur und einer dreifachen Trench-Gate-Struktur;  
Comparison of simulated forward conduction characteristics of trench gate IGBTs with a single and a triple gate structure.

diese Simulation wurde eine 0,8 µm-Technologie gewählt. Ferner wurde anhand von Simulation und Experiment eine optimale Pufferstruktur sowohl hinsichtlich der Blockier- wie auch der Durchlaßeigenschaften für den Punch-Through- (PT-) IGBT gefunden. Wie anhand der Simulationsergebnisse aus Fig. 2 ersichtlich ist, steigt die Durchbruchspannung mit steigender Pufferdosis bis zu einem Wert von  $4 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ . Eine weitere Erhöhung der Pufferdosis wirkt sich nicht auf die Durchbruchspannung aus.

Um die Funktion des Prinzips zu beweisen, wurden IGBTs mit einfachem Trench-Gate mit Hilfe eines Designs, das auf dem Reduced-Surface-Field- (RESURF-) Prinzip beruht, im Reinraum der Universität Erlangen/Nürnberg hergestellt. In Fig. 3 ist der Querschnitt einer IGBT-Zelle dargestellt; dieses Bild wurde mit Hilfe eines Raster-Elektronenmikroskops (REM) gemacht.

Zur Integration der lateralen IGBTs in vollständig dielektrisch isolierenden Inseln wurden zwei unterschiedliche anisotrope Ätzprozesse entwickelt. Einer dieser Trockenätzprozesse diente zur Erzeugung tiefer Grabenstrukturen, welche die Grundstruktur für die dielektrisch isolierten Inseln darstellen. Die wichtigsten Herausforderungen bei der Entwicklung dieses Prozeßmoduls waren zum einen tiefe Gräben (50 µm) mit hohem Aspektverhältnis (15:1) herzustellen, zum anderen mußten die Gräben einen hohen Anisotropiegrad ( $90^\circ \pm 0.5^\circ$ ) aufweisen. Als dritte Prozeßbedingung mußte der Ätzprozeß auf der vergrabenen Oxidschicht der SOI-Scheibe mit möglichst geringer Unterätzung an den Grenzflächen der Grabenstruktur gestoppt werden. Die wichtigsten Prozeßgrößen waren der Druck und das Zeitverhältnis von Ätz- zu Passivierungsvorgang. Da dieser Prozeß für SOI-Substratmaterial mit einer dicken Bauelementeschicht von 50 µm entwickelt

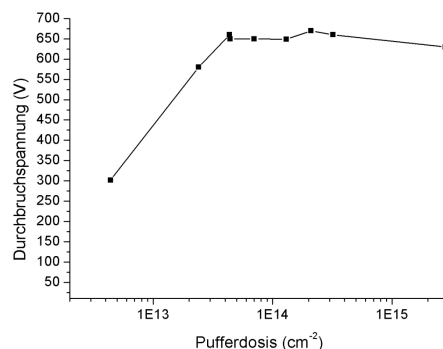


Fig. 2: Abhängigkeit der simulierten Durchbruchspannung von der Pufferdosis;  
Dependence of simulated breakdown voltage and buffer dose.

wurde, wird es für zukünftige Anwendungen möglich, diese Technologie für die Entwicklung von lateralen Leistungsbau-elementen mit Blockierspannungen über 600 V in vollständig dielektrisch isolierten Inseln zu nutzen.

Der zweite Trockenätzprozeß dient zur Strukturierung der Trench-Gates. Dabei ist es besonders wichtig, einen hohen Anisotropiegrad ( $90^\circ \pm 0.5^\circ$ ) und eine geringe Seitenwandrauigkeit zu erzielen. Dies ist notwendig, um ein möglichst großes Verhältnis von Kanalweite (W) zu Kanallänge (L) zu erreichen, um den größtmöglichen Kanalstrom zu gewährleisten. Die Seitenwandrauigkeit wurde im Rahmen der Prozeßentwicklung von 150 nm auf 40 nm reduziert.

Die Charakterisierung der IGBT-Strukturen ergab, daß Durchbruchspannungen von 600 V und Durchlaßstromdichten von 1 A/mm<sup>2</sup> bei einem Durchlaßspannungsabfall von 2,9 V erzielt werden konnten.

Aufgrund der Verbesserungsmöglichkeit der Durchlaßeigenschaften und der Möglichkeit, Leistungsbau-elemente für Blockierspannungen über 600 V zu entwickeln, stellen diese Ergebnisse die Grundlage für die Entwicklung neuartiger integrierbarer Leistungsbau-elemente für den Einsatz in Smart-Power-Systemen dar.

Berberich, Sven

*Development, Fabrication and Characterization of Integrable Power Devices and a Trench Gate Technology*

In this thesis, the modeling, fabrication and characterization of integrable lateral power devices for net applications (400 - 600 V) are proposed. These devices, Insulated Gate Bipolar Transistors (IGBTs), were fabricated on silicon-on-insulator (SOI) substrate material. Especially the lateral trench gate IGBT has been researched in order to improve the forward conduction characteristic. For this reason, it has been simulated with a triple trench gate structure which has shown a four times higher forward conduction current compared to devices with lateral gate and single trench structures. The comparison of simulated forward conduction characteristics of trench gate IGBTs with a single and a triple gate structure is depicted in fig. 1.

The number of gate trenches per emitter region is mainly restricted through the selection of technology. For this simulation, a 0.8  $\mu\text{m}$  technology has been chosen. Furthermore, via simulation and experiment, an ideal buffer profile for the IGBT as well as for forward conduction and for blocking mode for these punch-through (PT) power devices could be found. As shown in fig. 2, the breakdown voltage is rising with the buffer dose up to a value of  $4 \times 10^{13} \text{ cm}^{-2}$ .

For the proof of concept, single trench gate IGBTs using the Reduced Surface Field principle (RESURF) have been fabricated in the cleanroom of the University of Erlangen/Nuremberg. In fig. 3, the cross section of an IGBT cell is shown. This picture was taken by using a Scanning Electron Microscope (SEM).

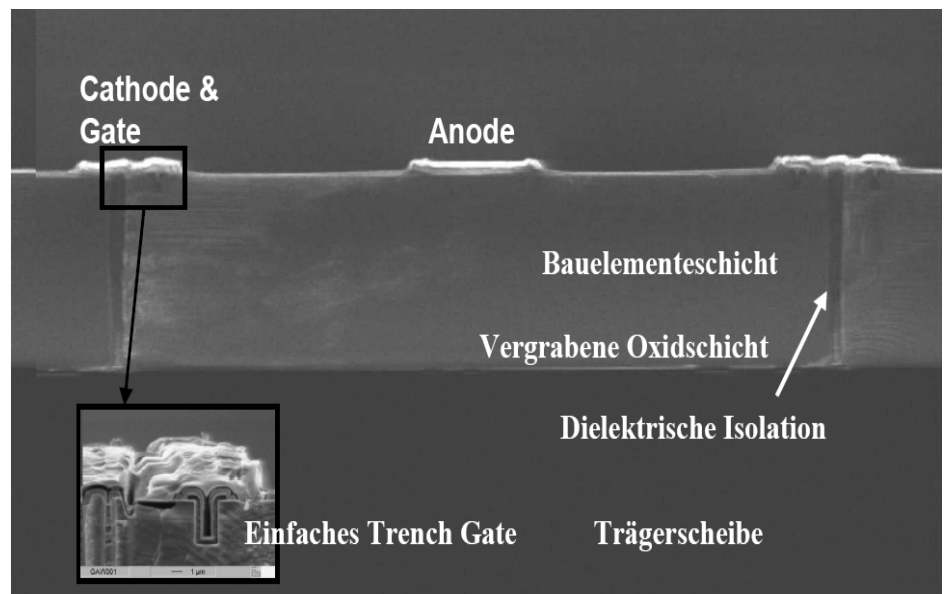


Fig. 3: REM-Aufnahme einer lateralen IGBT-Zelle mit Detailvergrößerung des Trench-Gates; SEM picture of a lateral IGBT cell with detail of the trench gate region.

In order to manufacture lateral IGBTs with trench gates in fully dielectric insulating islands, two different trench etching processes had to be developed. One was a deep dry-etching process as a part of the process module to realize the dielectric insulating islands in which the lateral power devices are located. The most important challenges of developing this module consisted firstly in processing deep trenches (50  $\mu\text{m}$ ) with a high aspect ratio (15:1). Secondly, the trenches had to exhibit a high grade of anisotropy ( $90^\circ \pm 0.5^\circ$ ). Thirdly, the etching process had to be stopped on a buried oxide layer (BOX) of SOI wafers with a minimum undercut at the mask and interface layers of the trenches. The most important parameters to optimize this dry-etching process were the pressure and the ratio of etching time to passivation time. Because of using SOI substrate material with a thick device layer (50  $\mu\text{m}$ ), it will be possible to use this technology for the development of lateral power devices with blocking voltages above 600 V in fully dielectric insulating islands.

The second dry-etching process was used for manufacturing the trench gate

structures. It is very important to reach a high grade of anisotropy ( $90^\circ \pm 0.5^\circ$ ) and low sidewall roughness. This is required to achieve the biggest possible ratio of channel width (W) to channel length (L) in order to get a channel current as big as possible. Sidewall roughness could be reduced from about 150 nm to 40 nm.

The characterization of the IGBTs has shown a maximum blocking voltage of 600 V, which was reached before breakdown. In forward conduction mode, a current density of 1 A/mm<sup>2</sup> was achieved at a voltage drop of 2.9 V between collector and emitter of the device. These results are the basis for the development of novel integrable power devices for the use in smart power systems, because of the improvement of forward conduction characteristics and the ability to develop power devices for applications above 600 V.

Häublein, Volker

### Kontaminationsprozesse in der Ionenimplantation

Kontaminationsursachen in der Ionenimplantation sind u.a. eine ungenügende Trennung unterschiedlicher Ionen durch die Massenseparation, Masseninterferenzen, das Sputtern von Atomen von Komponenten der Implantationsanlage, der mechanische Kontakt der Scheiben mit Komponenten der Implantationsanlage, Ausgasen sowie Umladungsreaktionen von Ionen nach der Massenseparation. Schwerpunktmäßig wurden zwei Themen untersucht: a) die Kontamination durch Masseninterferenzen infolge von Umladungsreaktionen bzw. Dissoziation von Ionen zwischen Ionenquelle und Separationsmagnet und b) die Entwicklung von Kontaminationsprofilen unter dem Einfluß des Ionenstrahls, wenn während des Implantationsvorgangs ein kontinuierlicher Transport von Kontamination aus der Implantationsanlage zur Scheibenoberfläche erfolgt.

Masseninterferenzen treten auf, wenn die so genannten *scheinbaren Massen* des zu implantierenden Ions und eines kontaminierenden Ions so nahe beieinander liegen, daß eine Trennung durch den Separationsmagneten nicht möglich ist. Das Konzept der scheinbaren Masse wurde auf den Fall von Umladungen und Dissoziationen *während* der Extraktion erweitert. Demzufolge hängt die scheinbare Masse nicht nur von den Ladungszuständen und den Massen der betrachteten Ionen ab, sondern auch von Extraktions- und Suppressionsspannung der Extraktionseinheit.

Masseninterferenzen wurden auf zweierlei Weise experimentell untersucht. Zum einen wurden Massenspektren unterschiedlicher Gase in Abhängigkeit

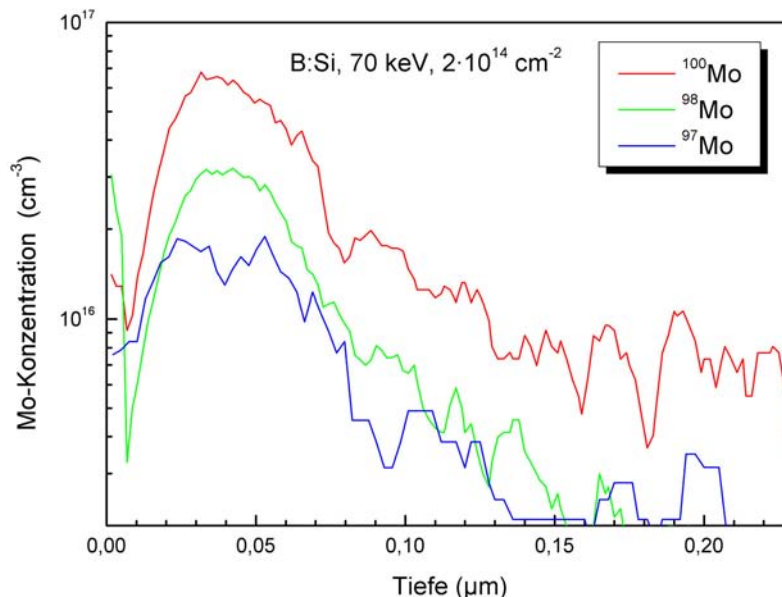


Fig. 1: Molybdänkontamination bei der Implantation von  $^{11}\text{B}^+$  (70 keV,  $2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ ); Molybdenum contamination for the implantation of  $^{11}\text{B}^+$  (70 keV,  $2 \cdot 10^{14} \text{ cm}^{-2}$ ).

der Extraktionsspannung auf Signale untersucht, die auf Umladungs- oder Dissoziationsreaktionen von Ionen des Ionenstrahls zurückzuführen sind. Zum anderen wurden Masseninterferenzen von Molybdän für die Standardimplantationen von  $^{11}\text{B}^+$ ,  $\text{BF}_2^+$ ,  $\text{As}^+$  und  $\text{P}^+$  untersucht. In allen Fällen konnte Mo-Kontamination nachgewiesen werden. In Fig. 1 sind gemessene Kontaminationsprofile der Molybdänisotope  $^{97}\text{Mo}$ ,  $^{98}\text{Mo}$  und  $^{100}\text{Mo}$  für den Fall der Implantation von  $^{11}\text{B}^+$  dargestellt.

Zur Identifikation von Masseninterferenzen wurde das Simulationsprogramm ENCOTION (**EN**ergetic **CO**ntamination Simula**TION**) geschrieben. Es ermöglicht eine rasche Simulation potentieller Mechanismen für den Transport von Kontamination durch den Separationsmagneten. Mit ENCOTION ist zudem die Simulation von Massenspektren möglich. Fig. 2 zeigt simulierte Molybdän- und Borsignale im Bereich von 9,5 u bis 11,5 u.

Die Entwicklung von Kontaminationsprofilen unter dem Einfluß des Ionenstrahls wurde mittels *Monte Carlo*-Simulation untersucht. Der Ionenstrahl beeinflusst die Kontamination auf zweierlei Weise. Kontaminierende Atome können von der Scheibe durch Sputtern *entfernt* oder durch Sekundärimplantation weiter in die Scheibe *hineintransportiert* werden. Vor allem bei hohen Implantationsdosen wurden lange Profilausläufer der Kontamination simuliert. Basierend auf den Ergebnissen der *Monte Carlo*-Simulation wurde ein Modell zur Berechnung der Kontaminationsprofile hergeleitet.

Häublein, Volker

### Contamination Processes in Ion Implantation

Contamination in ion implantation is caused by several mechanisms. These include insufficient mass separation, mass interferences, transport of sputtered atoms from implanter components to the wafer, mechanical contact of the wafers to implanter components, outgassing as well as charge exchange events after mass separation. The main investigated topics where a) the contamination due to mass interferences when charge exchanges and dissociation of molecular ions take place between the ion source and the analyzer magnet, and b) the development of contamination profiles due to the impact of the ion beam when a continuous transport of nonenergetic contamination to the wafers is assumed during the implantation process.

Mass interferences take place when the so-called apparent mass of the desired ion species is so close to the apparent mass of contaminating ions that a separation by the analyzer is not possible. The concept of the apparent mass was improved by considering also charge exchange events and dissociation of molecular ions during extraction. Thus, the apparent mass does not only depend on the charge state and the molecular status of an ion, but also on the extraction and suppression voltage of the extraction unit.

Mass interferences were investigated experimentally in two ways. First, mass spectra of different source feed materials and different extraction voltages were analyzed for peaks which were caused by charge exchange events or dissociation of molecular ions. Second, mass interferences of molybdenum were investigated for the standard im-

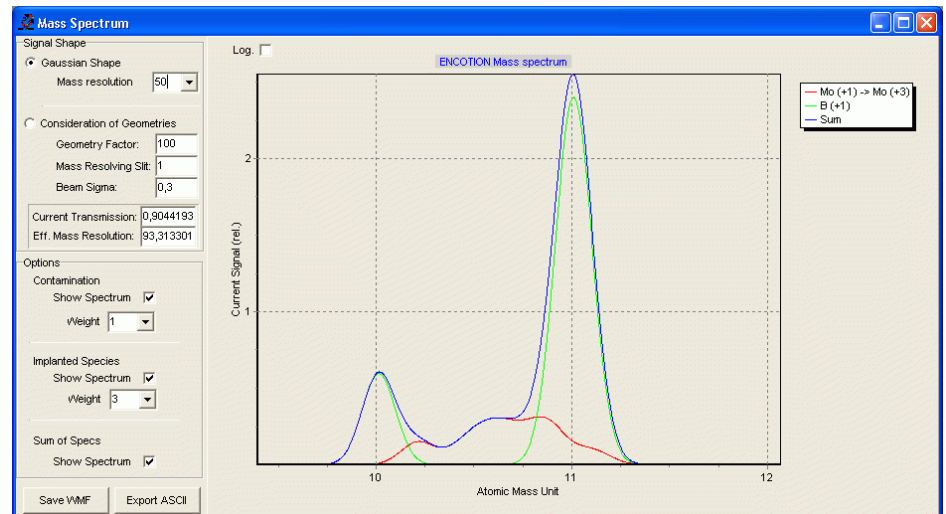


Fig. 2: Software ENCOTION: Simulation der Molybdänkontamination bei der Implantation von  $^{11}\text{B}^+$ ; Software ENCOTION: Simulation of molybdenum contamination for the implantation of  $^{11}\text{B}$ .

plantations of  $^{11}\text{B}^+$ ,  $\text{BF}_2^+$ ,  $\text{As}^+$  and  $\text{P}^+$ . Molybdenum contamination was detected in all four cases. For the implantation of  $^{11}\text{B}^+$ , Fig. 1 shows measured contamination profiles of the molybdenum isotopes  $^{97}\text{Mo}$ ,  $^{98}\text{Mo}$ , and  $^{100}\text{Mo}$ .

In order to identify mass interferences, the simulation tool ENCOTION (**Energetic Contamination Simulation**) has been developed. It simulates potential mechanisms for the transport of contaminants through the magnet analyzer expeditiously. Therefore, ENCOTION may be used to detect the cause of energetic contamination or to evaluate the contamination potential of any element. In addition, ENCOTION simulates mass spectra. Fig. 2 shows simulated molybdenum and boron peaks in the range from 9.5 amu to 11.5 amu.

The development of contamination profiles due to the impact of the ion beam was investigated by means of Monte Carlo simulation. The contaminants are affected by the ion beam in two ways. First, contaminants can be removed from the wafer by sputtering. Second, contaminants can be driven into the substrate by knock-on implantation. Especially for high doses, long contamination tails were simulated. On the ba-

sis of the Monte Carlo simulations, an analytical model for the calculation of contamination profiles has been developed.



**Lehrer, Christoph**


### ***Effekte bei der Nanostrukturierung mittels fokussierter Ionenstrahlen***

Fokussierte Ionenstrahlsysteme sind durch ihre Fähigkeit, eine Probenoberfläche sowohl mit hoher Auflösung abzubilden als auch direkt schreibend durch Sputtererosion oder chemisch induzierte Ätz- und Abscheideprozesse strukturieren zu können, ein in verschiedensten Arbeitsgebieten häufig eingesetztes Werkzeug. Strahldurchmesser von weniger als zehn Nanometer machen die Anwendung fokussierter Ionenstrahlen im Bereich Nanotechnologie zu einer vielversprechenden Methode für die Herstellung kleinster Strukturen. Mit abnehmender Strukturgröße nimmt für die Materialbearbeitung die Bedeutung der Form des Ionenstrahles, der gewählten Bearbeitungsparameter und von Effekten, die die Materialbearbeitung beeinflussen, zu. Für die Herstellung nanoskaliger Strukturen mit definierter Form und Tiefe müssen alle wichtigen, die Materialbearbeitung beeinflussenden Größen bekannt sein und berücksichtigt werden. Aus diesem Grund wurde im Rahmen dieser Arbeit am Beispiel der Bearbeitung von Silicium durch einen fokussierten Galliumionenstrahl bestimmt, welche Effekte sich auf die Materialbearbeitung auswirken und wie sie diese begrenzen.

Untersucht wurde die Winkelabhängigkeit der effektiven Abtragerate, die Beeinflussung der Materialbearbeitung durch gestreute Ionen und durch die Wiederanlagerung von bereits abgetragenen Material sowie die durch Ionenimplantation und durch Veränderung der Probenstruktur hervorgerufene Dosisabhängigkeit der effektiven Abtragerate. Neben der Beeinflussung der Materialbearbeitung wurde die Schädigung und Kontamination untersucht, die durch die Anwendung fokussierter Ionenstrahlen verursacht wird.

Von besonderem Interesse war hierbei die Ausdehnung der lateralen Schädigung. Diese wird durch die Form des Ionenstrahles, besonders durch weitreichende Strahlausläufer, hervorgerufen und muß ebenso beachtet werden wie Schädigungen, die während der Probenavigation und der Justage des Ionenstrahles erzeugt werden.

Die Auswirkung eines einzelnen Effektes auf die Materialbearbeitung ist experimentell nicht zu bestimmen, da sich verschiedene Effekte überlagern und gegenseitig beeinflussen. Die Separation und Untersuchung der Auswirkung eines einzelnen Effektes ist mit Hilfe theoretischer Betrachtungen in Form einer Computersimulation möglich. Aus diesem Grund wurde ein Programm erstellt, das die Form einer durch Sputtererosion mit dem fokussierten Ionenstrahl erzeugten Struktur in zwei Dimensionen berechnet. Die Simulation, die alle im Rahmen dieser Arbeit untersuchten sekundären Effekte berücksichtigt, wurde verwendet, um über den Vergleich mit realen Strukturen die Auswirkung einzelner Effekte auf die Materialbearbeitung sowie die Stromdichteverteilung des Ionenstrahles zu bestimmen.



Lehrer, Christoph

***Effects during Nanostructuring  
with Focused Ion Beams***

Focused ion beam systems are frequently used in different areas because of their capability of high resolution imaging and structuring in a direct writing mode by sputtering and ion beam induced etching or deposition. Beam diameters of less than ten nanometers make material processing by focused ion beams a promising method for the fabrication of nano-sized structures.

The impact of ion beam profile, processing parameters, and effects influencing material processing increases with decreasing structure size and has to be considered for the fabrication of nano-sized structures with predefined shape and depth. Therefore, for the processing of silicon with a focused gallium ion beam, it was investigated which effects do influence material processing and in which way these effects may be a limiting factor for nano structuring by focused ion beams.

Investigated effects were: the angle dependence of the effective material removal rate, the influence of ion implantation and ion beam induced damage on the effective material removal rate, and the impact of reflected ions and redeposition of sputtered material on material processing and structure shape. Apart from the influence on material processing, ion beam induced damage and contamination were investigated. Of particular interest was the lateral extent of ion beam induced damage, which is due to the shape of the ion beam and especially due to far ranging beam tails. Attention has also to be paid to damage created during sample alignment and adjustment of the ion beam. The influence of a single effect on material processing can not be determined

experimentally as different effects occur at the same time and affect each other. Separation and investigation of the influence of a single effect is only possible by simulation. For this reason a computer program was written which calculates the shape of structures processed by focused ion beam sputtering two dimensionally. The simulation takes into consideration all effects investigated within this work. Comparison between experimental and simulated data was used to determine the influence of single effects on material processing and the current density distribution of the ion beam.

Leistner, Trixi

### *Charakterisierung von Titandioxidschichten abgeschieden aus neu-entwickelten Precursoren mittels MOCVD*

Diese Arbeit beschäftigt sich mit der Charakterisierung von Titandioxidschichten, welche aus neuentwickelten Precursoren mittels metall-organisch-chemischer Dampfphasenabscheidung (MOCVD) abgeschieden wurden. Hintergrund ist der große Bedarf an Speicher-dielektrika mit hohen Dielektrizitätskonstanten zur Steigerung der Kapazität von Kondensatoren für mikroelektronische Anwendungen. Als Material bot sich hier Titandioxid wegen seiner hohen Dielektrizitätskonstante von bis zu 110, seiner geringen Leckströme und seiner Integrierbarkeit in die CMOS-Prozessierung an. Als Methode für die Abscheidung sehr dünner Schichten eignete sich die metall-organisch-chemische Dampfphasenabscheidung wegen ihrer hohen Abscheidehomogenität und der guten Kantenbedeckung auch bei dreidimensionalen Strukturen. Als Ausgangsmaterialien für die MOCVD werden im allgemeinen metallorganische Flüssigkeiten, unter anderem Titanisopropylat, verwendet, welche alle-samt bei Kontakt mit Sauerstoff sehr leicht oxidieren.

Als Ersatz für kommerziell erhältliche, mit diesem Nachteil behaftete Precursoren wurden in dieser Arbeit drei neu-entwickelte Flüssigkeiten

$\text{Ti}(\text{OC}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OCH}_3)_4$  (Ti1),

$\text{Ti}(\text{OC}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$  (Ti2) und

$\text{Ti}(\text{OC}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$  (Ti3) auf ihre

Eignung zur Herstellung von Titandioxidschichten getestet und mit Titanisopropylat,  $\text{Ti}(\text{O}^i\text{Pr})_4$  (Ti0) verglichen. Als erster Schritt wurde für alle zur Verfügung stehenden Precursoren jeweils ein Abscheidungsprozess zur Herstellung von Titandioxidschichten mit geeigneten

Parametern optimiert. Danach wurden einfache Teststrukturen mit Titandioxidschichtdicken zwischen 25 nm und 150 nm erstellt und charakterisiert. Besonderer Schwerpunkt lag dabei auf der elektrischen Charakterisierung, zusätzliches Augenmerk wurde auf die kristallographische Analyse gelegt.

Es wurde festgestellt, daß die Aktivierungsenergien der Precursoren in einem Bereich zwischen 0,97 eV und 1,45 eV lag und daß mit Precursor Ti1 die homogensten Schichtabscheidungen möglich sind. Ti3 ist in dieser Beziehung in etwa mit dem kommerziellen Ti0 vergleichbar, während Ti2 deutlich schlechter abschneidet. Die Schichten sind in allen Fällen polykristallin mit wechselnden amorphen Anteilen, den größten amorphen Anteil haben Schichten aus Precursor Ti1. Die Kristallstruktur entspricht bei allen Proben hauptsächlich der anatasen Phase mit dem Hauptsignal (101), wobei vor allem bei Ti2 auch deutliche rutilanteile, die eine säulenartige Struktur aufweisen, gefunden wurden. Die Oberflächenstruktur besitzt bei Ti0 und Ti3 bei niedrigen Abscheidetemperaturen eine Rauigkeit, die etwa der Schichtdicke entspricht, wird bei höheren Temperaturen bzw. höheren amorphen Anteilen (Ti1) in den Schichten weniger rau, die Oberfläche von Ti2-Schichten ist durch die rutilanteile von vorneherein glatter. Der Sauerstoffanteil im Vergleich zum Titananteil in der Schicht liegt bei allen Precursoren mit etwa 2,28 bis 2,9 über der zu erwartenden Stöchiometrie, den höchsten Anteil haben Ti0-Schichten. Durch eine Temperung gelingt es, die Kristallinität der Schichten in geringem Maße zu erhöhen und den Kohlenstoff außer bei Ti2-Schichten zu entfernen.

Für elektrische Messungen wurden Metall-Isolator-Halbleiter-Kondensatoren als Teststrukturen verwendet. Als Halbleiter diente leicht p-dotiertes Silicium und als Metallelektrode wurden

unterschiedlich große Platinflächen auf die Titandioxidschichten aufgebracht. Elektrische Messungen an ungetemperten Schichten zeigten lediglich Leckströme. Ti1 und Ti2 erwiesen sich wegen mangelnder Reproduzierbarkeit bzw. wegen des hohen Kohlenstoffgehaltes als nicht geeignet. Ti3 hingegen erwies sich diesbezüglich als zumindest ebenbürtig zu dem kommerziell erhältlichen Ti0. Es wurden Dielektrizitätskonstanten im Bereich zwischen 25 und 80 gemessen. Ofengetemperte Schichten haben deutlich mehr positive Oxidladungen in der Schicht als RTP-getemperte Schichten. Außerdem wurden getrappte Ladungen in den Schichten und Grenzflächenladungen an den Grenzflächen gefunden. Unter den gefundenen Stromtransportmechanismen finden sich Poole-Frenkel-Leitung mit Barrierenhöhen zwischen 0,79 und 1,01 eV und Fowler-Nordheim-Tunneln bzw. Feldunterstützte Emission mit Barrierenhöhen bzw. Traptiefen von maximal 0,15 eV. Insgesamt gesehen wurde festgestellt, daß mit Precursor Ti3 abgeschiedenen Schichten mit solchen aus Ti0 zumindest vergleichbar sind, Ti3 aber deutlich sauerstoffunempfindlicher und somit leichter handhabbar ist.

**Leistner, Trixi**

***Characterization of Titanium Dioxide Thin Films Obtained from Novel MOCVD Precursors.***

The subject of this thesis is the characterization of titanium dioxide thin films which are obtained from novel metal organic chemical vapour deposition (MOCVD) precursors. The background is the need for high-permittivity gate insulators to increase the capacity of capacitors for microelectronic applications. Because of its high permittivity up to 110, its sufficiently low leakage current, and the acceptance of titanium in CMOS processing, titanium dioxide was chosen as alternative high-k dielectric material. MOCVD is the most promising method for depositing dielectrics because of its obvious advantages like homogeneity of films, good step coverage, and ultra-thin film deposition. Generally, metal organic liquids such as titanium isopropoxide are used as precursor materials. One of the problems of these materials is their high tendency towards hydrolysis.

As a replacement for commercial precursors, three novel materials, namely  $\text{Ti}(\text{OC}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{OCH}_3)_4$  (Ti1),  $\text{Ti}(\text{OC}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$  (Ti2) and  $\text{Ti}(\text{OC}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3)_4$  (Ti3), which are more stable against  $\text{H}_2\text{O}$  were developed and tested for the deposition of titanium dioxide thin films. Then they were compared to the commercial precursor material titanium isopropoxide,  $\text{Ti}(\text{O}^i\text{Pr})_4$  (Ti0). First of all, a MOCVD deposition process with proper parameters was developed and optimized for every single precursor. Then, simple test devices with titanium oxide thicknesses of about 25 nm to 150 nm were prepared and characterized. The main focus was on the electrical characterization, an additional important aspect was the crystallographic analysis.

The activation energy of the precursors was found to be in a range of 0.97 eV to 1.45 eV. The most homogeneous films were obtained with precursor Ti1, the least homogeneous films with Ti2. Films deposited from Ti3 and Ti0 were found to be in the same range of homogeneity. All of the thin films were of polycrystalline structure with differing amounts of amorphous material. The biggest amorphous regions were found for precursor Ti1. All of the films were found to crystallize in the anatase phase with the main intensity peak (101), although especially Ti2 also showed rutile crystallization with the characteristic column structures. The roughness of Ti0 and Ti3 film surfaces was about in the same range as the film thickness; the roughness decreased with higher deposition temperatures and higher amounts of amorphous material. Because of the high amount of rutile crystallization, the surfaces of Ti2 thin films had a lower roughness. The titanium to oxide ratio of the films was about 2.28 to 2.9, showing a slight oxygen abundance for Ti1, Ti2 and Ti3 and a larger oxygen abundance for Ti0. With the help of an annealing process, the crystallization of the films was increased to some degree and the amount of carbon was reduced, except for Ti2 films.

Metal-insulator-semiconductor capacitors were used as test devices for electrical characterization. The necessary semiconductor material was made out of a slightly p-doped silicon and the metal electrode was formed by pads of different sizes of platinum deposited on the titanium dioxide films. Electrical measurements on unannealed thin films showed high leakage currents. Because of their low reproducibility and high amount of carbon, Ti1 and Ti2 thin films were found to be improper for later applications. Ti3 thin films were found to be at least equal to thin films made of commercially available

Ti0. The dielectric constant was found to be in a range of about 25 to 80. Films annealed by a furnace process had definitely higher amounts of positive charges than films annealed by a RTP process. Additionally trapped charges were found in the thin films and interface charges were found on the interfaces. The main current conduction mechanisms were identified as follows: Poole Frenkel conduction, with barrier heights of about 0.79 eV to 1.01 eV, and Fowler Nordheim tunneling and field-enhanced emission respectively, with barrier heights and trap depths respectively of about 0.15 eV. Altogether, the thin films deposited by precursor Ti3 are at least electrically comparable to Ti0 films but less sensitive to hydrolysis and therefore easier to handle.

**Molchanov, Alexander**

***Anlagenentwicklung und experimentelle Untersuchungen zur Züchtung von CaF<sub>2</sub>-Kristallen für die Mikrolithographie***

Die rasante Entwicklung der Halbleiterindustrie wird von einer kontinuierlichen Reduzierung der Strukturgröße integrierter Schaltkreise getrieben. Zur Erzeugung ultrafeiner Strukturen auf einem Silicium-Wafer werden in der Massenfertigung fotolithographische Verfahren eingesetzt. Für die Fotolithographie mit den Arbeitswellenlängen von 193 nm und 157 nm werden Kalziumfluorid-Kristalle (CaF<sub>2</sub>) als Linsenmaterial benötigt. Um die Anforderungen der Mikrolithographie zu erfüllen, müssen CaF<sub>2</sub>-Kristalle eine hohe Perfektion aufweisen.

In dieser Arbeit wurden experimentelle Untersuchungen zur Züchtung von CaF<sub>2</sub>-Kristallen für die Mikrolithographie durchgeführt.

Für die Beschaffung von experimentellen Daten wurde eine neue, mit spezieller Meßsensorik ausgestattete Züchtungsanlage entwickelt und technisch

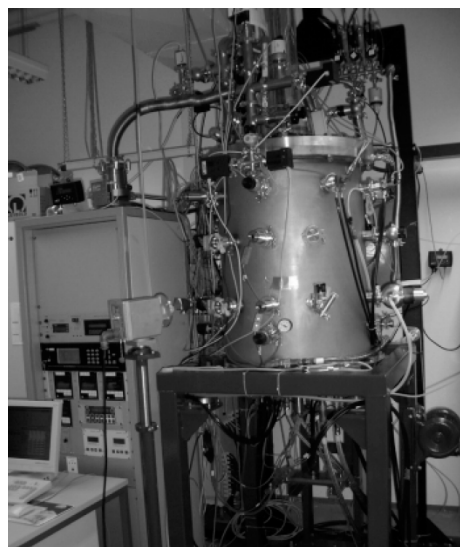


Fig. 1: Foto der neuen FuE-Züchtungsanlage;  
Picture of the new R&D growth facility.

realisiert. Eine Reihe von neuartigen technischen Lösungen wurde in diesem Zusammenhang entwickelt und erprobt. Eine spezielle Thermoelement-Einheit wurde entwickelt und eingesetzt, die bei den Temperaturen von bis zu 1700 °C in fluorhaltiger Atmosphäre mehrere Monate zuverlässig funktioniert. Ein neuartiges Gasversorgungssystem wurde entwickelt und technisch umgesetzt, das einen direkten Gaseinlaß in den Tiegel ermöglicht. Die entsprechenden Erfindungen wurden patentiert. Zur Bestimmung der Position und Form der Phasengrenze wurde eine Meßtechnik realisiert, die durch mechanisches Tasten eine in-situ Messung der Position der Phasengrenze in zwei Punkten ermöglicht. Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Züchtungsanlage erwies sich im Dauerbetrieb als sehr zuverlässig und für die Züchtung von hochqualitativen CaF<sub>2</sub>-Einkristallen geeignet.

In dieser Arbeit wurden erstmalig die Temperaturverteilungen im CaF<sub>2</sub>-Kristall und in der Schmelze bei realen Züchtungsbedingungen gemessen. Zu diesem Zweck wurde eine neue Meßtechnik entwickelt. Weiterhin wurde eine neue Methode entwickelt und erprobt, die eine störungsarme mechanische Markierung der Phasengrenze in reinen Stoffen ermöglicht. Die erhaltenen Meßdaten wurden zur Validierung von numerischen Modellen zur Behandlung des Wärmetransports in semitransparentem CaF<sub>2</sub> eingesetzt. Dabei wurde ein numerisches Modell erarbeitet, das für die Simulation von CaF<sub>2</sub>-Züchtungsprozessen geeignet ist.

Eine Reihe von Züchtungsexperimenten wurde im Rahmen dieser Arbeit durchgeführt. Dabei konnten blockfreie CaF<sub>2</sub>-Einkristalle mit extrem hohen Transmissionswerten und niedriger Spannungsdoppelbrechung hergestellt werden.

Der Einfluß des Sauerstoffs auf die optischen Eigenschaften von CaF<sub>2</sub>-Kristallen wurde in dieser Arbeit ebenfalls untersucht. Zu diesem Zweck wurden spezielle Züchtungen von sauerstoffdotierten CaF<sub>2</sub>-Kristallen durchgeführt. Ein quantitativer Zusammenhang zwischen Sauerstoffkonzentration und Absorptionseigenschaften von CaF<sub>2</sub>-Kristallen wurde gefunden. Dieser Zusammenhang ermöglicht die Bestimmung der Sauerstoffkonzentration im Kristall aus den Absorptionsmessungen. Die maximal zulässige Sauerstoffkonzentration, bei der die CaF<sub>2</sub>-Kristalle die geforderten Spezifikationen noch erfüllen, wurde abgeschätzt. Es wurden Züchtungsbedingungen gefunden, die für die Herstellung von hochreinen CaF<sub>2</sub>-Kristallen erforderlich sind.



**Molchanov, Alexander**

***Development of the Crystal Growth Facility and Experimental Investigation of CaF<sub>2</sub> Crystal Growth for Microlithography***

The developments in the semiconductor industry are driven by continuous reduction of the feature size of integrated circuits. Extremely fine structures are created on silicon wafers by employing photolithographic processes. For photolithography with wavelengths of 193 and 157 nm, calcium fluoride crystals (CaF<sub>2</sub>) are required as lens material. To fulfill the requirements of microlithography, CaF<sub>2</sub> crystals have to exhibit a very high perfection.

In this work, the experimental investigations were performed with respect to the growth of CaF<sub>2</sub> crystals for microlithography applications.

In order to obtain the experimental data, a new growth facility equipped with special measuring devices was designed and built. In this context, various new technical solutions were developed and tested. A special thermocouple unit was developed that operates reliably over several months at temperatures up to 1700 °C in fluorine-atmosphere. A unique gas supply system was developed and implemented that allows to provide the required gas directly into the crucible without contaminating the autoclave. The corresponding inventions are patented. To determine the position and the shape of the solid-liquid interface, a special measuring technique was implemented where the position of the crystal-melt interface is measured in situ by mechanical sensing. The growth facility developed within the scope of this work proved to be suitable for growing high-quality CaF<sub>2</sub> single crystals. For the first time ever, the temperature distribution within a CaF<sub>2</sub> crystal and a

melt was measured under real growth conditions. For this purpose, a new measuring technique was developed. Furthermore, a new method was developed and tested that allows to mark the solid-liquid interface in pure substances by employing mechanical marking. The obtained experimental data were used to validate numerical models for the heat transfer in semi-transparent CaF<sub>2</sub>. The appropriate numerical model for simulation of the CaF<sub>2</sub> growth processes was found.

Within the frame of this work, a series of growth experiments were performed. CaF<sub>2</sub> single crystals with high transmittance and low birefringence were grown.

The present work also included an clarification of the effects of oxygen on the optical properties of CaF<sub>2</sub> crystals. For this purpose, oxygen-doped CaF<sub>2</sub> crystals were grown and characterized. A quantitative relationship between the concentration of oxygen and the absorption characteristics of CaF<sub>2</sub> crystals was found. This relationship allows to determine the oxygen concentration in a crystal from the absorption measurements. An estimation was made as to the maximum allowable oxygen concentration for the CaF<sub>2</sub> crystals in order to meet the specifications. The growth conditions required for growing extremely pure CaF<sub>2</sub> crystals were found.

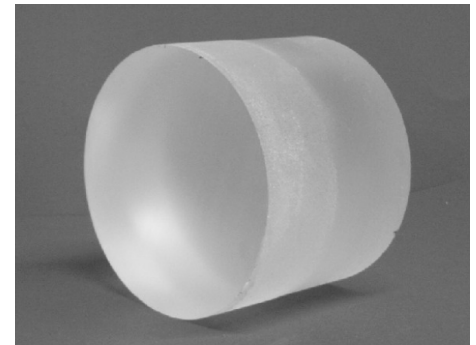


Fig. 2: CaF<sub>2</sub>-Einkristall, gezüchtet in der FuE-Anlage. Der Kristalldurchmesser beträgt 155 mm, die Zylinderlänge beträgt 120 mm; CaF<sub>2</sub> single crystal grown in the R&D facility. The crystal diameter is 155 mm, the cylinder length is 120 mm.

Weidner, Andrea

### Strukturbreitenbestimmung für die sub 100 nm-Lithographie mittels spektralellipsometrischer Beugungsmessung

In dieser Arbeit wird ein Näherungsverfahren zur Berechnung der Beugungseffekte von Gittern nullter Ordnung entwickelt und getestet, um die Linienbreitenbestimmung aus Beugungsmessungen für die Halbleiterindustrie zu vereinfachen und zu beschleunigen.

Ausgangspunkt der Arbeit ist die Problematik der Strukturbreitenmessung in der Halbleiterindustrie. Bisher eingesetzte Elektronenmikroskope sind zu langsam, zu aufwendig und für weiter sinkende Strukturbreiten unter 100 nm nicht geeignet, alle Scheiben zu überprüfen. Deshalb hat sich die Beugungsmessung, im Englischen "scatterometry" genannt, als neues Meßverfahren etabliert. Dabei werden die Beugungseffekte an Gittern interpretiert, um auf die Strukturparameter zurückzuschließen. Bisher entwickelte Methoden benötigen wegen der geringen Strukturbreiten allerdings sog. rigorose und deshalb zeit- und rechenintensive Simulationsmethoden, um die Beugungseffekte zu berechnen und aus den Messungen die Gitterparameter zu bestimmen.

Deshalb wird in dieser Arbeit ausgenutzt, daß aufgrund weiter reduzierter Linienbreiten unter 100 nm die Perioden der hergestellten Strukturen so klein sind, daß in dem bei den meisten Meßgeräten verwendeten sichtbaren Wellenlängenbereich keine höheren Beugungsordnungen auftreten. Die als Teststrukturen verwendeten Linien-Graben-Gitter verhalten sich optisch näherungsweise wie uniaxiale Kristalle, deren optische Konstanten mit dem entwickelten Effektiven-Medium(EM)-Modell schnell und einfach als Funktion der

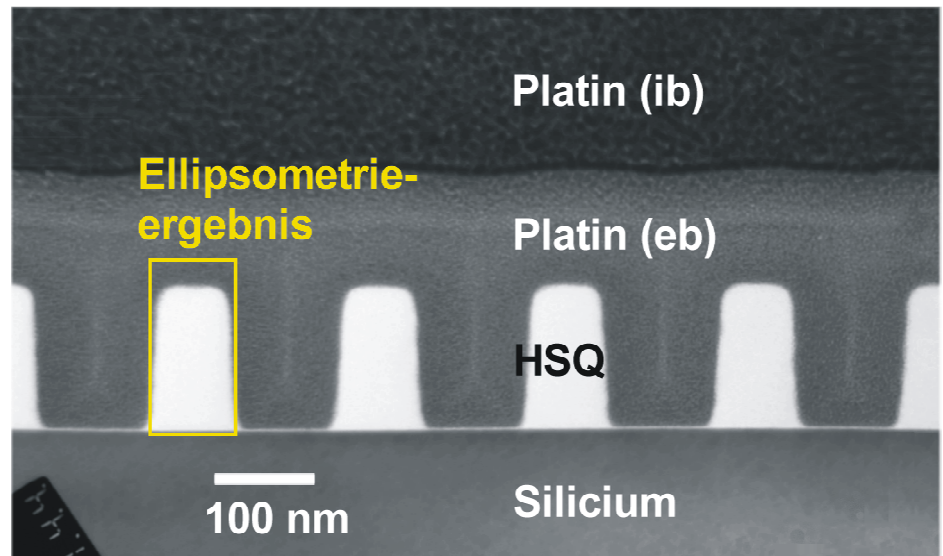


Fig. 1: Vergleich der verschiedenen Meßergebnisse: Transmissionselektronenmikroskopmessung (98000fache Vergrößerung) und Ergebnis der Spektralellipsometrie, ausgewertet mit dem entwickelten EM-Modell. Untersucht wurde ein elektronenlithographisch hergestelltes Gitter aus Hydrogensilsesquioxan (HSQ) mit einer Periode von 150 nm, einer nominellen Linienbreite von 70 nm und einer Schichtdicke von 150 nm;

Comparison of different measurements: results of the transmission electron microscopy (98000 magnification) and the spectroscopic ellipsometry (yellow sketch), evaluated with the developed effective medium model. A hydrogen silsesquioxane (HSQ) grating with 150 nm pitch, 70 nm linewidth and 150 nm thickness, produced with electron beam lithography, was investigated.

Gitterparameter berechnet werden können. Die ordentliche Dielektrizitätskonstante wird bis zur vierten Ordnung des Verhältnisses Periode zu Wellenlänge entwickelt, die außerordentliche bis zur zweiten Ordnung. Die Methode ist für lamellare Linien-Graben-Gitter mit rechtwinkligem Profil und für beliebige Einfallswinkel geeignet. Durch Verwendung eines 4 x 4-Matrixformalismus können beliebige Schichtfolgen von strukturierten und unstrukturierten Schichten simuliert werden.

Das entwickelte Modell wird sowohl theoretisch durch Vergleich mit rigorosen Simulationen als auch experimentell anhand von spektralellipsometrischen Beugungsmessungen getestet, deren Ergebnisse mit Atomkraftmikroskop- und Transmissionselektronenmikroskop-Messungen verglichen werden. Als Proben wurden Hydrogensilsesquioxan-Gitter mit einer Periode von 150 nm verwendet. Ein Vergleich der Ellipsometriemessung mit den Transmissionselektronenmikroskopmessung ist in Fig.

1 gezeigt. In Fig. 2 wird die Ellipsometriemessung mit den Simulationsergebnissen verglichen, basierend sowohl auf dem entwickelten EM-Modell als auch auf der rigorosen Methode RCWA (engl. „rigorous coupled wave method“). Basierend auf der hervorragenden Übereinstimmung zwischen rigorosen und EM-Rechnungen werden die Konsequenzen für den Einsatz der Beugungsmessungen für weitere Anwendungsgebiete wie der Neigungsmessung bei weiter sinkenden Strukturbreiten theoretisch untersucht.

Weidner, Andrea

### *Linewidth Measurement for the Sub100 nm-Lithography with Spectroscopic Ellipsometry*

In this work, an approximation method for the calculation of the diffraction effects on zero order gratings is developed and tested. It is used to simplify and accelerate standard linewidth measurements by scatterometry in semiconductor manufacturing.

The starting point of the work is the task of linewidth measurement in IC manufacturing. Scanning electron microscopes used until now are too slow and too complex to measure all the produced wafers and are not applicable for further reduced linewidths below 100 nm. Therefore, a new light-optical measurement technique called scatterometry has been established. With this method, the diffraction effects on periodic patterns are evaluated to determine the structural parameters. Due to the small linewidths, methods developed up to now require so-called rigorous and therefore time-consuming and computationally intensive simulation techniques to calculate the diffraction effects and to determine the structural parameters.

This work takes advantage of further decreasing linewidths because for such gratings no higher diffraction orders occur in the mostly used visible wavelength range. In this case, the line and space gratings, which are commonly used as test patterns, behave optically like uniaxial crystals. Their optical constants can be calculated by the developed effective medium (EM) model simply and easily as a function of the grating parameters. The ordinary dielectric constant is developed up to the fourth order in the pitch to wavelength ratio, the extraordinary one up to the second

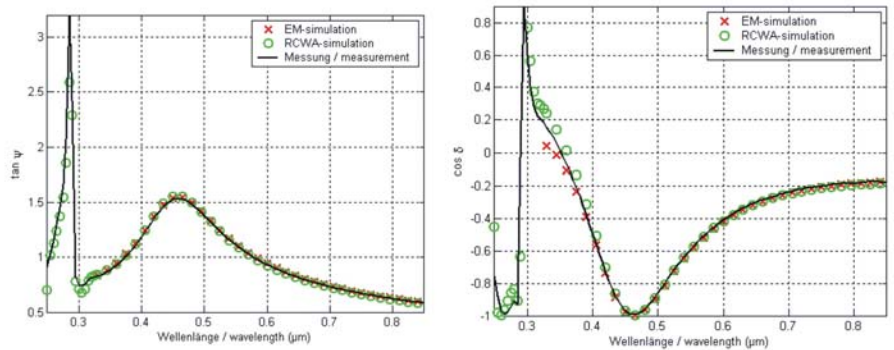


Fig. 2: Vergleich verschiedener Ellipsometriespektren: Messung am Gitter mit Schichtdicke 150 nm und Linienbreite 70 nm, Optimierungsergebnis mittels des neuen EM-Modells und rigorose Simulation mittels RCWA-Methode mit den gleichen Gitterparametern wie die EM-Simulation; Comparison of different ellipsometric spectra: measurement on the grating with 150 nm thickness and 70 nm linewidth, optimization result using new EM-model and rigorous simulation results using RCWA and the same grating parameters as with the EM-simulation.

order. This method is suitable for lamellar line and space gratings with rectangular profile and for an arbitrary angle of incidence. Using a 4 x 4 matrix method, arbitrary layer stacks of homogeneous and patterned layers can be simulated.

The developed method is tested theoretically by comparison to rigorous simulations as well as experimentally by spectroscopic ellipsometry measurements. The results are compared with atomic force microscope and with transmission electron microscope measurements. Hydrogen silsesquioxane gratings with 150 nm pitch are used. A comparison between the ellipsometric and the electron microscope measurement is shown in fig.1. In fig. 2, the result of the ellipsometric measurement is compared with two simulation results, based on the new EM-model as well as on the rigorous method RCWA ("rigorous coupled wave method"). Based on the excellent agreement between rigorous and EM simulations, the consequences on the further usage of scatterometry for additional fields of applications like measurement of skewness and for further reduced linewidths are investigated theoretically.

**Herausgegebene Bücher / Buchbeiträge**  
**Edited Books / Contributions to Books**

Beichele, M.

*Optimierung der Stickstoffkonzentrationen in Gatedielektrika und -elektroden für fortschrittliche CMOS-Technologien*  
Erlanger Berichte Mikroelektronik, Band 1/2005, Hrsg.: H. Ryssel, Shaker Verlag, 2005

Berberich, S. E.

*Entwicklung, Herstellung und Charakterisierung von integrierbaren Leistungsbauelementen und einer Trench-Gate-Technologie*

Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl Elektronische Bauelemente und Fraunhofer IISB, Diss. 2005  
<http://www.opus.ub.uni-erlangen.de/opus/volltexte/2006/220>

Erdmann, A.:

*Modeling and Simulation*  
Handbook of Photomask Manufacturing Technology, Eds.: S. Rizvi, Taylor & Francis, 2005.

Lehrer, C.

*Effekte bei der Nanostrukturierung mittels fokussierter Ionenstrahlen*  
Erlanger Berichte Mikroelektronik, Band 3/2005, Hrsg.: H. Ryssel, Shaker Verlag, 2005

Leistner, T.

*Charakterisierung von Titandioxidschichten abgeschieden aus neuentwickelten Precursoren mittels MOCVD*  
Erlanger Berichte Mikroelektronik, Band 2/2005, Hrsg.: H. Ryssel, Shaker Verlag, 2005

Weidner, A.

*Strukturbreitenbestimmung für die sub100 nm-Lithographie mittels spektralellipsometrischer Beugungsmessung*  
Erlanger Berichte Mikroelektronik, Band

4/2005, Hrsg.: H. Ryssel, Shaker Verlag, 2005

Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl Elektronische Bauelemente und Fraunhofer IISB, Diss. 2005  
<http://www.opus.ub.uni-erlangen.de/opus/volltexte/2006/293>

**Publikationen**  
**Publications**

Ammon, W. v., Gelfgat, Y., Gorbunov, L., Mühlbauer, A., Muiznieks, A., Makarov, Y., Virbulis, J., Müller, G.:  
*Application of Magnetic Fields in Industrial Growth of Silicon Crystals*  
Proceedings of the 6<sup>th</sup> PAMIR International Conference on Fundamental and Applied MHD, Riga, Latvia, 27.6. – 1.7. 2005, 41 - 53, 2005

Bauer, A. J., Paskaleva, A., Lemberger, M., Frey, L., Ryssel, H.:  
*Thin  $Hf_xTi_ySi_zO$  Films with Varying Hf to Ti Contents as Candidates for High-k Dielectrics*

Advanced Gate Stack, Source/Drain and Channel Engineering for Si-Based CMOS: New Materials, Processes, and Equipment, Electrochemical Society Proceedings, Eds.: E. P. Gusev, L. J. Chen, H. Iwai, D.-L. Kwong, M. C. Öztürk, F. Roozeboom und P. J. Timans, The Electrochemical Society, Inc., Pennington, NJ, USA, 5, 125, 2005

Bellmann, M., Möller, H.J., Fainberg, J., Friedrich, J., Seidl, A., Müller, G.:  
*Numerical Simulation of the Feeding Process, Flow Field and Solute Segregation in Edge-Defined Film Fed Growth of Photovoltaic Silicon*  
Proceedings of the 20<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference, Barcelona, Spain, June 6 - 10, 2005, 254, 2005

Berberich, S. E., Bauer, A. J., Frey, L., Ryssel, H.:  
*Triple Trench Gate IGBTs*  
Proceedings of the 17<sup>th</sup> International Symposium on Power Semiconductor Devices & ICs (ISPSD) 2005, IEEE, Santa Barbara, CA, 251, 2005

Birkmann, B., Stenzenberger, J., Jurisch, M., Härtwig, J., Alex, V., Müller, G.:  
*Investigation of Residual Dislocations in*

- VGF-grown Si-Doped GaAs  
Journal of Crystal Growth 276, 335, 2005
- Bruchez, J., Pfitzner, L.:  
*SEA-Net - Semiconductor Equipment Assessment (SEA) Migrates to Nano Electronic Technology (NET)*  
German Technology: VDMA-Productronics, 8<sup>th</sup> edition, 40 - 44, 11/2005
- Dagner, J., Hainke, M., Friedrich, J.:  
*Simulation of ESA's MSL Furnace Inserts and Sample-Cartridge Assemblies: Model Development and Correlation with Experimental Data*  
International Conference on Environmental Systems (ICES), Rome - Italy, July 11 - 14, 2005, SAE, Paper Number 2005-01-2859, 2005
- Dagner, J., Weiss, A., Hainke, M., Zimmermann, G., Müller, G.:  
*Global Modeling of Directional Solidification Processes of Binary and Ternary Aluminum Alloys Using the Software Package CrystVUN*  
Proceedings of Solidification and Gravity IV (2004), Eds.: A. Roosz, M. Rettenmayr, and Z. Gacsi, Material Science Forum, 508, 437, 2005
- Danel, A., Renaud, D., Besson, P., Bigot, C., Grouillet, A., Claes, M., Bearda, T., Frickinger, J.:  
*Management of Metallic Contamination in Advanced IC Manufacturing*  
The Electrochemical Society (ECS) Transactions, 1, 3, 3, 2005
- De Bisschop, P., Erdmann, A., Rathsfeld, A.:  
*Simulation of the Effect of a Resist-surface Bound Air Bubble on Imaging in Immersion Lithography*  
Proceedings of the SPIE Conference 2005, 5754, 243, 2005
- Derby, J.J., Kwon, Y., Pandey, A., Sonda, P., Yeckel, A., Jung, T., Müller, G.:  
*Developing Quantitative, Multi-Scale Models for Microgravity Crystal Growth*  
Interdisciplinary Transport Phenomena in Microgravity and Space Sciences IV, Tomar, Portugal, August 7 - 12, 3-2-3-13, 2005
- Eckardt, B., März, M., Hofmann, A., Gräf, M., Ungethüm, J.:  
*High Power Buck-Boost DC/DC Converters for Automotive Powertrain Applications*  
Proceedings of the PCIM Conference, Nürnberg, 685, 2005
- Erdmann, A.:  
*Mask Modeling in the Low k1 and Ultrahigh NA Regime: Phase and Polarization Effects*  
Proceedings of the SPIE Conference 2005, 5835, 69, 2005
- Erdmann, A., Evanschitzky, P., De Bisschop, P.:  
*Mask and Wafer Topography Effects in Immersion Lithography*  
Proceedings of the SPIE Conference 2005, 5754, 383, 2005
- Evanschitzky, P., Erdmann, A.:  
*Three Dimensional EUV Simulations: a New Mask Near Field and Imaging Simulation System*  
Proceedings of the SPIE Conference 2005, 5992, 1546, 2005
- Evanschitzky, P., Erdmann, A.:  
*The Impact of EUV Mask Defects on Lithographic Process Performance*  
Proceedings of the SPIE Conference 2005, 5504, 111, 2005
- Fischer, B., Frey, L., Pfitzner, L., Lorenz, J., Ryssel, H., Kücher, P.:  
*Nanotechnology in the Fraunhofer Microelectronics Alliance (VjE)*  
First International Nanotechnology Conference on Communication & Cooperation (INC1), San Francisco, CA, USA, June 1 - 3, 2005
- Fischer, B., Friedrich, J., Jung, T., Hainke, M., Dagner, J., Fühner, T., Schwesig, P.:  
*Modeling of Industrial Bulk Crystal Growth - State of the Art and Challenges*  
Journal of Crystal Growth, 275, 1 - 2, February 15, 2005, 240, 2005
- Frey, L., Fischer, B.:  
*Stempel für Mikrochips*  
Zukunft im Brennpunkt, Arbeitsgemeinschaft der Bayerischen Forschungsverbände (abayfor), 4, 75, 2005
- Friedrich, J., Müller, G.:  
*Spezielle Kristalle für weißes Licht*  
Technik in Bayern, 2, 20, 2005
- Friedrich, J., Müller, G.:  
*Erlanger Kristall-Labor bei Weltraummission dabei*  
Technik in Bayern, 2, 20, 2005
- Fühner, T., Erdmann, A.:  
*Improved Mask and Source Representations for Automatic Optimization of Lithographic Process Conditions Using a Genetic Algorithm*  
Proceedings of the SPIE Conference 2005, 5754, 415, 2005
- Gerber, M., März, M.:  
*System Integration in Automotive Power Systems*  
Proceedings of the European Power Electronics Conference (EPE) – Dresden 2005
- Hainke, M., Steinbach, S., Dagner, J., Ratke, L., Müller, G.:  
*Solidification of AlSi Alloys in the ARTEMIS and ARTEX Facilities Including Rotating Magnetic Fields – a Combined Experimental and Numerical Analysis*  
Proceedings of Solidification and Gravity IV (2004), Eds.: A. Roosz, M. Rettenmayr, and Z. Gacsi, Material Science Forum, 508, 199, 2005



- Hainke, M., Dagner, J., Friedrich, J., Müller, G.:  
*Simulation of ESA's MSL Furnace Inserts and Sample Cartridge Assemblies Using the Thermal Modelling Tool CrysvUn*  
Proceedings of Solidification and Gravity IV (2004), Eds.: A. Roos, M. Rettenmayr, and Z. Gacsi, Material Science Forum, 508, 151, 2005
- Hainke, M., Steinbach, S., Ratke, L., Müller, G.:  
*The Effect of Forced Fluid Flow on Microstructure in Directionally Solidified Al-Si Base Alloys*,  
Trans. Indian. Inst. Met., 58, 4, August 2005, 639 - 644, 2005
- Hainke, M., Dagner, J., Friedrich, J., Müller, G.:  
*Macrosegregation in Binary AlSi7 Alloys Resulting from the Application of Time-Dependent Magnetic Fields*  
Microgravity Science and Technology XVI-1, 59, 2005
- Häublein, V., Frey, L., Ryssel, H.:  
*Additional Peaks in Mass Spectra Due to Charge Exchange Events and Dissociation of Molecular Ions During Extraction*  
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 237, 346, 2005
- Häublein, V., Sadrawetz, S., Frey, L., Martinz, H.-P., Ryssel, H.:  
*Investigations into the Wear of a WL10 Ion Source*  
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 237, 341, 2005
- Herget, F., Hock, R., Weber, A., Purwins, M., Palm, J., Probst, V.:  
*In Situ Investigation of the Formation of Cu(In, Ga)Se<sub>2</sub> from Selenised Metallic Precursors by X-Ray Diffraction – the Impact of Gallium, Sodium and Selenium Excess*  
Journal of Physics and Chemistry of Solids 66, 1903, 2005
- Jung, T., Hadler, H., Kellner, M.:  
*ORCAN: An Open Component Framework, and its Application to the Development of Complex Simulation Software*  
Proceedings of the 9<sup>th</sup> World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics 2005, 345, 2005
- Kim, Y., Parala, H., Bauer, A. J., Lemberger, M., Baunemann, A., Fischer, R. A.:  
*MOCVD of Conductive Cubic HfN Thin Films from Hf(NR<sub>2</sub>)<sub>4</sub> and N,N-Dimethylhydrazine*  
Proceedings of the 15<sup>th</sup> European Conference on Chemical Vapor Deposition (EUROCV D-15), Electrochemical Society, Eds.: A. Devi, R. Fischer, H. Parala, M. Allendorf und M. Hitchman, The Electrochemical Society, Inc., Pennington, NJ, USA, 9, 762, 2005
- Lampin, E., Ortiz, C.J., Cowern N.E.B., Colombeau, B., Cristiano, F.:  
*Combined Master and Fokker-Planck Equations for the Modeling of the Kinetics of Extended Defects in Si*  
Solid-State Electronics, 49, 7, 1168, 2005
- Lemberger, M., Paskaleva, A., Zürcher, S., Bauer, A. J., Frey, L., Ryssel, H.:  
*Electrical Properties of Hafnium Silicate Films Obtained from a Single-Source MOCVD Precursor*  
Microelectronics Reliability, 45 (5 - 6), 819, 2005
- Lemberger, M., Schön, F., Dirnecker, T., Jank, M., Paskaleva, A., Bauer A. J., Frey, L., Ryssel, H.:  
*High-k Hafnium Silicate Films on Silicon and Germanium Wafers by MOCVD Using a Single-Source Precursor*  
Proceedings of the 15<sup>th</sup> European Conference on Chemical Vapor Deposition (EUROCV D-15), Electrochemical Society, Eds.: A. Devi, R. Fischer, H. Parala, M. Allendorf und M. Hitchman, The Electrochemical Society, Inc., Pennington, NJ, USA, 9, 873, 2005
- Lerch, W., Paul, S., Niess, J., McCoy, S., Selinger, J., Gelpy, F., Cristiano, F., Severac, F., Gavelle, M., Boninelli, S., Pichler, P., Bolze, D.:  
*Advanced Activation of Ultra-Shallow Junctions Using Flash-Assisted RTP*  
Materials Science and Engineering B, 124 - 125, 24, 2005
- Lorenz, J., Haas, K.-H.:  
*Fraunhofer Nanotechnology Beyond Electronics: Making Small Things Effective*  
First International Nanotechnology Conference on Communication & Cooperation (INC1), San Francisco, CA, USA, June 1 - 3, 2005
- Lorenz, J., Frey, L., Pfitzner, L., Ryssel, H.:  
*Nanoelectronics at the Fraunhofer IISB and the University in Erlangen*  
First International Nanotechnology Conference on Communication & Cooperation (INC1), San Francisco, CA, USA, June 1 - 3, 2005
- März, M.:  
*Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik – ZKLM. Automobiltechnologie in Bayern*  
Profile Porträts Perspektiven, 60, 2005
- März, M.:  
*Towards an Integrated Drive for Hybrid Traction*  
Proceedings of the CPES Power Electronics Conference, Blacksburg, VA, J3 - J7, 2005
- März, M.:  
*Energie sparen fängt in Nürnberg an*  
VµE Nachrichten, 20, 9, 2005
- Meissner, E., Birkmann, B., Hussy, S., Sun, G., Friedrich, J., Müller, G.:  
*Characterization of GaN Crystals and Epilayers Grown from a Solution at Room Pressure*

- phys. stat. sol. (c), 1 - 4, (2005), DOI 10.1002/pss.200461473, 2005
- Molchanov, A., Friedrich, J., Wehrhan, G., Müller, G.:  
*Study of the Oxygen Incorporation During Growth of Large CaF<sub>2</sub>-Crystals*  
Journal of Crystal Growth 273, 629, 2005
- Müller, G., Schwesig, P., Birkmann, B., Härtwig, J., Eichler, S.:  
*Types and Origin of Dislocations in Large GaAs and InP Bulk Crystals with Very Low Dislocation Densities*  
phys. stat. sol. (a) 202, No. 15, 2870–2879 (2005) / DOI 10.1002/pssa.200521179, 2005
- Nutsch, A.:  
*Defect Inspection @ 50 nm Defect Size Described by a Binomial Model*  
Proceedings of the 6<sup>th</sup> European Advanced Equipment Control/Advanced Process Control Conference (AEC/APC), Dublin, Ireland, 108, 2005
- Nutsch, A.:  
*Reliable Matching of 300 mm Defect Inspection Tools @ sub 60nm Defect Size*  
Proceedings of the 2005 IEEE International Symposium on Semiconductor Manufacturing, San José, CA, USA, 245, 2005
- Pandy, A., Yeckel, A., Reed, M., Szeles, C., Hainke, M., Müller, G., Derby, J.J.:  
*Analysis of the Growth of Cadmium Zinc Telluride in an Electrodynamic Gradient Freeze Furnace via a Self-Consistent, Multi-Scale Numerical Model*  
Journal of Crystal Growth 276, 133, 2005
- Paskaleva, A., Bauer, A. J., Lemberger, M.:  
*An Asymmetry of Conduction Mechanisms and Charge Trapping in Thin High-k Hf<sub>x</sub>Ti<sub>y</sub>Si<sub>z</sub>O Films*  
Journal of Applied Physics, 98, 5, 2005
- Paskaleva, A., Bauer, A. J., Lemberger, M.:  
*Conduction Mechanisms and an Evidence for Phonon-Assisted Conduction Process in Thin High-k Hf<sub>x</sub>Ti<sub>y</sub>Si<sub>z</sub>O Films*  
Microelectronics Reliability, 45 (7 - 8), 1124, 2005
- Rambach, M., Schmid, F., Krieger, M., Frey, L., Bauer, A. J., Pensl, G., Ryssel, H.:  
*Implantation and Annealing of Aluminum in 4H Silicon Carbide*  
Nucl. Instr. and Meth. in Phys. Res. B 237, 68, 237, 2005
- Rambach, M., Bauer, A. J., Frey, L., Friedrichs, P., Ryssel, H.:  
*Annealing of Aluminum Implanted 4H-SiC: Comparison of Furnace and Lamp Annealing*  
Proceedings of ECSCRM, Materials Science Forum, 621, 483, 2005
- Ratke, L., Steinbach, S., Müller, G., Hainke, M., Friedrich, J., Roosz, A., Fautrelle, Y., Dupouy, M., Zimmermann, G., Weiss, A., Lacaze, J., Valdes, R., Grün, G., Nicolai, H., Gerke-Cantow, H.:  
*MICAST - The Effect of Magnetically Controlled Fluid Flow on Microstructure Evolution in Cast Technical Al-Alloys*  
Microgravity Science and Technology XVI-1, 99, 2005
- Ratke, L., Steinbach, S., Müller, G., Hainke, M., Roosz, A., Fautrelle, Y., Dupou, M.D., Zimmermann, G., Weiss, A., Lacaze, J., Valdes, R., Grün, G.-U., Nikolai, H.-P.:  
*The Effect of Magnetically Controlled Fluid Flow on Microstructure Evolution in Cast Technical Al-Alloys: The MICAST Project*  
Trans. Indian Inst. Met., 58, 4, August 2005, 631, 2005
- Rommel, M., Groß, M., Ettinger, A., Lemberger, M., Bauer, A. J., Frey, L., Ryssel, H.:  
*Characterization of Interface State Densities by Photocurrent Analysis: Comparison of Results for Different Insulator Layers*  
Microelectronic Engineering, 80, 50, 2005
- Rommel, M., Groß, M., Frey, L., Bauer, A. J., Ryssel, H.:  
*Wafer Scale Characterization of Interface State Densities without Test Structures by Photocurrent Analysis*  
Electrochemical Society Proceedings, 10, 113, 2005
- Rommel, M., Groß, M., Ettinger, A., Lemberger, M., Bauer, A. J., Frey, L., Ryssel, H.:  
*Characterization of Interface State Densities by Photocurrent Analysis: Comparison of Results for Different Insulator Layers*  
Microelectronic Engineering, 80, 50, 2005
- Stoddard, N., Pichler, P., Duscher, G., Windl, W.:  
*Ab Initio Identification of the Nitrogen Diffusion Mechanism in Silicon*  
Physical Review Letters, 2, 025901, 2005
- Tollkühn, B., Erdmann, A., Semmler, A., Nölscher, C.:  
*Simplified Resist Models for Efficient Simulation of Contact Holes and Line Ends*  
Microelectronic Engineering, 78 - 79, 509, 2005
- Tollkühn, B., Heubner, A., Elian, K., Ruppenstein, B., Erdmann, A.:  
*Correlation Analysis: a Fast and Reliable Method for a Better Understanding of Simulation Models in Optical Lithography*  
Proceedings of the SPIE Conference 2005, 5755, 37, 2005
- Ullrich, M., Burenkov, A., Ryssel, H.:  
*Ion Sputtering at Grazing Incidence for*

*SIMS-Analysis*

Nuclear Instruments and Methods in Physics Research (NIM) B, 228, 373, 2005

**Vorträge**  
**Presentations**

Ardelean, G., Fainberg, J., Friedrich, J., Müller, G.:

*Simulation of Thermal Radiation by a New Ray Tracing Method for the Growth of Optical Materials*

DGKK-Jahrestagung

Köln

2. - 4. März 2005

Ardelean, G., Schmid, M., Fainberg, J., Friedrich, J., Molchanov, A., Muehe, A.:

*Application of a New Radiation Model for the Calculation of the Heat Transport in the Case of High Melting Point Crystal Growth*

DGKK-Arbeitskreis Kristalle für Laser und NLO

Idar-Oberstein

13. - 14. Oktober 2005

Ardelean, G., Schmid, M., Fainberg, J., Friedrich, J., Molchanov, A., Muehe, A.:

*Application of a New Radiation Model for the Calculation of the Heat Transport in the Case of High Melting Point Crystal Growth*

DGKK-Arbeitskreis Angewandte Simulation

Heigenbrücken

3. - 4. November 2005

Banos, N.:

*Modellierung der Versetzungsdynamik bei der Kristallzuchtung*

Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB

IISB, Erlangen

31. Januar 2005

Banos, N., Fainberg, J., Friedrich, J., Müller, G.:

*Anwendung des Alexander-Haasen-Modells zur Berechnung von Versetzungsdichten bei der Zuchtung von III-V Halbleiterkristallen*

DGKK-Arbeitskreis

Verbindungshalbleiter

Freiburg

5. - 6. Oktober 2005

Bellman, M., Möller, H. J., Fainberg, J., Friedrich, J., Seidl, A., Müller, G.:

*Numerical Simulation of the Feeding Process, Flow Field and Solute Segregation in Edge-Defined Film Fed Growth of Photovoltaic Silicon*

Poster Presentation, DGKK-Jahrestagung

Köln

2. - 4. März 2005

Bellmann, M., Möller, J. J., Fainberg, J., Friedrich, J., Seidl, A., Müller, G.:

*Numerical Simulation of the Feeding Process, Flow Field and Solute Segregation in Edge-Defined Film Fed Growth of Photovoltaic Silicon*

Poster Presentation, 20<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference Barcelona, Spain

6. - 10. Juni 2005

Berberich, S. E., Bauer, A. J., Frey, L., Ryssel, H.:

*Triple Trench Gate IGBTs*

17<sup>th</sup> International Symposium on Power Semiconductor Devices & ICs (ISPSD) 2005

Santa Barbara, CA, USA

22. - 26. Mai 2005

Berberich, S. E.:

*Entwicklung, Herstellung und Charakterisierung von integrierbaren Leistungsbaulementen und einer Trench-Gate-Technologie*

Vortrag im Rahmen des Promotionsverfahrens

IISB, Erlangen

25. Juli 2005

Berberich, S. E.:

*Aktive Sicherungsbaulemente für Leistungsschalter im Kfz*

34. Kolloquium Halbleiter-Leistungsbaulemente und ihre systemtechnische Anwendung

Freiburg 24. - 25. Oktober 2005	<i>with Experimental Data</i> International Conference on Environmental Systems Rome, Italy 11. - 14. Juli 2005	13. - 16. April 2005
Billmann, M.: <i>Mechatronische Integration von Umrichtern in den Kfz-Antriebsstrang</i> Internationales Forum für Mechatronik Augsburg 15. Juni 2005	De Bisschop, P., Erdmann, A., Rathsfeld, A.: <i>Simulation of the Effect of a Resist-Surface Bound air Bubble on Imaging in Immersion Lithography</i> SPIE Symposium on Microlithography San Jose, CA, USA 28. Februar - 4. März 2005	Erdmann, A.: <i>Modellierung von Photomasken für zukünftige Lithographiegenerationen: Polarisations- und Phaseneffekte</i> Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB IISB, Erlangen 11. Juli 2005
Billmann, M.: <i>Parasitäre Schaltungselemente in der Meßtechnik</i> PEAK-Seminar "Parasitäre Bauelemente und Oszillationen" IISB, Erlangen 26. Juli 2005	Dirnecker, T.: <i>Herstellung und Untersuchung von Metall-Isolator-Halbleiter (MIS)-Kondensatoren mit hoch-epsilon Isolatorschichten auf Germanium</i> 1. Bayerischer FORNEL-Workshop "Aktuelle Entwicklungen in der Nanoelektronik", TU München, LS Technische Elektronik München 12. April 2005	Erdmann, A., Evanschitzky, P.: Mask Modeling in the Low k1 and Ultrahigh NA Regime: Phase and Polarization Effects" (Invited Talk) , BACUS Conference, Monterey (California), October 2005. 25 <sup>th</sup> BACUS Conference 2005 Monterey, CA, USA 4. - 6. Oktober 2005
Birkmann, B., Hussy, S., Sun, G., Meissner, E., Friedrich, J., Müller, G.: <i>Aktuelle Ergebnisse zur Herstellung von GaN mittels Niederdrucklösungszüchtung</i> Vortrag am Institut für Kristallzüchtung Berlin 4. Februar 2005	Erdmann, A.: <i>Mask Modeling in the Low k1 and Ultrahigh NA Regime: Phase and Polarization Effects</i> 21 <sup>st</sup> European Mask and Lithography Conference (EMLC), Dresden, January 2005 Dresden 31. Januar - 3. Februar 2005	Evanschitzky, P., Erdmann, A.: <i>The Impact of EUV Mask Defects on Lithographic Process Performance</i> 21 <sup>st</sup> European Mask and Lithography Conference (EMLC) Dresden 31. Januar - 3. Februar 2005
Brauer, I., Hussy, S., Meissner, E., Birkmann, B., Friedrich, J., Strunk H. P., Müller, G.: <i>Transmission Electron Microscope Study of the Reduction of the Dislocation Density of GaN Layers Grown by Low Pressure Solution Growth (LPSG)</i> DGKK-Arbeitskreis Epitaxie Duisburg 8. - 9. Dezember 2005	Erdmann, A., Evanschitzky, P., De Bisschop, P.: <i>Mask and Wafer Topography Effects in Immersion Lithography</i> SPIE Symposium on Microlithography San Jose, CA, USA 28. Februar - 4. März 2005	Evanschitzky, P., Erdmann, A.: <i>Three Dimensional EUV Simulations: a New Mask Near Field and Imaging Simulation System</i> 25 <sup>th</sup> BACUS Conference 2005 Monterey, CA, USA 4. - 6. Oktober 2005
Burenkov, A., Lorenz, J.: <i>Numerische Simulation neuartiger Bauelemente für den 45-nm-CMOS-Technologieknotten und darüber hinaus</i> GMM Workshop "Devices nach CMOS" München 16. - 17. Juni 2005	Erdmann, A.: <i>Mask Modeling in the Low k1 and Ultrahigh NA Regime: Phase and Polarization Effects</i> Photomask Japan 2005 Yokohama, Japan	Fainberg, J., Friedrich, J., Müller, G., Seidl, A.: <i>Thermal Model of the Feeding Process During the EFG-Growth of Silicon Octagons for Photovoltaic Applications</i> DGKK-Jahrestagung Köln 2. - 4. März 2005
Dagner, J., Hainke, M., Friedrich, J.: <i>Simulation of ESA's MSL Furnace Inserts and Sample-Cartridge Assemblies: Model Development and Correlation</i>		Fainberg, J., Friedrich, J.: <i>Simulation des Wärme- und Stofftransports beim Ziehen von Silicium-Oktagons nach dem EFG</i>

- Verfahren*  
DGKK-Arbeitskreis Angewandte Simulation  
Heigenbrücken  
3. - 4. November 2005
- Fischer, B., Frey, L., Pfitzner, L., Lorenz, J., Ryssel, H., Kücher, P.:  
*Nanotechnology in the Fraunhofer Microelectronics Alliance (V4E)*  
Poster Presentation at the "First International Nanotechnology Conference on Communication & Cooperation" (INC1)  
San Francisco, CA, USA  
1. - 3. Juni 2005
- Frickinger, J.:  
*New SEMI Document 3128 - Test Method for the Determination of Particulate Contamination from Minienvironments*  
Semicon Europa 2005  
München  
12. April 2005
- Frickinger, J.:  
*Aktuelle Ergebnisse zur Kontaminationskontrolle in Minienvironments für den Transport und die Lagerung von 300 mm Siliciumscheiben*  
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB  
IISB, Erlangen  
30. Mai 2005
- Frickinger, J.:  
*Dynamic Front Opening Unified Pod (FOUP) Evaluation Tests at Fraunhofer IISB*  
Semicon West 2005  
San Francisco, CA, USA  
12. Juli 2005
- Frickinger, J.:  
*"Flying Wafer" – A Concept to Implement a European Virtual 300 mm R&D Line*  
Semicon West 2005
- San Francisco, CA, USA  
13. Juli 2005
- Frickinger, J.:  
*SEMI Standards for Contamination Control in Minienvironments*  
SEMI European Fall Meeting 2005  
Leuven, Belgien  
26. Oktober 2005
- Friedrich, J., Müller, G.:  
*Growth of Tailored Crystalline Materials for Clean, Safe and Eco-Efficient Production Technologies*  
Alexander von Humboldt (AvH) Conference  
Timisoara, Romania  
24. - 26. Februar 2005
- Friedrich, J., Müller, G., Vizman, D., Freudenberg, B., Dietrich, M., Ghosh, M., Müller, A.:  
*Untersuchungen zum konvektiven Wärmetransport beim gerichteten Erstarren von Photovoltaiksilicium*  
DGKK-Jahrestagung  
Köln  
2. - 4. März 2005
- Friedrich, J.:  
*Kristallzüchtung am Erlanger Fraunhofer Institut IISB*  
Werkstoffwissenschaftliches Kolloquium  
Universität Erlangen-Nürnberg  
24. Mai 2005
- Friedrich, J., Müller, G.:  
*Möglichkeiten und Herausforderungen bei der Modellierung von Kristallzüchtungsprozessen*  
Freiberger Siliciumtage  
Freiberg  
15. - 17. Juni 2005
- Friedrich, J., Müller, G.:  
*Softwareentwicklung und Simulation am Erlanger Kristall-Labor*  
KONWIHR-Workshop  
Universität Erlangen-Nürnberg  
6. Juli 2005
- Friedrich, J.:  
*Thermal Modeling and Experimental Studies for the Development of the Industrial Growth of Compound Semiconductors by the Vertical Gradient Freeze Technique*  
3<sup>rd</sup> International Workshop on Crystal Growth Technology  
Beatenberg, Switzerland  
10. - 18. September 2005
- Friedrich, J., Dagner, J., Fainberg, J., Jung, T., Vizman, D., Müller, G.:  
*About the Need for Modeling of Time Dependent Phenomena in Bulk Crystal Growth*  
DGKK-Arbeitskreis Angewandte Simulation  
Heigenbrücken  
3. - 4. November 2005
- Fühner, T., Erdmann, A.:  
*Improved Mask and Source Representations for Automatic Optimization of Lithographic Process Conditions Using a Genetic Algorithm*  
SPIE Symposium on Microlithography  
San Jose, CA, USA  
28. Februar - 4. März 2005
- Graf, T., Erdmann, A., Evanschitzky, P., Tollkühn, B., Eggers, K., Ziebold, R., Teuber, S., Höllein, I.:  
*Aerial Image Analysis for Defective Masks in Optical Lithography*  
CLEO Europe 2005  
München  
13. - 17. Juni 2005
- Graf, T.:  
*Kohlenstoff-Nanoröhrchen*  
Studentenseminar "Ausgewählte Kapitel der Halbleitertechnologie"  
LEB, Erlangen  
27. Juni 2005
- Hadler, H., Kellner, M., Jung, T., Treibig, J.:  
*Application of Global Illumination Algorithms in Heat Transfer*  
Poster Presentation, Eurographics Sym-



- posium on Rendering  
Konstanz  
29. Juni - 1. Juli 2005
- Hadler, H., Treibig, J., Kellner, M., Jung, T.:  
*Simulation Components in the Open Reflective Component Architecture*  
18<sup>th</sup> Symposium on Simulation Technique  
Erlangen  
12. - 15. September 2005
- Hadler, H., Kellner, M., Jung, T.:  
*Simulation der Wärmestrahlung in 3D mit einem hardwarebeschleunigten View-Factor-Verfahren*  
DGKK-Arbeitskreis Angewandte Simulation  
Heigenbrücken  
3. - 4. November 2005
- Häublein, V.:  
*Simulation von Masseninterferenzen in der Ionenimplantation*  
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB  
IISB, Erlangen  
17. Januar 2005
- Häublein, V.:  
*Masseninterferenz aufgrund von Umladungs- und Dissoziationsprozessen in der Ionenimplantation*  
Workshop "Ionenstrahlphysik und -technologie, Leibnitz-Institut für Oberflächenmodifizierung  
Leipzig  
11. - 12. April 2005
- Häublein, V.:  
*Kontaminationsprozesse in der Ionenimplantation*  
Vortrag im Rahmen des Promotionsverfahrens  
IISB, Erlangen  
8. Dezember 2005
- Hussy, S., Birkmann, B., Meissner, E., Friedrich, J., Müller, G., Off, J., Scholz,
- F.:  
*Vergleich der Morphologie von a-plane GaN-Schichten aus einem MOCVD- und Lösungszüchtungsprozeß*  
DGKK-Jahrestagung  
Köln  
2. - 4. März 2005
- Hussy, S., Meissner, E., Birkmann, B., Off, J., Scholz, F., Friedrich, J., Müller, G.:  
*Morphology of A-plane GaN Layers Grown by MOVPE and by Low Pressure Solution Growth (LPSG)*  
Poster Presentation, International Conference on Nitride Semiconductors  
Bremen  
28. August - 2. September 2005
- Hussy, S., Birkmann, B., Brauer, I., Berwian, P., Meissner, E., Friedrich, J., Müller, G.:  
*Niederdrucklösungszüchtung und Charakterisierung von 2-Zoll-GaN-Templates*  
DGKK-Arbeitskreis Verbindungshalbleiter  
Freiberg  
5. - 6. Oktober 2005
- Jung, T., Hadler, H., Kellner, M.:  
*ORCAN: An Open Component Framework, and its Application to the Development of Complex Simulation Software*  
International Symposium on Free/Open Source Software, Technologies and Content: FOSSTEC '05  
Orlando, FL, USA  
10. - 13. Juli 2005
- Jung, T.:  
*Mesh Generation Using the ORCAN Framework*  
Workshop on Delaunay Grid Generation for Numerical Computations  
Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik  
Berlin  
13. - 14. Oktober 2005
- Jung, T.:  
*Open Source, Component Based Simulation Software Development Using ORCAN*  
19<sup>th</sup> European Workshop on Thermal and ECLS Software  
Noordwijk, Netherlands  
11. - 12. Oktober 2005
- Jung, T., Hadler, H., Kellner, M.:  
*Development of Component Based Simulation Software Using ORCAN*  
DGKK-Arbeitskreis Angewandte Simulation  
Heigenbrücken  
3. - 4. November 2005
- Kellner, M., Hadler, H., Jung, T., Müller, G.:  
*ORCAN - Mastering Complex Simulation Software in Crystal Growth*  
DGKK-Jahrestagung  
Köln  
2. - 4. März 2005
- Kellner, M., Hadler, H., Jung, T.:  
*ORCAN: An Open Component Framework, and its Application to the Radiative Heat Transfer*  
Glass Days  
Kaiserslautern  
13. - 15. April 2005
- Kellner, M., Jung, T., Hadler, H.:  
*Simulation der Wärmestrahlung in 3D mit einem Monte-Carlo Ray-Tracing basierten Verfahren*  
DGKK-Arbeitskreis Angewandte Simulation  
Heigenbrücken  
3. - 4. November 2005
- Kistler, S.:  
*Simulation der physikalischen Gasphasenabscheidung*  
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB  
IISB, Erlangen  
24. Januar 2005

- Lehrer, C.:  
*Effekte bei der Nanostrukturierung mittels fokussierter Ionenstrahlen*  
Vortrag im Rahmen des Promotionsverfahrens IISB, Erlangen  
10. Mai 2005
- Leistner, T.:  
*Charakterisierung von Titandioxid-schichten abgedehnt aus neuentwickelten Precursoren mittels MOCVD*  
Vortrag im Rahmen des Promotionsverfahrens IISB, Erlangen  
11. Januar 2005
- Lemberger, M.:  
*High-k Hafnium Silicate Films on Silicon and Germanium Wafers by MOCVD Using a Single-Source Precursor*  
15<sup>th</sup> European Conference on Chemical Vapor Deposition (EUROCVI-15)  
Bochum  
4. - 9. September 2005
- Lorentz, V., Berberich, S. E., März, M., Ryssel, H.:  
*Intelligente Batterien durch integrierte Spannungswandler*  
IndustrieFachMesse (IFM)  
Augsburg  
15. - 16. Juni 2005
- Lorentz, V.:  
*Monolithischer DC/DC-Wandler für Mobile Systeme*  
34. Kolloquium Halbleiter-Leistungsbaulemente und ihre systemtechnische Anwendung  
Freiburg  
24. - 25. Oktober 2005
- Lorenz, J.:  
*Design & Simulation in der Nanoelektronik*  
Workshop Nanometer-Technologien  
Dresden  
31. Januar 2005
- Lorenz, J., Haas, K.-H.:  
*Fraunhofer Nanotechnology Beyond Electronics: Making Small Things Effective*  
Poster Presentation at the "First International Nanotechnology Conference on Communication & Cooperation" (INC1)  
San Francisco, CA, USA  
1. - 3. Juni 2005
- Lorenz, J., Frey, L., Pfitzner, L., Ryssel, H.:  
*Nanoelectronics at the Fraunhofer IISB and the University in Erlangen*  
Poster Presentation at the "First International Nanotechnology Conference on Communication & Cooperation" (INC1)  
San Francisco, USA  
1. - 3. Juni 2005
- März, M.:  
*SiC-Bauelemente – Schlüssel für hochkompakte Leistungswandler*  
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB  
IISB, Erlangen  
14. Februar 2005
- März, M.:  
*Towards an Integrated Drive for Hybrid Traction*  
CPES Annual Meeting  
Blacksburg, VA, USA  
17. - 29. April 2005
- März, M.:  
*Trends in der Systemintegration*  
Kooperationsforum Leistungselektronik  
Bayern-Innovativ  
Nürnberg  
28. April 2005
- März, M.:  
*Zukünftige Trends der Systemintegration*  
Kooperationsforum Leistungselektronik  
IISB, Erlangen  
28. April 2005
- März, M.:  
*Leistungselektronik am Fraunhofer IISB: F&E-Schwerpunkte und Dienstleistungsangebote*  
Branchendialog Leistungselektronik in der Region Nürnberg  
Nürnberg  
12. Mai 2005
- März, M.:  
*Mechatronische Systemintegration – eine Herausforderung für die Leistungselektronik*  
Mechatronisches Kolloquium der Universität des Saarlandes  
Saarbrücken  
22. Juni 2005
- März, M.:  
*Aktive Leistungsbaulemente*  
Seminar „Getaktete Stromversorgungen“ OTTI- Profi-Seminar  
Regensburg  
28. - 30. Juni 2005
- März, M.:  
*System Integration – The Future of Power Electronics*  
Festsymposium „20 Jahre IISB“  
IISB, Erlangen  
1. Juli 2005
- März, M.:  
*Parasitäre Bauelemente in leistungselektronischen Schaltungen*  
PEAK-Seminar "Parasitäre Bauelemente und Oszillationen"  
IISB, Erlangen  
26. Juli 2005
- März, M., Billmann, M.:  
*Parasitäre Oszillationen - Problemanalyse und Gegenmaßnahmen anhand eines praktischen Beispiels*  
PEAK-Seminar "Parasitäre Bauelemente und Oszillationen"  
IISB, Erlangen  
26. Juli 2005
- März, M.:  
*Parasitäre Bauelemente intelligent*

<p><i>nutzen</i> PEAK-Seminar "Parasitäre Bauelemente und Oszillationen" IISB, Erlangen 26. Juli 2005</p>	<p>PEAK-Seminar "Thermisches Management in der Leistungselektronik - Grundlagen" IISB, Erlangen 8. Dezember 2005</p>	<p>Nutsch, A.: <i>Process Characterisation for CMP at Fraunhofer IISB</i> Präsentation im Rahmen von Kooperationsgesprächen, University of Arizona Tucson, AZ, USA 20. September 2005</p>
<p>März, M.: <i>Viel Fahrspaß und dennoch sparsam. Leistungselektronik im Auto macht's möglich</i> VDE-ETG, ECPE, FhG-IISB Seminar „Energieeinsparung und rationelle Energienutzung durch Leistungselektronik“, IISB, Erlangen 13. Oktober 2005</p>	<p>Meissner, E.: <i>Herstellung von GaN-Substraten für die Homoepitaxie</i> Forschungszentrum Jülich Jülich 10. November 2005</p>	<p>Nutsch, A.: <i>CMP Activities at Fraunhofer IISB</i> Firmenpräsentation bei Strasbaugh San Louis Obispo, CA, USA 22. September 2005</p>
<p>März, M.: <i>Leistungselektronische Systemintegration</i> 1. APU-Tagung IISB, Erlangen 26. Oktober 2005</p>	<p>Molchanov, A.: <i>Anlagenentwicklung und experimentelle Untersuchungen zur Züchtung von CaF<sub>2</sub>-Kristallen für die Mikrolithographie</i> Vortrag im Rahmen des Promotionsverfahrens Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg 19. Juli 2005</p>	<p>Nutsch, A.: <i>Chemical Mechanical Polishing</i> GMM - 15. CMP Nutzertreffen IISB, Erlangen 29. Oktober 2005</p>
<p>März, M.: <i>Grundlagen der Entwärmung</i> PEAK-Seminar "Thermisches Management in der Leistungselektronik - Grundlagen" IISB, Erlangen 8. Dezember 2005</p>	<p>Müller, G., Friedrich, J.: <i>Yield Improvement and Advanced Defect Control – the Driving Forces for Modeling of Bulk Crystal Growth</i> 3<sup>rd</sup> Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology Beijing, China 16. - 19. Oktober 2005</p>	<p>Nutsch, A.: <i>ITRS Revision 2005 - Yield Enhancement</i> GMM - 4<sup>th</sup> YE User Group Meeting Dresden 28. November 2005</p>
<p>März, M.: <i>Modellierung mit thermischen Ersatznetzwerken</i> PEAK-Seminar "Thermisches Management in der Leistungselektronik - Grundlagen" IISB, Erlangen 8. Dezember 2005</p>	<p>Nutsch, A.: <i>Yield Enhancement in der Halbleiterfertigung mittels Defektinspektion</i> Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB IISB, Erlangen 10. Januar 2005</p>	<p>Öchsner, R.: <i>Flexible APC in Semiconductor Manufacturing</i> Präsentation bei Leica Wetzlar January 18, 2005</p>
<p>März, M.: <i>Materialien und Aufbautechniken</i> PEAK-Seminar "Thermisches Management in der Leistungselektronik - Grundlagen" IISB, Erlangen 8. Dezember 2005</p>	<p>Nutsch, A.: <i>Reliable Matching of 300 mm Defect Inspection Tools @ sub 60 nm Defect Size</i> ISSM 2005 San José, CA, USA 13. September 2005</p>	<p>Öchsner, R.: <i>Progress Report for WP5 and WP6</i> 1<sup>st</sup> Review Meeting Flying Wafer Brussels, Belgium February 3, 2005</p>
<p>März, M.: <i>Elektrisch-thermische Simulation</i></p>		<p>Öchsner, R.: <i>Progress Report WP6</i> Flying Wafer Meeting IISB, Erlangen March 24, 2006</p> <p>Öchsner, R.: <i>Introduction into APC</i> Tutorial AEC/APC Conference Dublin, Ireland</p>

April 6, 2005

Öchsner, R.:  
*Progress Report WP5, WP6 and WP7*  
Flying Wafer Meeting  
Grenoble, France  
May 11, 2005

Öchsner, R.:  
*Progress Report WP6 and WP7*  
Flying Wafer Meeting  
IISB, Erlangen  
July 28, 2005

Öchsner, R.:  
*Progress Report WP5, WP6 and WP7*  
2<sup>nd</sup> Review Flying Wafer Meeting  
IISB, Erlangen  
July 28, 2005

Öchsner, R.:  
*Management and Overview*  
3<sup>rd</sup> Review Meeting E-LIMM  
Munich  
September 29, 2005

Pfeffer, M.:  
*WP4 Overview*  
E-LIMM Meeting  
Oudenaarde, Belgium  
January 20, 2005

Pfeffer, M.:  
*Introduction into APC*  
Tutorial AEC/APC Conference  
Dublin, Ireland  
April 6, 2005

Pfeffer, M.:  
*WP4 Overview*  
E-LIMM Meeting  
Leuven, Belgium  
April 29, 2005

Pfeffer, M.:  
*Status and Overview WP4*  
3<sup>rd</sup> Review Meeting E-LIMM  
München  
April 29, 2005

Pfützner, L.:  
*Der Fraunhofer-Verbund*  
*Mikroelektronik und die Forschungs-*  
*und Entwicklungsschwerpunkte des IISB*  
15. CMP-Nutzertreffen  
IISB, Erlangen  
28. Oktober 2005

Pichler, P.:  
*Front-End Models for Silicon Future*  
*Technology (FRIENDTECH)*  
Workshop on "Non-Conventional Ther-  
mal Processes for Advanced CMOS"  
Rome, Italy  
21. Januar 2005

Pichler, P.:  
*Modellierung der transienten Diffusion*  
*und Aktivierung von Bor während der*  
*Ausheilung nach einer*  
*Ionenimplantation*  
Gemeinsames Kolloquium zur  
Halbleitertechnologie und Meßtechnik  
des LEB und des IISB  
IISB, Erlangen  
23. Mai 2005

Pichler, P.:  
*Diffusion und Aktivierung von Bor in*  
*Silicium*  
Forschungsseminar/Kolloquium  
"Aktuelle Fragen der Materialphysik"  
Universität Münster  
13. Juni 2005

Pichler, P.:  
*Point Defect Engineering for Ultra Shal-*  
*low Junction Formation*  
3<sup>rd</sup> Nordic Collaboration on Defects and  
Diffusion in Semiconductors and  
Teterostructures (NOCDAD) Summer  
School  
Sundvollen, Norway  
18. - 21. August 2005

Pichler, P.:  
*Diffusion and Activation of Dopants in*  
*Silicon and Advanced Silicon-Based Ma-*  
*terials*  
21<sup>st</sup> Nordic Semiconductor Meeting  
Sundvollen, Norway

21. - 23. August 2005

Purwins, M., Berwian, P., Müller, G.:  
*Chalcopyrite Based Thin Film Solar Cells*  
*- Kinetics of the Formation of*  
*Cu(In,Ga)Se<sub>2</sub> by Annealing of Elemental*  
*Layers*  
Poster Presentation, DGKK-Jahres-  
tagung  
Köln  
2. - 4. März 2005

Purwins, M., Weber, A., Berwian, P.,  
Müller, G., Hergert, F., Jost, S., Hock,  
R.:  
*Kinetics of the Reactive Crystallization*  
*of CuInSe<sub>2</sub> Chalcopyrite Films from Mul-*  
*tiple Stacks of InSe/CuSe Bilayer*  
16<sup>th</sup> American Conference on Crystal  
Growth and Epitaxy  
Big Sky, MT, USA  
10. - 16. Juli 2005

Reindl, S., Berberich, S. E., März, M.,  
Ryssel, H.:  
*Neuartige aktive Sicherheitsbauele-*  
*mente auf Silicium-Basis*  
Industriefachmesse (IFM)  
Augsburg  
15. - 16. Juni 2005

Roeder, G., Schellenberger, M.,  
Pfützner, M., Ryssel, H., Spitzlsperger,  
G.:  
*Unit Process Aspects for APC-Software*  
*Implementation*  
6<sup>th</sup> European Advanced Equipment  
Control/Advanced Process Control  
(AEC/APC) Conference  
Dublin, Ireland  
6. - 8. April 2005

Roeder, G.:  
*SEMI Integrated Measurement Task*  
*Force Report and SEMI E141 Document*  
*Approval*  
SEMI Equipment Automation Commit-  
tee Meeting, SEMI International Stan-  
dards Program, SEMICON Europa 2005  
München  
13. April 2005

- Roeder, G.:  
*SEMI Integrated Measurement Task Force Europa - Layer Thickness Group: Status Report*  
Task Force Meeting, SEMI International Standards Program, SEMICON Europa 2005  
München  
11. April 2005
- Rommel, M., Groß, M., Ettinger, A., Lemberger, M., Bauer, A. J., Frey, L., Ryssel, H.:  
*Characterization of Interface State Densities by Photocurrent Analysis: Comparison of Results for Different Insulator Layers*  
Poster Presentation, Conference on Insulating Films on Semiconductors (INFOS) 2005  
Leuven, Belgium  
22. - 24. Juni 2005
- Rommel, M., Groß, M., Ettinger, A., Lemberger, M., Bauer, A.J., Frey, L., Ryssel, H.:  
*Wafer Scale Characterization of Interface State Densities Without Test Structures by Photocurrent Analysis*  
DECON 2005, "Crystalline Defects and Contamination: Their Impact and Control in Device Manufacturing IV"  
Grenoble, France  
12. - 15. Dezember 2005
- Ryssel, H.:  
*Mikroelektronik - Schlüsseltechnologie unserer Zeit*  
Techniktage für Nichttechniker  
IISB, Erlangen  
14. März 2005
- Salcianu, C., Birkmann, B., Meissner, E., Hussy, S., Friedrich, J., Müller, G.:  
*Characterization of the Electrical Properties of Solution-Grown Gallium Nitride by Reflectivity Measurements*  
DGKK-Jahrestagung  
Köln  
2. - 4. März 2005
- Salcianu, C., Birkmann, B., Meissner, E., Hussy, S., Friedrich, J., Müller, G.:  
*Characterisation of the Electrical Properties of Solution-Grown GaN Crystals by Reflectivity and Hall Measurements*  
International Symposium on Compound Semiconductors (ISCS) 2005  
Rust  
18. - 22. September 2005
- Schellenberger, M., Öchsner, R., Pfeffer, M., Moyne, J., Komeran, A.:  
*General Introduction of APC*  
6<sup>th</sup> European AEC/APC Conference  
Dublin, Ireland  
6. - 8. April 2005
- Schellenberger, M., Schels, A.:  
*SEMI Process Control Systems Taskforce: Status Report*  
Task Force Meeting, SEMI International Standards Program, SEMICON Europa 2005  
München  
12. April 2005
- Schellenberger, M., Scheuermann, M., Schröder-Heber, A.:  
*Integrated Metrology for Process Control at the Nanoscale*  
1<sup>st</sup> Leibniz-Conference of Advanced Science, Nanoscience 2005  
Lichtenwalde  
6. Oktober 2005
- Schnattinger, T., Bär, E.:  
*Comparison of Different Approaches for the Simulation of Topography Evolution During Lithography Development*  
Poster Presentation at the Conference "SISPAD 2005"  
Tokyo, Japan  
1. - 3. September 2005
- Schnattinger, T., Bär, E., Erdmann, A.:  
*A Fast Development Simulation Algorithm for Discrete Resist Models*  
31<sup>st</sup> International Conference on Micro and Nano-Engineering (MNE) 2005  
Vienna, Austria  
19. - 22. September 2005
- Schwesig, P., Sahr, U., Friedrich, J., Müller, G.:  
*Untersuchungen zur Züchtung von 2" InP nach dem Vertikalem Gradient Freeze Verfahren*  
DGKK-Jahrestagung  
Köln  
2. - 4. März 2005
- Schwesig, P., Jung, T., Härtwig, J., Eichler, S., Mühe, A., Müller, G.:  
*Kristallzüchtung von InP nach dem VGF-Verfahren - Charakterisierung und numerische Modellierung*  
DGKK-Arbeitskreis  
Verbindungshalbleiter  
IISB, Erlangen  
6. - 7. April 2005
- Schwesig, P., Sahr, U., Friedrich, J., Müller, G., Köhler, A., Kretzer, U., Eichler, S., Mühe, A.:  
*Growth and Characterization of 2" and 4" low EPD InP Substrate Crystals by the Vertical Gradient Freeze (VGF)-Method*  
17<sup>th</sup> Indium Phosphide and Related Materials Conference  
Glasgow, U.K.  
8. - 12. Mai 2005
- Steen, C., Pichler, P., Ryssel, H., Pei, L., Duscher, G., Windl, W., Östling, M.:  
*Distribution, Segregation and Dose-Loss of Dopants in Deca-Nanometer SOI Structures*  
Poster-Präsentation auf dem "Forum on Europe-USA Collaboration in Materials Research" im Rahmen der Frühjahrstagung der "European Materials Research Society" (EMRS)  
Strasbourg, Frankreich  
30. - 31. Mai 2005
- Steen, C., Nutsch, A., Pichler, P., Ryssel, H.:  
*Characterization of the Impurity Profile at the Interface SiO<sub>2</sub>/Si Using a Combination of Total Reflection X-Ray Fluorescence Spectrometry and Successive Etching of Silicon*  
11<sup>th</sup> Conference on Total Reflection



X-Ray Fluorescence Analysis and Related Methods (TXRF 2005)  
Budapest, Hungary  
18. - 22. September 2005

(AEC/APC) Conference  
Dublin, Ireland  
6. - 8. April 2005

Sun, G., Meissner, E., Birkmann, B., Friedrich, J., Müller, G.:  
*Thermodynamics of GaN Formation by the Reaction of Ga and Active Nitrogen*  
DGKK-Arbeitskreis  
Verbindungshalbleiter  
IISB, Erlangen  
6. - 7. April 2005

Weidner, A.:  
*Strukturbreitenbestimmung für die sub 100nm-Lithographie mittels spektral-ellipsometrischer Beugungsmessung*  
Vortrag im Rahmen des Promotionsverfahrens  
IISB, Erlangen  
31. Oktober 2005

Sun, G., Meissner, E., Hussy, S., Birkmann, B., Friedrich, J., Müller, G.:  
*Morphologies of GaN Single Crystals Grown from Ga Solutions Under Flowing Ammonia*  
3<sup>rd</sup> Asian Conference on Crystal Growth and Crystal Technology  
Beijing, China  
16. - 19. Oktober 2005

Tollkühn, B., Heubner, A., Elian, K., Ruppenstein, B., Erdmann, A.:  
*Correlation Analysis: a Fast and Reliable Method for a Better Understanding of Simulation Models in Optical Lithography*  
SPIE Symposium on Microlithography  
San Jose, CA, USA  
28. Februar - 4. März 2005

Ammon v., W., Gelfgat, Y., Gorbunov, L., Mühlbauer, A., Muiznieks, A., Makarov, Y., Virbulis, J., Müller, G.:  
*Application of Magnetic Fields in Industrial Growth of Silicon Crystals*  
6<sup>th</sup> PAMIR International Conference on Fundamental and Applied MHD  
Riga, Latvia  
27. Juni - 7. Juli 2005

Weidner, A., Scheuermann, M., Pfitzner, L.:  
*Scatterometric Measurements on Sub-Wavelength Gratings Evaluated by a New Effective-Medium Model*  
6<sup>th</sup> European Advanced Equipment Control/Advanced Process Control



**Studienarbeiten**  
**Theses**

Bode, S.  
*Entwicklung eines 1 kVA Low-Cost-Frequenzumrichters mit aktiver PFC zur Integration an einem Waschmaschinenmotor*  
Betreuer: Konrad Domes


Heinrich, M.  
*Hydrierte amorphe Siliciumschichten für den Einsatz in widerstandsmodulierten Speicherzellen*  
Betreuer: Michael Jank, Tobias Erlbacher

Graf, T.  
*Organo-metallische Schichten für nicht-flüchtige Speicherzellen*  
Betreuer: Tobias Erlbacher

Gooding, J.  
*Programmierung eines Pulsmustergenerators in VHDL zur Ansteuerung eines bidirektionalen isolierenden DC/DC-Wandlers*  
Betreuer: Stefan Zeltner, Martin März

Kandziora, C.  
*Herstellung von Wannenkontakten für einen CMOS-Prozess mit reduzierter Maskenzahl*  
Betreuer: Michael Jank

Schön, F.  
*Untersuchungen zur Herstellung von Metall-Isolator-Halbleiter-Feldeffekttransistoren mit Germanium-Kanal*  
Betreuer: Tobias Dirnecker, Michael Jank



**Diplomarbeiten**  
**Diploma Theses**

Salcianu, C.  
*Determination of the Electrical and Structural Properties of Gallium Nitride Grown by Low Pressure Solution Growth Method*  
Betreuer: Elke Meissner

Simon, A.  
*Regelungstechnische Charakterisierung und Optimierung von bidirektionalen DC/DC-Wandlern für Brennstoffzellenfahrzeuge*  
Betreuer: Martin März, Bernd Eckardt


Weber, A.  
*Untersuchung der Bildungskinetik ternärer Chalkopyrit-Dünnschichten für Solarzellenanwendungen*  
Betreuer: Stephan Hussy

Yudichev, M.  
*Electrical Characterization of High-k Layers Using Atomic Force Microscopy*  
Betreuer: Mathias Rommel, Lothar Frey



**Projektarbeiten**  
**Project Theses**

Krämer, P.  
*Untersuchungen zum anisotropen und isotropen Leitkleben von aktiven und passiven Komponenten*  
Betreuer: Bernd Eckardt



**Kontakt und weitere Informationen**  
**Contact and Further Information**

**Öffentlichkeitsarbeit**  
**Public Relations**

Dr. Bernd Fischer  
Phone: +49 (0) 9131 761-106  
Fax: +49 (0) 9131 761-102  
info@iisb.fraunhofer.de

**Applikations- und Dienstleistungs-**  
**zentrum Mikrosystemtechnik**  
**Application and Service Center for**  
**Microsystems Technology**

Dr. Sven Berberich  
Phone: +49 (0) 9131 761-341  
Fax: +49 (0) 9131 761-360  
sven.berberich@iisb.fraunhofer.de

**Technologiesimulation**  
**Technology Simulation**

Dr. Jürgen Lorenz  
Phone: +49 (0) 9131 761-210  
Fax: +49 (0) 9131 761-212  
juergen.lorenz@iisb.fraunhofer.de

**Halbleiterfertigungsgeräte und**  
**-methoden**  
**Semiconductor Manufacturing**  
**Equipment and Methods**

Prof. Lothar Pfitzner  
Phone: +49 (0) 9131 761-110  
Fax: +49 (0) 9131 761-112  
lothar.pfitzner@iisb.fraunhofer.de

**Technologie**  
**Technology**

Dr. Anton Bauer  
Phone: +49 (0) 9131 761-308  
Fax: +49 (0) 9131 761-360  
anton.bauer@iisb.fraunhofer.de

**Kristallzüchtung**  
**Crystal Growth**

Prof. Georg Müller  
Phone: +49 (0) 9131 852-7636  
Fax: +49 (0) 9131 761-280  
georg.mueller@iisb.fraunhofer.de

Dr. Jochen Friedrich  
Phone: +49 (0) 9131 761-269  
Fax: +49 (0) 9131 761-280  
jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

**Leistungselektronische Systeme**  
**Power Electronic Systems**

Dr. Martin März  
Phone: +49 (0) 9131 761-310  
Fax: +49 (0) 9131 761-312  
martin.maerz@iisb.fraunhofer.de