

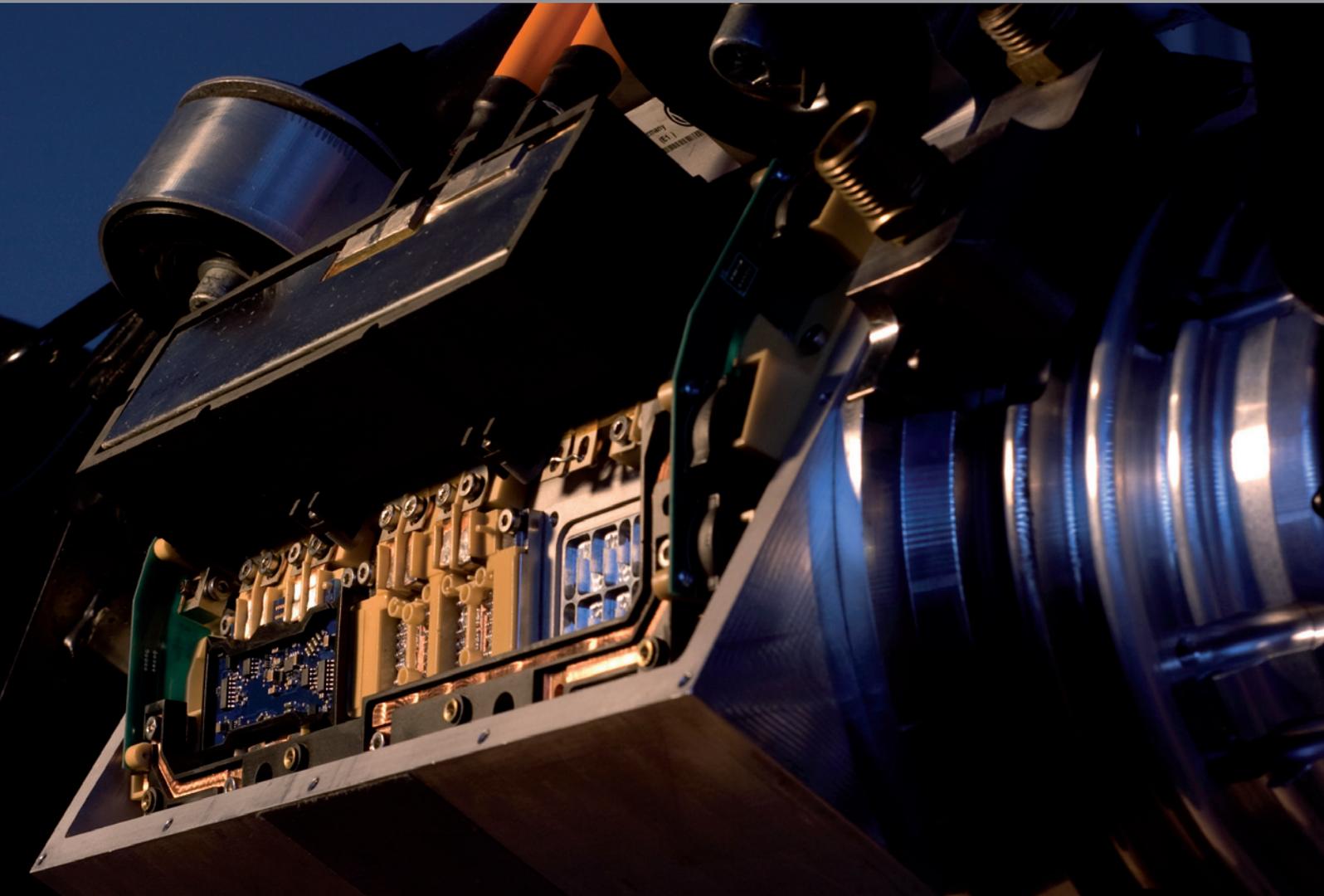


**Fraunhofer**

IISB



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR INTEGRIERTE SYSTEME UND BAUELEMENTE TECHNOLOGIE IISB



**JAHRESBERICHT  
ANNUAL REPORT**

**2010**

Deutschland  
Land der Ideen



Ausgewählter Ort 2010

# LEISTUNGEN UND ERGEBNISSE JAHRESBERICHT 2010

---

## ACHIEVEMENTS AND RESULTS ANNUAL REPORT 2010

**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR  
INTEGRIERTE SYSTEME UND BAUELEMENTE-TECHNOLOGIE IISB**

**FRAUNHOFER INSTITUTE FOR  
INTEGRATED SYSTEMS AND DEVICE TECHNOLOGY IISB**

**Institutsleitung / Director:**  
Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey

Schottkystraße 10  
91058 Erlangen

Tel. / Phone: +49 (0) 9131 761-0  
Fax: +49 (0) 9131 761-390  
info@iisb.fraunhofer.de  
www.iisb.fraunhofer.de

## Impressum / Imprint

**Herausgeber / Published by:**

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

**Redaktion:**

Thomas Richter  
Lothar Frey

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

Thomas Richter  
Lisa Sauerer  
Eva Heuberger  
Felicitas Coenen

**Druck / Printed by:**

druckunddigital, Erlangen

**Titelbild / Cover Photo:**

Mechatronisch integrierte Leistungselektronik am elektrischen Fahrtrieb der Hybridfahrzeug-Entwicklungsplattform des Fraunhofer IISB

Mechatronically integrated power electronic system in the electric drive of the hybrid-vehicle R&D platform of Fraunhofer IISB

© Fraunhofer IISB, Erlangen 2011

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur mit Genehmigung des Instituts.  
All rights reserved. Reproduction only with express written authorization.



Energie und Wachstum – die wirtschaftliche und wissenschaftliche Entwicklung im Jahr 2010 stand nicht nur für Deutschland, sondern speziell auch für das Fraunhofer IISB im Zeichen dieser beiden Schlagworte.

Pünktlich zum bundesweiten Jahr der Energie konnte beispielsweise der vom IISB koordinierte Fraunhofer-Innovationscluster „Elektronik für nachhaltige Energienutzung“ in der Metropolregion Nürnberg seine Arbeit aufnehmen, am IISB wurde eine neue Leistungselektronik-Arbeitsgruppe „Energiemanagement“ gegründet, und im Frühjahr erfolgte der Spatenstich für den Erweiterungsbau des Instituts in Erlangen, der schwerpunktmäßig für Energie- und Leistungselektronikforschung genutzt werden wird.

Anlässlich der Feierlichkeiten zum 25-jährigen Bestehen des IISB, die wir gemeinsam mit den Kollegen des Fraunhofer IIS unter dem Motto „25 Jahre Fraunhofer in Erlangen“ begangen haben, konnten wir im Sommer das neue IISB-Testzentrum für Elektrofahrzeuge eröffnen. Einige Wochen vorher bereits hatte unser auf Basis eines Audi TT selbst entwickeltes Hybridfahrzeug seine offizielle Jungfernfahrt.

Unter den Leitmotiven „Nanotechnologie für die Elektronik“ und „Elektronik für nachhaltige Energienutzung“ betreibt das Fraunhofer IISB als enger Partner der Industrie angewandte Forschung und Entwicklung in den Bereichen der Mikro- und Nanoelektronik, der Materialien für die Elektronik sowie in der Leistungselektronik und Elektromobilität.

Entsprechend erfolgt der Ausbau des Instituts nicht nur auf dem Gebiet der Leistungselektronik, sondern auch in unseren traditionellen Arbeitsbereichen der Halbleitertechnologie und Materialforschung. So schreitet die Einrichtung der neuen Laboranlagen in unserer Freiburger Außenstelle, dem Technologiezentrum für Halbleitermaterialien THM, zügig voran, ebenso wie die Neuausstattung und Modernisierung der großen Reinraumhalle in Erlangen, die wir gemeinsam mit der Universität Erlangen-Nürnberg betreiben.

Die enge Kooperation mit der Universität bzw. dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente (LEB) in Forschung und Lehre ist auch weiterhin ein zentraler Bestandteil der erfolgreichen Arbeit des Instituts. Diese gemeinsamen Erfolge zeigen sich nicht nur in der Forschung, sondern auch

regelmäßig in den gemeinsamen Anstrengungen zu Ausbildung und Lehre. So konnte der gemeinschaftlich von IISB und LEB betreute Auszubildende Jonas Strobel in diesem Jahr den besten bayerischen Ausbildungsabschluss als Mikrotechnologe vorweisen.

1 Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey,  
Institutleiter.

Exzellente Aus- und Weiterbildung hat sich das IISB auf die Fahnen geschrieben. Unser jährlicher Lithographiesimulations-Workshop, eine DGKK-Schule zur Herstellung von Photovoltaiksilicium, zahlreiche Seminare zusammen mit dem European Center for Power Electronics oder eine Fachvortragsreihe zur Leistungselektronik im Rahmen unseres Innovationsclusters sind nur einige Angebote des Instituts. Ein Highlight war die gemeinsam mit dem BMBF veranstaltete erste DRIVE-E-Akademie und die Verleihung des DRIVE-E-Studienpreises. Aufgrund der begeisterten Resonanz der Teilnehmer ging dieses DRIVE-E-Programm ([www.drive-e.org](http://www.drive-e.org)) zur Nachwuchsförderung und Netzwerkbildung in der Elektromobilität 2011 in die nächste Runde.

Netzwerkbildung und Kooperation sind ein wichtiger Bestandteil wissenschaftlicher Exzellenz, auch für das IISB, sei es auf regionaler Ebene, wie im Innovationscluster oder dem in Aufbau befindlichen Energie Campus Nürnberg, oder auf europäischer Ebene, etwa in den großen, vom IISB koordinierten Verbundprojekten SEAL und ATEMOX. Im Rahmen einer binationalen Promotion in Zusammenarbeit mit dem französischen CEA-Léti entwickelt ein von beiden Partnern betreuter Doktorand Topologien für Photovoltaikanlagen der Zukunft.

Über Exzellenz freuen wir uns auch immer wieder in Form von Auszeichnungen für Mitarbeiter des Fraunhofer IISB, im Jahr 2010 etwa der SolarWorld Junior Einstein-Award für Christian Reimann, der GMM-Award für Heiner Ryssel oder der 2. Hugo-Geiger-Preis für Sebastian Polster. Als „Ausgewählter Ort 2010“ im Rahmen des Bundeswettbewerbs „365 Orte im Land der Ideen“ konnte sich am 21. Oktober 2010 anlässlich unserer Jahrestagung zu 10 Jahren Leistungselektronik am IISB das Institut als Ganzes auszeichnen lassen.

Exzellenz und Ideen – dafür will das IISB auch in Zukunft stehen, und dafür danke ich allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Instituts, die dies mit Kompetenz und Engagement erst möglich machen. Mein Dank gilt ebenso unseren öffentlichen Fördergebern und Industriepartnern, die uns immer wieder ihr Vertrauen schenken.

Erlangen, April 2011

A handwritten signature in black ink, reading "Lothar Frey". The signature is written in a cursive style with a horizontal line above the name.

Prof. Dr. Lothar Frey

# PREFACE

Energy and growth – the economic and scientific development in the year 2010 has been characterized by these two keywords not only for Germany, but particularly for Fraunhofer IISB.

Just in time for the nationwide „Science Year 2010 – The Future of Energy“, e.g. the Fraunhofer Innovation Cluster „Electronics for Sustainable Energy Use“ coordinated by IISB could start its work in the metropolitan area of Nuremberg, a new working group of power electronics called „Energy Management“ has been set up and in spring the first sod was turned for the extension of the existing building of the institute in Erlangen, which will be used primarily for research on energy and power electronics.

On the occasion of the 25<sup>th</sup> anniversary of IISB, which we celebrated together with our colleagues of Fraunhofer IIS following the slogan „25 years of Fraunhofer in Erlangen“, we could inaugurate the new IISB test center for electric vehicles in summer. Already several weeks before, our hybrid vehicle developed on the basis of an Audi TT made its official maiden voyage.

Following the slogans „Nanotechnology for Electronics“ and „Electronics for Sustainable Energy Use“, Fraunhofer IISB is doing applied research and development in the fields of micro- and nanotechnology, materials for electronics as well as of power electronics and electric mobility in close collaboration with industry.

Accordingly, the institute has not only been extended with regard to the field of power electronics, but also in our traditional fields of activity concerning semiconductor technology and materials research. Thus, the installation of the new laboratory facilities in our Freiberg subsidiary – the Technology Center for Semiconductor Materials (THM) – is making rapid progress as well as the refurbishment and modernization of the big cleanroom hall in Erlangen, which is operated together with the University of Erlangen-Nuremberg.

The close cooperation with the University and the Chair of Electron Devices (LEB) with regard to research and teaching will continue to be an integral part of the institute's successful work. This joint success not only arises in the field of research, but also regularly in our joint efforts regarding education and teaching. Thus, this year, our apprentice Jonas Strobelt, who has been



supervised by both IISB and LEB, could show the best results of Bavaria for his qualification as a microtechnologist.

1 Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey,  
Director.

The IISB is committed to provide excellent opportunities for vocational training and advanced training. Our annual lithography simulation workshop, a DGKK training on the manufacturing of photovoltaic silicon, several seminars together with the European Center for Power Electronics or a series of lectures on power electronics within the framework of our Innovation Cluster are only some of the wide range of activities the institute offers. Highlights were the first „DRIVE-E Academy“ hosted together with the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and the granting of the „DRIVE-E Students' Award“. Due to the enthusiastic feedback of the participants, the „DRIVE-E“ program ([www.drive-e.org](http://www.drive-e.org)) aiming at the promotion of young researchers and networking in electric mobility will be continued.

For IISB as well, networking and cooperation are an integral part of scientific excellence both on the regional level such as in the Innovation Cluster or the „Energie Campus Nürnberg“ (EnCN) which currently is being prepared and on the European level such as in the big joint projects „SEAL“ or „ATEMOX“ coordinated by IISB. Within the framework of a binational graduation in cooperation with the French CEA-Léti, a doctoral candidate supervised by both partners is developing topologies for future photovoltaic systems.

Again and again, we are pleased about excellence in terms of awards conferred to employees of Fraunhofer IISB such as the „SolarWorld Junior Einstein Award“ for Christian Reimann, the „GMM Award“ for Heiner Rysse and the „2<sup>nd</sup> Hugo Geiger Award“ for Sebastian Polster in 2010. On 21st October 2010, on the occasion of our annual meeting with regard to 10 years of power electronics at IISB, the institute was awarded the title „Selected Landmark 2010“ within the framework of the federal competition „365 Landmarks in the Land of Ideas“.

Excellence and ideas – these are the keywords IISB wants to stand for in future as well. I would like to thank all employees of the institute for making this possible with their expertise and commitment. Moreover, I would like to thank all public funding institutions and partners from industry for consistently placing their trust in us.

Erlangen, April 2011

A handwritten signature in black ink that reads "Lothar Frey". The signature is written in a cursive style with a long horizontal line extending from the top of the 'F'.

Prof. Dr. Lothar Frey

## Deutsch

### Das Institut im Profil

Kurzportrait	10
Organisation und Abteilungen	12
Fraunhofer IISB in Erlangen	14
Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik ZKLM	16
Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM	18
Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente	20
Kuratorium	22
Kontaktinformationen zum IISB	23

### Das Forschungs- und Dienstleistungsangebot

Institutsspezifische Angebote zur Vertragsforschung	24
---	----

### Das Institut in Zahlen

Mitarbeiterentwicklung, Betriebshaushalt und Investitionen	28
--	----

### Fraunhofer-Gesellschaft und Förderkreis

Die Fraunhofer-Gesellschaft	30
Fraunhofer-Verbünde und -Allianzen	32
Fraunhofer-Innovationscluster	34
Der Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.	36

### Technologiesimulation

Schwerpunkte, Trends und Potenziale	38
TCAD für Automobilelektronik	40
Simulationsverfahren für Mask Aligner der nächsten Generation	42
Fraunhofer-Forschung zur Simulation von Prozessschwankungen	44

### Kristallzüchtung

Schwerpunkte, Trends und Potenziale	46
Versetzungen als Wirkungsgrad limitierender Defekte in multikristallinem Silicium	48

Analyse von Versetzungen und anderen Kristallbaufehlern in GaN und SiC	50
Optimierung des Czochralski-Verfahrens für monokristalline Siliciumkristalle für die Photovoltaik	52

### Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden

Schwerpunkte, Trends und Potenziale	54
Europäische Forschung an der nächsten Generation von Halbleiterscheiben mit 450 mm Durchmesser	56
IMPROVE – Forschung für die Halbleiterfertigung von morgen	58
Akkreditiertes Analytiklabor innerhalb des Fraunhofer IISB	60

### Technologie

Schwerpunkte, Trends und Potenziale	62
Synthese nanoskaliger Halbleitermaterialien	64
Entwicklung von Abgassensoren auf Siliciumcarbid	66
Nanostrukturierte Elektroden für zukünftige Cochlea-Implantate	68

### Leistungselektronische Systeme

Schwerpunkte, Trends und Potenziale	70
„Distributed Power Conversion in Smart Photovoltaic Solar Panels“ – Zusammenarbeit auf europäischer Ebene zwischen CEA-Leti und dem Fraunhofer IISB	72
Wirkortnahe Systemintegration von Leistungselektronik in Elektrofahrzeugen	74
Hybrid-Versuchsfahrzeug und Testzentrum für Elektrofahrzeuge	76

### Ereignisse

Ausgewählte Meldungen	78
-----------------------	----

## English

### Profile of the Institute

Brief Portrait	94
Organization and Fields of Activity	96
Fraunhofer IISB in Erlangen	98
Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics ZKLM	100
Technology Center Semiconductor Materials THM	102
Cooperation with the Chair of Electron Devices	104
Advisory Board (2010)	106
Contact Informations	107

## Fortsetzung / Continuation

### Research and Services

Institute-Specific Offers for Contract Research	108
---	-----

### Representative Figures

Staff Development, Budget, and Investments	112
--	-----

### Fraunhofer-Gesellschaft and "Förderkreis"

The Fraunhofer-Gesellschaft	114
Groups and Alliances	116
Innovation Cluster	118
"Förderkreis für die Mikroelektronik e.V."	120

### Technology Simulation

Focal Areas of Research and Development, Trends, and Potentials	122
TCAD for Automotive Electronics	124
Simulating Next-Generation Mask Aligners	126
Fraunhofer Research on the Simulation of Process Variations	128

### Crystal Growth

Focal Areas of Research and Development, Trends, and Potentials	130
Dislocations as Limiting Factor of Solar Cell Efficiency in Multicrystalline Silicon	132
Analysis of Dislocations and Other Crystal Imperfections in GaN and SiC	134
Optimization of the Czochralski Method for Silicon Single Crystals for Photovoltaics	136

### Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods

Focal Areas of Research and Development, Trends, and Potentials	138
European Research on the Next Generation of Semiconductor Wafers with a Diameter of 450 mm	140
IMPROVE – Research for the Semiconductor Manufacturing of Tomorrow	142
Accredited Analytical Laboratory at Fraunhofer IISB	144

### Technology

Focal Areas of Research and Development, Trends, and Potentials	146
Synthesis of Nanoscale Materials	148
Exhaust Sensors on Silicon Carbide	150
Nano-Structured Electrodes for Future Cochlear Implants	152

### Power Electronic Systems

Focal Areas of Research and Development, Trends, and Potentials	154
Distributed Power Conversion in Smart Photovoltaic Solar Panels – Cooperation on the European Scale	156
System Integration of Power Electronics in Electric Vehicles	158
Hybrid Test Vehicle and Test Center for Electric Vehicles	160

### Events

Selected News	162
---------------	-----

## Deutsch / English

**Hinweis: Dieser Teil ist nur in der Online-Ausgabe enthalten ([www.iisb.fraunhofer.de](http://www.iisb.fraunhofer.de)).**

**Note: This section is only available in the online version ([www.iisb.fraunhofer.de](http://www.iisb.fraunhofer.de)).**

### Namen und Daten / Names and Data

Gastwissenschaftler / Guest Scientists	178
Patenterteilung / Patents	180
Mitarbeit in Fachgremien, Fachverbänden und Komitees / Participation in Committees	181
Konferenzen, Workshops und Messebeteiligungen / Conferences, Workshops, Fairs, and Exhibitions	187

### Wissenschaftliche Veröffentlichungen / Scientific Publications

Publikationen / Publications	190
Vorträge / Presentations	206
Habilitationen / Habilitations	237
Doktorarbeiten / PhD Theses	237
Diplom- und Masterarbeiten / Diploma and Master Theses	238
Bachelorarbeiten / Bachelor Theses	240
Studien- und Projektarbeiten / Theses	241

# DAS INSTITUT IM PROFIL

## Kurzportrait

Das 1985 gegründete Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB betreibt angewandte Forschung und Entwicklung auf den Gebieten der Mikro- und Nanoelektronik, Leistungselektronik und Mechatronik. Mit Technologie-, Geräte- und Materialentwicklungen für die Nanoelektronik, seinen Aktivitäten auf dem Gebiet der Simulation sowie seinen Arbeiten zu leistungselektronischen Systemen für Energieeffizienz, Hybrid- und Elektroautomobile genießt das Institut internationale Aufmerksamkeit und Anerkennung.

Hauptstandort des IISB ist Erlangen. Außenstellen des Instituts befinden sich mit dem Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik ZKLM in Nürnberg und mit dem Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM in Freiberg. Das IISB beschäftigt rund 170 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Es ist eines von 60 Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft und betreibt Vertragsforschung für die Industrie und öffentliche Einrichtungen. Das Institut arbeitet eng mit der Universität Erlangen-Nürnberg zusammen.

### Wissenschaftliches Profil

Die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des Fraunhofer IISB lassen sich mit den Leitsätzen des Instituts

- Nanotechnologie für die Elektronik
- und
- Elektronik für nachhaltige Energienutzung

zusammenfassen.

In großer Bandbreite werden in fünf Fachabteilungen die folgenden Themengebiete bearbeitet:

- Nanoelektronik
- Materialien für die Elektronik
- Energieeffiziente Leistungselektronik
- Elektromobilität

**1** *Institutsgebäude des Fraunhofer IISB mit Reinraum, dahinter Reinraumlabor und Gebäude des Lehrstuhls für Elektronische Bauelemente der Universität Erlangen-Nürnberg.*



## Organisation und Abteilungen

Die Projekte und Themen des Fraunhofer IISB in der Mikro-/Nanoelektronik, Leistungselektronik, Elektromobilität und Materialforschung werden abteilungsübergreifend in fünf Fachabteilungen bearbeitet:

### Technologie

Hier werden neue halbleitertechnologische Materialien, Bauelemente, Prozesse und Herstellungsmethoden für CMOS (VLSI, ULSI), Nanoelektronik und Leistungselektronik entwickelt. Hierfür stehen vollständige Prozesslinien auf Silicium und Siliciumcarbid zur Verfügung. Im Speziellen umfassen die Tätigkeiten und Kompetenzen unter anderem Oberflächen- und Dünnschichttechnik für neue Materialien, Prozesse für dünne dielektrische und metallische Schichten, Ionenimplantation, Schaltkreismodifikation und IC-Reparatur, Nanostrukturierung, Partikelelektronik, Messtechnik und Analytik sowie die Entwicklung von passiven Bauelementen.

### Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden

Im Mittelpunkt stehen die Entwicklung und Verbesserung neuer Fertigungsgeräte und der damit verbundenen Methoden und Prozesse bis hin zur Implementierung in die industrielle Produktion. Dabei wird besonderer Wert auf Fragen der Ausbeute- und Durchsatzoptimierung, Prozesskompatibilität, Kontamination, Sicherheit, umweltfreundlichen Fertigung und Ressourcenoptimierung gelegt. Einsatzfelder liegen beispielsweise in der Prozessautomatisierung, der Gerätevorqualifizierung, der integrierten und virtuellen Messtechnik sowie der Analytik im nach ISO 17025 akkreditierten IISB-Analytiklabor für die Mikro- und Nanotechnologie.

### Technologiesimulation

Hier werden physikalische Modelle und leistungsfähige Simulationsprogramme zur Optimierung von Einzelprozessen und Prozessfolgen in der Halbleitertechnologie entwickelt und in die Anwendung transferiert. Des Weiteren wird durch Simulation die Entwicklung von Prozessen, Bauelementen und Schaltungen unterstützt. Besondere Kompetenz besteht in Maskendesign und Geräteentwicklung durch prädiktive Lithographiesimulation. Verstärkt betrieben wird die Kopplung von elektrischen, thermischen, optischen und mechanischen Simulationen.

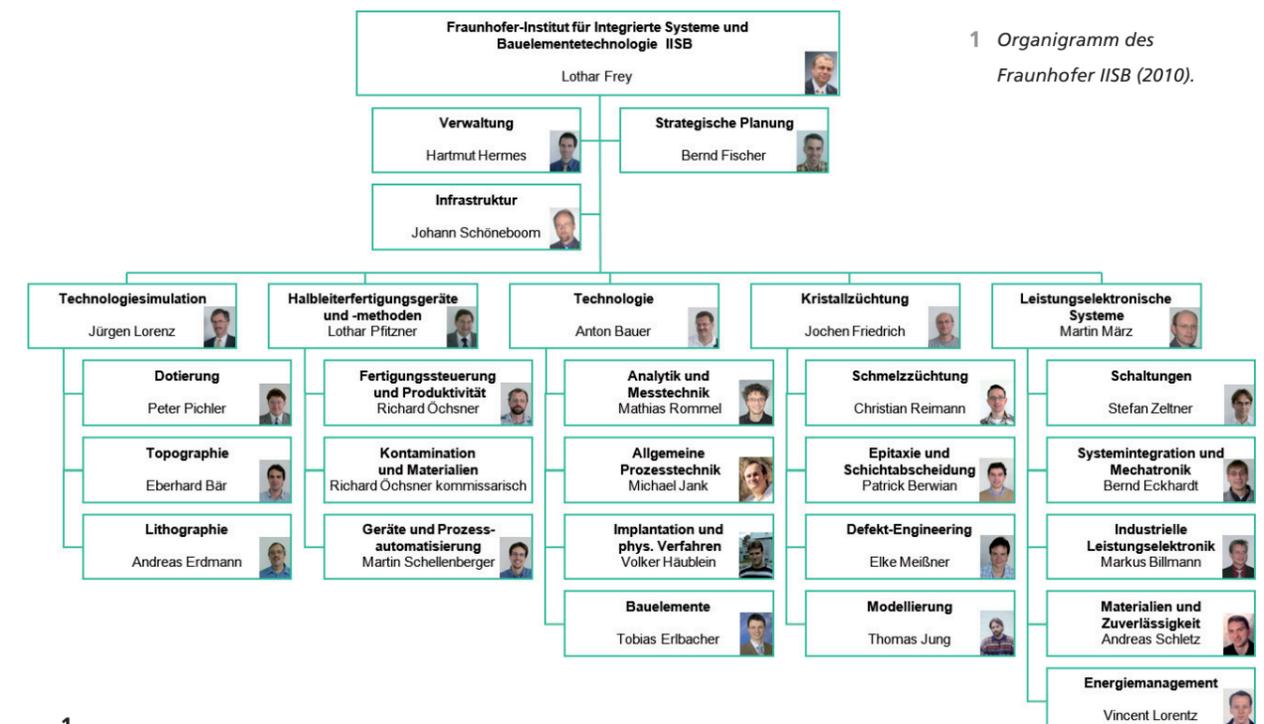
### Kristallzüchtung

Ziel ist die Identifikation des Zusammenhangs zwischen den Eigenschaften von Kristallen und deren Wachstumsbedingungen zur Optimierung der industriellen Prozessentwicklung. Experi-

mentelle und theoretische Analysen, Messtechnik und numerische Modellierung mit vom IISB speziell entwickelten Softwarewerkzeugen bilden dabei eine strategische Einheit. Schwerpunkte sind die Herstellung von Kristallmaterialien und kristallinen Schichten für die Mikroelektronik, Photovoltaik sowie für optische Anwendungen einschließlich Detektor- und Lasermaterialien.

### Leistungselektronische Systeme

Das Spektrum reicht hier von der Entwicklung neuer Materialien über Zuverlässigkeitsuntersuchungen und Fehleranalysen, schaltungs- und regelungstechnische Fragestellungen, Aufbau- und Kühltechniken, EMV, Energiemanagement bis hin zur Realisierung kompletter Systemlösungen für die Fahrzeugtechnik sowie die Energie-, Anlagen- und Automatisierungstechnik. Schwerpunkte liegen im Bereich der mechatronischen Systemintegration, d.h. der Integration von Leistungselektronik, Mikroelektronik, Sensorik und Mechanik und elektrischer Leistungswandler sowie bei Technologien zur Steigerung von Effizienz (Wirkungsgrad) und Leistungsdichte in industriellen Anwendungsgebieten wie Elektromobilität und Energie- und Netztechnik.



1 Organigramm des Fraunhofer IISB (2010).

## Fraunhofer IISB in Erlangen

Der Hauptstandort des Fraunhofer IISB befindet sich in Erlangen in unmittelbarer Nachbarschaft zum Südgelände der Universität Erlangen-Nürnberg. Das IISB verfügt hier auf 5000 m<sup>2</sup> über umfangreiche Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen zur Mikro- und Nanoelektronik, Leistungselektronik und Kristallzüchtung. Hinzu kommen rund 1500 m<sup>2</sup> hochklassige Reinraumfläche, die teils gemeinsam mit der Universität betrieben werden. Ein schwerpunktmäßig auf die Leistungselektronik ausgerichteter Erweiterungsbau mit zusätzlichen 1600 m<sup>2</sup> Hauptnutzfläche wird Ende 2011 fertiggestellt. Im Sommer 2010 wurde das neue IISB-Testzentrum für Elektrofahrzeuge eingeweiht.

### Testzentrum für Elektrofahrzeuge

Elektrofahrzeuge stellen völlig neue Anforderungen an die Mess- und Prüftechnik. Speziell auf diese Anforderungen zugeschnitten, bietet das Testzentrum eine einzigartige Infrastruktur, in der einzelne Komponenten bis hin zu Gesamtfahrzeugen vermessen und optimiert werden können. Das Testzentrum umfasst Prüfstände für elektrische Antriebe, Energiespeicher, elektrisch-thermische Zuverlässigkeit und elektromagnetische Verträglichkeit. Das Kernelement bildet ein temperierbarer Rollenprüfstand. Damit können auch an Gesamtfahrzeugen Untersuchungen, z.B. zur Reichweite unter extremen Umgebungsbedingungen, durchgeführt werden.

### Reinraumlaboratorien

Das Fraunhofer IISB verfügt über ca. 500 m<sup>2</sup> eigene Reinraumfläche und betreibt die große Reinraumhalle (1000 m<sup>2</sup>) der Universität gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente (LEB). Hier wird an Bauelementen, Prozessen, Materialien, Geräteentwicklung und Messtechnik für die Halbleitertechnologie auf Silicium, Siliciumcarbid und Nanopartikeln geforscht.

### Adresse und Ansprechpartner

Fraunhofer IISB, Schottkystraße 10, 91058 Erlangen  
Prof. Dr. Lothar Frey  
Tel. +49 (0) 9131 761-0, Fax -390, info@iisb.fraunhofer.de  
www.iisb.fraunhofer.de



1 Testzentrum für Elektrofahrzeuge am Fraunhofer IISB in Erlangen.

## Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik ZKLM

Das Zentrum für Kraftfahrzeug-Leistungselektronik und Mechatronik ZKLM ist eine Außenstelle des IISB im „energietechnologischen Zentrum“ (etz) in Nürnberg und gehört organisatorisch zur Abteilung Leistungselektronische Systeme.

Im Fokus der Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am ZKLM stehen leistungselektronische Systemkomponenten für die Verkehrsträger von morgen, speziell für PKW, Zweiräder, Nutzfahrzeuge und Flugzeuge.

Mit Innovationen im Bereich der Leistungselektronik werden neue technische Lösungen für die Elektromobilität erschlossen, insbesondere auf den Gebieten der elektrischen Antriebe, des elektrischen Energiemanagements in Fahrzeugen, der Netzankopplung mobiler Systeme und der elektrischen Energiespeichersysteme.

Den etwa 20 Ingenieuren und Technikern stehen 680 m<sup>2</sup> Büro- und Laborfläche zur Verfügung, einschließlich einer „e-Fahrzeug-Manufaktur“ mit PKW-Einfahrt direkt ins Labor und Hebebühne. Neben Erprobungsfahrzeugen verfügt das ZKLM über eine proprietäre Hybrid-Entwicklungsplattform auf der Basis eines AUDI TT. Letztere dient den Forschern und Entwicklern zur Demonstration, Erprobung und Optimierung von Systemkomponenten für Hybrid- und Elektrofahrzeuge.

Seit 2007 ist das ZKLM auch Sitz der IISB-Arbeitsgruppen „Materialien und Zuverlässigkeit“ und „Industrielle Leistungselektronik“. Erstere befasst sich mit Fragen der Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Robustheit leistungselektronischer Systeme im Anforderungskontext der jeweiligen Zielanwendung sowie mit innovativen Materialien für die Leistungselektronik. Die Gruppe „Industrielle Leistungselektronik“ entwickelt unter anderem Komponenten für die Energietechnik (Megawatt-Leistungselektronik).

### Adresse und Ansprechpartner

Fraunhofer ZKLM, Landgrabenstraße 94, 90443 Nürnberg

Dr. Martin März

Tel.: +49 (0) 911 23568-10

Fax: +49 (0) 911 23568-12

zklm@iisb.fraunhofer.de

www.zklm.iisb.fraunhofer.de

1 Mitarbeiter des Zentrums für Kraftfahrzeug-Leistungselektronik und Mechatronik ZKLM in Nürnberg mit Hybrid- und Elektrofahrzeugen.



## Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM

Die Außenstelle des Fraunhofer IISB in Freiberg, das Fraunhofer Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM, wird als gemeinsame Abteilung des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB, Erlangen, und des Fraunhofer Instituts für Solare Energiesysteme ISE, Freiburg, betrieben.

Aufbauend auf der Expertise beider Institute unterstützt das THM Firmen bei der Entwicklung von Technologien zur Herstellung innovativer Halbleitermaterialien für den Einsatz in der Mikro- und Optoelektronik sowie in der Photovoltaik.

Die Forschungsschwerpunkte, die das THM gemeinsam mit der Industrie und der Technischen Universität Bergakademie Freiberg bearbeitet, liegen auf der kostengünstigeren Herstellung von Halbleitersubstraten, der Verbesserung der Materialqualität von kristallinem Silicium und von III-V-Halbleitern sowie der Herstellung neuer Materialien.

### Adresse und Ansprechpartner

Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM  
Am St.-Niclas-Schacht 13, 09599 Freiberg  
Dr. Jochen Friedrich  
Tel.: +49 (0) 3731 2033-100  
Fax: +49 (0) 3731 2033-199  
jochen.friedrich@thm.fraunhofer.de  
www.thm.fraunhofer.de

1 Sitz des Technologiezentrums  
Halbleitermaterialien THM in  
Freiberg in Sachsen.



## Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente

Das IISB und der Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente (LEB), Universität Erlangen-Nürnberg, werden in Personalunion von Prof. Lothar Frey geleitet. Beide Einrichtungen betreiben im Rahmen eines Kooperationsvertrages nicht nur gemeinsam die Reinraumhalle der Universität sowie weitere Labore, sondern sind auch bei Ausbildung und Forschung gemeinsam tätig.

Durch die Kooperation von Lehrstuhl und Fraunhofer-Institut kann die gesamte Kette von der Grundlagenforschung bis zum Transfer in die Industrie bedient werden, bspw. in den Themengebieten neue Dielektrika, Metal Gate, Siliciumcarbid und druckbare Elektronik. Die Ausbildung zum „Mikrotechnologen“ wird vom IISB und LEB seit vielen Jahren gemeinsam durchgeführt. Mitarbeiter des IISB unterstützen Lehrveranstaltungen und Praktika an der Universität.

So halten folgende Mitarbeiter des Fraunhofer IISB regelmäßig Vorlesungen an der Universität Erlangen-Nürnberg:

**Dr. Andreas Erdmann**

Optische Lithographie: Technologie, Physikalische Effekte und Modellierung

**Dr. Michael Jank**

Nanoelektronik, Einführung in die gedruckte Elektronik

**Dr. Jürgen Lorenz**

Prozess- und Bauelementesimulation

**Dr. Martin März**

Automobilelektronik - Leistungselektronik

**Prof. Dr. Lothar Pfitzner**

Technik der Halbleiterfertigungsgeräte

**Priv.-Doz. Dr. Peter Pichler**

Zuverlässigkeit und Fehleranalyse integrierter Schaltungen

1 *Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente der Universität Erlangen-Nürnberg: Lehrstuhlgebäude und Reinraumlabor.*



## Kuratorium

Die Institutsleitung wird durch ein Kuratorium beraten, dessen Mitglieder aus Wirtschaft und Wissenschaft stammen. Im Jahr 2010 waren dies:

### **Dr. Reinhard Ploß**

Infineon Technologies AG  
(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

### **Prof. Dr. Reinhard German**

Dekan der Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg

### **Prof. Dr. Johannes Huber**

Lehrstuhl für Informationsübertragung, Universität Erlangen-Nürnberg

### **RD Dr. Ulrich Katenkamp**

Bundesministerium für Bildung und Forschung  
Referat 523 Elektroniksysteme; Elektromobilität

### **Markus Löttsch**

Hauptgeschäftsführer der IHK Nürnberg für Mittelfranken

### **MR Dr. Georg Ried**

Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie  
Referat VIII/3 Cluster, Fraunhofer-Gesellschaft

### **Dr. Martin Schrems**

austriamicrosystems AG

### **Dr. Karl-Heinz Stegemann**

Signet Solar GmbH

### **Dr. Thomas Stockmeier**

SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG

## Kontaktinformationen zum IISB

### **Institutsleitung**

Prof. Lothar Pfitzner  
Tel.: +49 (0) 9131 761-100  
Fax: +49 (0) 9131 761-102  
info@iisb.fraunhofer.de

### **Öffentlichkeitsarbeit**

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

### **Verwaltung**

Hartmut Hermes  
Tel.: +49 (0) 9131 761-305  
Fax: +49 (0) 9131 761-304  
hartmut.hermes@iisb.fraunhofer.de

### **Technologiesimulation**

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

### **Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden**

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

### **Technologie**

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

### **Kristallzüchtung**

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

### **Leistungselektronische Systeme**

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

# DAS FORSCHUNGS- UND DIENSTLEISTUNGS-ANGEBOT

## Institutspezifische Angebote zur Vertragsforschung

Das Fraunhofer IISB finanziert sich – entsprechend dem Fraunhofer-Modell – zum größten Teil aus Drittmitteln und betreibt in enger Zusammenarbeit mit seinen Partnern angewandte Auftragsforschung und -entwicklung als Vertragspartner von Industrie und öffentlichen Fördergebern. Das Institut bietet in seinen Arbeitsbereichen der Mikro-/Nanoelektronik sowie der Leistungselektronik seine sehr breite Kompetenzpalette, von den Grundmaterialien über Bauelemente, Schaltungen und Prozesse bis hin zur Gesamtsystementwicklung. Ergänzt wird dies durch Simulationsunterstützung, die Entwicklung von Fertigungsgeräten, Analytik und Messtechnik. Nicht zuletzt durch die Kooperation mit der Universität Erlangen-Nürnberg kann die gesamte Kette von Grundlagenuntersuchungen bis hin zur Prototypenerstellung und den Transfer in die industrielle Umsetzung abgedeckt werden. Diese Vielfalt und Flexibilität spiegelt sich auch in den möglichen Konstellationen der vertraglichen Kooperation und der Unterstützung für unsere Industriepartner wider. Die Themen des IISB umfassen u.a.:

### Nanoelektronik

#### Halbleitertechnologie

- Prozessschritte und Verfahren für höchstintegrierte Schaltungen auf Si (VLSI, ULSI) (Reinraum Klasse 10, Wafergrößen bis 200 mm)
- Prozesstechnik für SiC
- Bauelemente für Mikro-/Nanoelektronik, Mikrosystemtechnik, Leistungselektronik und Hochtemperaturelektronik auf Si und SiC
- Analyse und Reparatur von Prototypen elektronischer Bauelemente (Sensorik, Leistungs- und passive Bauelemente)
- Implantation von Dotierstoffen bei Nieder- und Hochenergie
- Erzeugung dünner dielektrischer und metallischer Schichten, insbes. MOCVD
- Nanostrukturierung (Nanoimprint, „Focused Ion Beam“)
- Druckbare Elektronik auf Basis anorganischer Nanopartikel
- Qualifizierung von Gasen und Chemikalien
- Analytik und Messtechnik (z.B. MOS, I(U), C(U), Schichtwiderstand, Beweglichkeit, Dotierungsprofil, Hall-Effekt, REM, TEM, Röntgenanalyse, Linienbreite, Schichtdicke, Scheibenebenheit, Scheibenverzug)

#### Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden

- Entwicklung, Erprobung, Evaluierung, Qualifizierung und Optimierung von Halbleiterfertigungsgeräten, Fertigungstechnik und Equipment Assessment
- Charakterisierung von Geräten, Komponenten und Materialien
- Equipment-Assessment
- Regelungs- und Steuerungsverfahren (Feed-Forward, Feedback)
- Automation, Advanced Process Control und verbesserte Prozessreproduzierbarkeit
- Ausbeute-, Durchsatz-, Zuverlässigkeits-, Sicherheits-, Energie- und Ressourcenoptimierung
- Integrierte Messtechnik, virtuelle Messtechnik für integrierte Qualitätskontrolle
- Akkreditiertes Analytiklabor für die Mikro- und Nanotechnologie (DIN EN ISO/IEC 17025:2005)
- Kontaminationsanalytik: Spurenverunreinigungen auf Halbleiter- und Photovoltaiksubstraten, in Prozesschemikalien, in Prozessgasen und Reinraumumgebungen (TXRF, AAS, ICP-MS, GCMS, FTIR, VPD-AAS)
- 450 mm-Fertigung
- Software-Engineering

#### Technologiesimulation

- Entwicklung von physikalischen und chemischen Modellen, Algorithmen und leistungsstarker Simulationssoftware für industrielle und akademische Nutzer
- 2D/3D-Bauelementesimulation, Schaltungssimulation
- Prozesssimulation (Ionenimplantation, Diffusion, Ätzen, Schichtabscheidung)
- Leistungsstarke Lithographiesimulation durch rigorose Modellierung (Software Dr. Litho)
- Untersuchung von Prozessschwankungen
- Gekoppelte elektrische, thermische, mechanische und metallurgische Simulation
- Kopplung von Struktur- und Geräteebenen

#### Energieeffiziente Leistungselektronik

Das IISB entwickelt leistungselektronische Systeme für Industrieanlagen, Haushalt, Elektromobilität, Energie- und Netztechnik. Dabei ist es unser Ziel, Leistungselektronik effizienter, kostengünstiger, robuster, kompakter und systemintegrierbar zu machen. Dies umfasst ein breites Kompetenz- und Anwendungsspektrum:

- Leistungswandlung
- Systemintegration, Mechatronik
- Schaltungsentwicklung und -simulation, innovative Topologien

# DAS FORSCHUNGS- UND DIENSTLEISTUNGS- ANGEBOT

## Fortsetzung: Institutsspezifische Angebote zur Vertragsforschung

- Smart Power ASIC-Design
- „Embedded Software“
- Schaltungs- und Regelungstechnik
- Thermisches Management, thermomechanische Simulationen
- Energieeffizienz, höchste Wirkungsgrade, höchste Leistungsdichte
- Energiemanagement
- Passive Bauelemente
- Neue Materialien
- Aufbau- und Verbindungstechnik
- Konstruktion, Simulation
- Zuverlässigkeitstests und Fehleranalysen
- Produktbezogenes und lebensdaueroptimiertes Engineering
- Beispiele für Anwendungsfelder: Umrichter, elektrische Antriebe, Automatisierungstechnik, Fahrzeugtechnik, Hochleistungswandler, Energiespeicher, Energieversorgung, HGÜ, lokale DC-Netze, Photovoltaik, Netzteile, Haushalts- und Unterhaltungselektronik

### Elektromobilität

Bereits seit zehn Jahren ist die Elektromobilität ein Hauptthema der Leistungselektronik am IISB. Mit dieser langjährigen Erfahrung bearbeiten wir mit unseren Partnern folgende Themen:

- Leistungselektronische Systeme für Antriebe, Energiespeicher und Bordnetze von Elektro- und Hybridfahrzeugen, insbesondere Umrichter, Leistungswandler, Speicherüberwachung und Energiemanagement in Gesamtsystembetrachtung
- Ladestationen und Systeme zur Netzanbindung für Elektro- und Hybridfahrzeuge
- Bauraumangepasste mechatronische Systemintegration
- Entwicklung und Erprobung von Komponenten und Fahrzeugen im IISB-Testzentrum für Elektrofahrzeuge (Prüfstände für Antriebe, Batterien, Gesamtfahrzeuge und EMV)

### Materialien für die Elektronik

Hochqualitative Materialien mit maßgeschneiderten Eigenschaften ermöglichen Leistungssteigerung, Zuverlässigkeit und neue Funktionalitäten.

Das IISB ist Spezialist für:

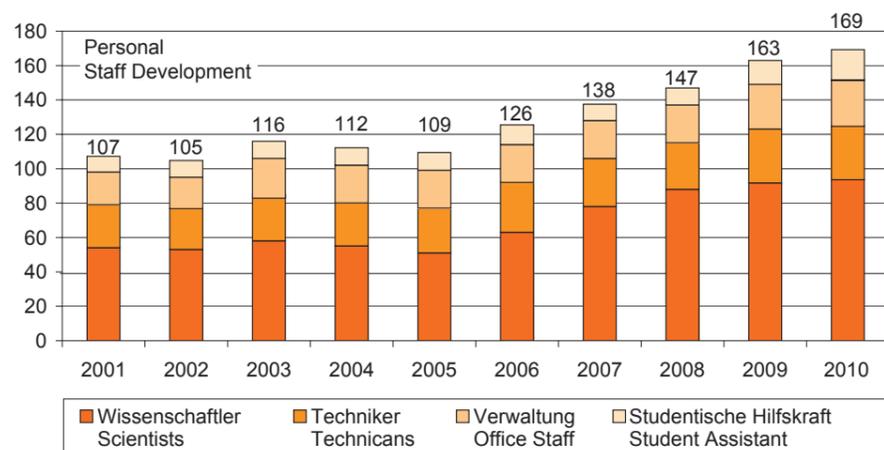
- Ultradünne Schichten für die Nanoelektronik (Dielektrika, Metallelektroden, Verfahren: MOCVD, ALD, PVD)
- Anorganische Nanopartikel für druckbare Elektronik
- Materialien für die Leistungselektronik (SiC, magnetische Materialien, Interconnect-Materialien, Sinter Techniken, Zuverlässigkeitsuntersuchungen)
- Simulation und Charakterisierung von Materialeigenschaften

### Kristallzüchtung

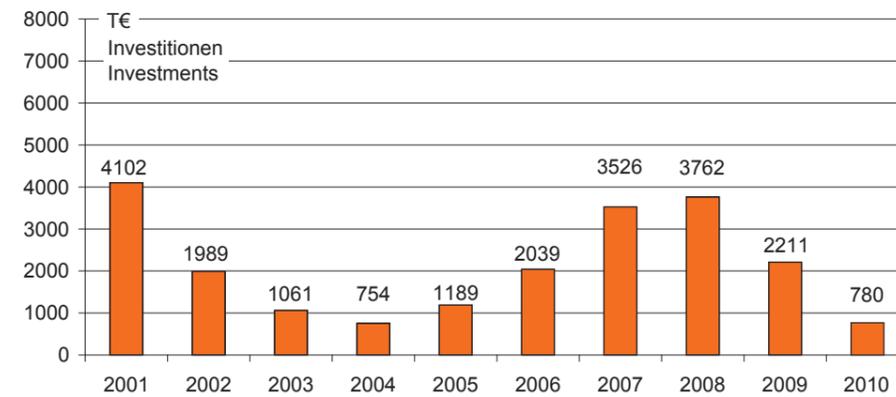
- Entwicklung und Optimierung von Prozessen und Anlagen für die Massivkristallzüchtung und Epitaxie
- Mono- und multikristallines Silicium für Mikroelektronik und Photovoltaik
- Halbleiter großer Baudicke (SiC, GaN) für Opto- und Leistungselektronik
- Verbindungshalbleiter
- Optische Kristalle (Oxide, Fluoride)
- Detektor- und Laserkristalle für Medizin- und Sicherheitstechnik
- Charakterisierung und Messtechnik
- Defekt-Engineering
- Numerische Modellierung, Softwareentwicklung (z.B. CrysMAS)

Die enge Zusammenarbeit mit der Universität Erlangen-Nürnberg ermöglicht die synergetische Nutzung und den Betrieb gemeinsamer Forschungseinrichtungen, Abstimmung der Forschungsaktivitäten und anwendungsorientierte Ausbildung und Lehre. Auch über die Zugehörigkeit zu den Netzwerken des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik sowie der Fraunhofer-Allianzen Energie und Nanotechnologie, die Verbindung zu zahlreichen regionalen, nationalen und internationalen Verbänden und Gremien und die Kooperation mit Universitäten, Forschungsinstituten und Organisationen in Deutschland, im europäischen Ausland sowie beispielsweise in den USA, Japan, China, Indien und Russland, wird die wissenschaftliche Basis des IISB verbreitert.

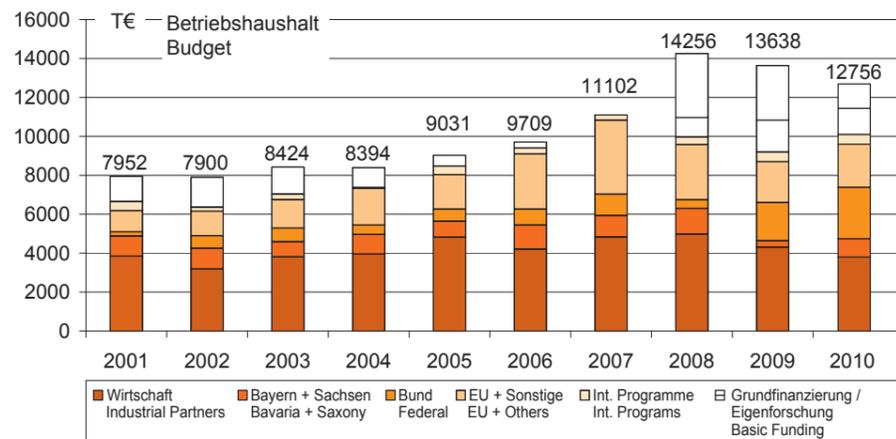
## Mitarbeiterentwicklung, Betriebshaushalt und Investitionen



1 Personalentwicklung 2001 - 2010.



3 Entwicklung des Investitions- haushalts (ohne Erstaustat- tung und Sondermittel) 2001 - 2010.



2 Entwicklung des Betriebs- haushalts 2001 - 2010.

# FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT UND FÖRDERKREIS

## Die Fraunhofer-Gesellschaft

Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Die 1949 gegründete Forschungsorganisation betreibt anwendungsorientierte Forschung zum Nutzen der Wirtschaft und zum Vorteil der Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

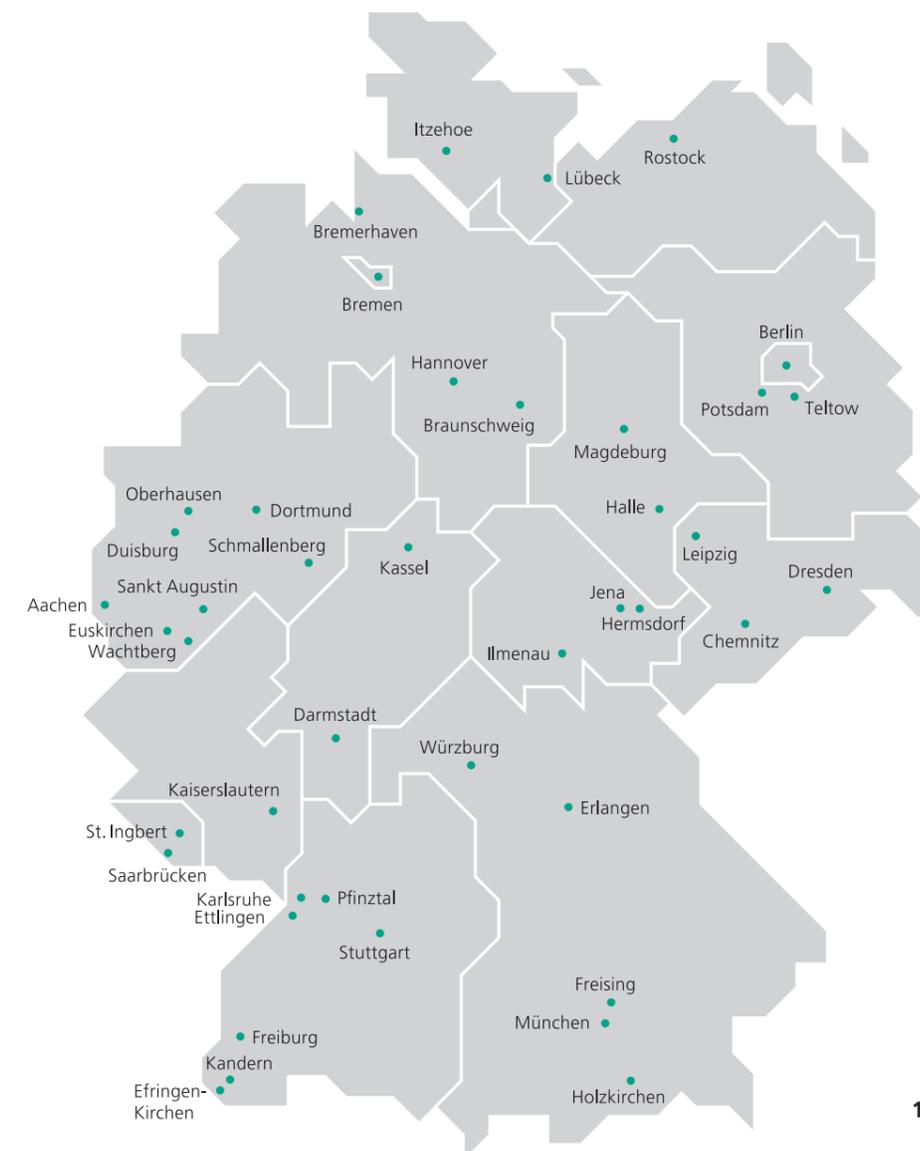
Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit mehr als 80 Forschungseinrichtungen, davon 60 Institute. Mehr als 18 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,66 Milliarden Euro. Davon fallen 1,40 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen erarbeiten können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

Internationale Niederlassungen sorgen für Kontakt zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Mit ihrer klaren Ausrichtung auf die angewandte Forschung und ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien spielt die Fraunhofer-Gesellschaft eine zentrale Rolle im Innovationsprozess Deutschlands und Europas. Die Wirkung der angewandten Forschung geht über den direkten Nutzen für die Kunden hinaus: Mit ihrer Forschungs- und Entwicklungsarbeit tragen die Fraunhofer-Institute zur Wettbewerbsfähigkeit der Region, Deutschlands und Europas bei. Sie fördern Innovationen, stärken die technologische Leistungsfähigkeit, verbessern die Akzeptanz moderner Technik und sorgen für Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich an Fraunhofer-Instituten wegen der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.



1 Standorte der Fraunhofer-Institute in Deutschland.



## Fraunhofer-Verbünde und -Allianzen

Das Fraunhofer IISB ist Mitglied im Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik sowie in den Fraunhofer-Allianzen Energie und Nanotechnologie.

### Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik

Der 1996 gegründete Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik (V $\mu$ E) bündelt die Kompetenzen von dreizehn auf den Gebieten Mikroelektronik und Mikrointegration tätigen Fraunhofer-Instituten (plus drei Gastinstitute) mit ca. 2700 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Das jährliche Budget der Verbundinstitute beträgt etwa 255 Millionen Euro. Im Vordergrund der Verbundaktivitäten stehen die Vorbereitung und Koordination von interdisziplinären Forschungsvorhaben, die Durchführung von Studien und die Begleitung von Strategiefindungsprozessen. Dazu kommen gemeinsames Marketing und Öffentlichkeitsarbeit sowie die Entwicklung gemeinsamer Themenschwerpunkte. So kann der Verbund insbesondere innovativen mittelständischen Unternehmen rechtzeitig zukunftsweisende Forschung und anwendungsorientierte Entwicklungen anbieten und damit entscheidend zu deren Wettbewerbsfähigkeit beitragen. Die Kernkompetenzen der Mitgliedsinstitute werden in den Geschäftsfeldern des Verbunds gebündelt:

- Halbleitertechnologien
- Technologien der Kommunikationstechnik
- Ambiente Assistenzsysteme
- Energieeffiziente Systeme und eMobility
- Licht
- Sicherheit
- Unterhaltung

Die Geschäftsstelle des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik mit Sitz in Berlin fungiert als zentrales Koordinierungsbüro. Sie berät und unterstützt das Direktorium des V $\mu$ E bei Fragen der inhaltlichen Abstimmung und der fachlichen Zukunftsplanung.

[www.mikroelektronik.fraunhofer.de](http://www.mikroelektronik.fraunhofer.de)

### Fraunhofer-Allianz Energie

Die Fraunhofer-Allianz Energie ist das Portal zum Forschungs- und Dienstleistungsangebot der Fraunhofer-Gesellschaft in den Bereichen Energietechnologie und Energiewirtschaft. Ziel ist es, gemeinsam mit der Wirtschaft die technologische Führerschaft Deutschlands bei der effizienten Nutzung von Energie und bei der Erschließung erneuerbarer Energieträger weiter auszubauen. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen, aber auch Politik und Energiewirtschaft erhalten durch die Fraunhofer-Allianz Energie einen vereinfachten Zugang zu den Kompetenzen der Fraunhofer-Institute. Die Geschäftsfelder der Allianz umfassen:

- Erneuerbare Energien
- Effizienztechnologien
- Gebäude und Komponenten
- Intelligente Energienetze
- Speicher- und Mikroenergietechnik

[www.energie.fraunhofer.de](http://www.energie.fraunhofer.de)

### Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie

Die Arbeiten der Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie umfassen in großer Breite beispielsweise multifunktionale Schichten für optische Anwendungen, den Automobilbau und die Elektroindustrie. Metallische und oxidische Nanopartikel, Kohlenstoff-Nanoröhren und Nanokomposite werden in Aktuatoren, strukturellen Werkstoffen und biomedizinischen Anwendungen eingesetzt. Darüber hinaus beschäftigt sich die Allianz mit Fragen der Toxizität und dem sicheren Umgang mit Nanopartikeln. Daraus ergeben sich folgende Geschäftsfelder:

- Nanomaterialien
- Nanobiotechnologie
- Nanooptik und -elektronik
- Prozesstechnik / Handhabung
- Messtechnik und -verfahren
- Technologietransfer und Politikberatung

[www.nano.fraunhofer.de](http://www.nano.fraunhofer.de)

<sup>1</sup> Spree-Palais in Berlin-Mitte, Sitz der Geschäftsstelle des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik.

# FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT UND FÖRDERKREIS



## Fraunhofer-Innovationscluster

Im Sommer 2010 wurde der offizielle Startschuss für den Fraunhofer-Innovationscluster „Elektronik für nachhaltige Energienutzung“ gegeben. Unter Koordination des Fraunhofer IISB bündeln Forschungseinrichtungen und Firmen aus der Metropolregion Nürnberg in dem neuen Kooperationsnetzwerk ihre Kompetenzen und entwickeln innovative Produkte in den Bereichen Leistungselektronik und Energietechnik. Ziel des Innovationsclusters ist es, vorhandene Alleinstellungsmerkmale der Region wirkungsvoll aufzugreifen, neue Märkte zu erschließen und damit langfristig Arbeitsplätze zu sichern.

### Elektronik für nachhaltige Energienutzung

Effiziente und moderne Elektronik, insbesondere Leistungselektronik, kann einen ganz wesentlichen Beitrag zur Einsparung von Energie leisten. Ob in Haushaltsgeräten, Unterhaltungselektronik oder im Büro, ob in Industrieanlagen, Stromversorgungsnetzen oder Elektrofahrzeugen – die Einsparpotentiale liegen entlang der gesamten Kette von der Energieerzeugung über die Energieverteilung bis hin zum Endverbraucher. Durch verlustarme Bauelemente, maßgeschneiderte Materialien und intelligente Systeme verbrauchen Geräte, Fahrzeuge und Industrieanlagen nicht nur weniger Energie und sind leistungsfähiger, sie werden auch deutlich betriebssicherer und kompakter.

Durch den Innovationscluster wird in engem Austausch mit den bestehenden industriellen Netzwerken und Verbänden eine noch engere, koordinierte Verbindung zwischen der Wirtschaft und der Forschung vor Ort realisiert. Zu den Forschungspartnern des Clusters gehören neben dem Fraunhofer IISB die Universität Erlangen-Nürnberg, die Hochschule Nürnberg, das Bayerische Laserzentrum und das Fraunhofer IIS. Der Innovationscluster arbeitet auch eng mit dem Bayerischen Cluster Leistungselektronik und dem in Nürnberg ansässigen European Center for Power Electronics zusammen. Gefördert werden die Forschungsarbeiten vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie und von der Fraunhofer-Gesellschaft im Rahmen des Pakts für Forschung und Innovation der Bundesregierung sowie durch Aufträge von Industriepartnern.

Ehrengäste bei der Auftaktveranstaltung für den Innovationscluster am 2. Juni 2010 waren Bayerns Wirtschaftsstaatssekretärin Katja Hessel, Dr. Ulrich Katenkamp vom Bundesministerium für Bildung und Forschung und Prof. Dr. Ulrich Buller vom Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft.

In Vorträgen von Forschungs- und Industriepartnern wurden die zentralen Themen des Innovationsclusters vorgestellt:

- Energieeffizienter Arbeitsplatz und Haushalt
- Intelligente Stromnetze
- Elektromobilität

### Innovationscluster

Die Innovationscluster der Fraunhofer-Gesellschaft sind eine Initiative im Rahmen des Paktes für Forschung und Innovation der Bundesregierung. Sie sind regionale, anwendungsorientierte Themen- bzw. Projektcluster zwischen Industrie und Forschung mit einer Laufzeit von zunächst drei Jahren. Aufgabe der Innovationscluster ist es, interdisziplinäre Forschung mit wissenschaftlicher Exzellenz in konkreten Projekten umzusetzen. Ein Innovationscluster bündelt die vorhandenen Forschungs- und Entwicklungsressourcen und wirkt als Innovationstreiber und Transferschnittstelle zwischen den Partnern von der Universität bis zur Industrie. Mit dieser Initiative schafft die Fraunhofer-Gesellschaft Anstöße zur Weiterentwicklung regionaler Exzellenzzentren und unterstützt die Kompetenzen der Regionen. Die Förderung der Projektarbeiten an den Forschungseinrichtungen erfolgt durch das Bundesland, die Industrie und die Fraunhofer-Gesellschaft.

[innovationscluster@iisb.fraunhofer.de](mailto:innovationscluster@iisb.fraunhofer.de)

<sup>1</sup> *Eines der Hauptthemen im neuen Innovationscluster: Elektromobilität. V.l.n.r.: Staatssekretärin Katja Hessel (Bayer. Wirtschaftsministerium), Prof. Dr. Lothar Frey (Fraunhofer IISB), Dr. Ulrich Katenkamp (BMBF) und Prof. Ulrich Buller (Fraunhofer-Vorstand) begutachten ein am Fraunhofer IISB entwickeltes intelligentes Batteriemodul für Hybridfahrzeuge.*

## Der Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.

Vor über 25 Jahren erkannten die Gründer des gemeinnützigen „Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.“ die Auswirkung und Rolle der Mikroelektronik auf allen technischen Gebieten und in fast allen Lebensbereichen. Als Schlüsseltechnologie und Innovationsmotor entscheidet sie über die Wirtschaftskraft, die Arbeitsplätze und den Wohlstand einer High-Tech-produzierenden Nation wie Deutschland und hat somit für einen Wirtschaftsstandort eine essentielle Bedeutung.

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 Zuverlässige Schaltungen und Systeme, für Informationstechnik mit Schwerpunkt Kommunikationselektronik sowie dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente zusammen, den mit Prof. Lothar Frey der Leiter des Fraunhofer IISB innehat.

Die umfangreichen Aktivitäten des Förderkreises umfassen:

- Förderung der Zusammenarbeit zwischen Wirtschaft und Wissenschaft
- Unterstützung technisch-wissenschaftlicher Veranstaltungen und Präsentationen
- Vergabe von Preisen

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 3.000 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), Dr. Martin März und Stefan Zeltner (2005, mit Fa. Semikron), Dr. Anton Bauer und Dr. Volker Häublein (2006, u.a. mit Fa. Infineon), Dr. Mathias Rommel und Holger Schmitt (2008, mit Süss MicroTec und S.E.T. SAS) sowie Dr. Jochen Friedrich (2009, mit Fa. SolarWorld Innovations) Preisträger stellen.

Ebenso hat der Förderkreis die Bedeutung der Zukunftssicherung in der technischen Ausbildung erkannt. In diesem Zusammenhang wurde im Jahr 2000 ein mit jeweils 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.

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.

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.: +49 (0) 911 1335-320

harmsen@nuernberg.ihk.de

www.foerderkreis-mikroelektronik.de



## Schwerpunkte, Trends und Potenziale

Die Simulation von Halbleiterprozessen, Bauelementen und Schaltungen trägt wesentlich zur Reduktion der Entwicklungszeiten und -kosten in der Mikro- und Nanoelektronik bei. Dies wird unter anderem in der „International Technology Roadmap for Semiconductors“ (ITRS) bestätigt, in deren 2010-Ausgabe diese Zeit- und Kostenersparnisse in „best practice“-Fällen mit etwa einem Drittel abgeschätzt werden. Die Abteilung Technologiesimulation trägt hierzu durch die Entwicklung physikalischer Modelle und Programme zur Simulation und Optimierung von Halbleiterprozessen und -geräten bei. Sie unterstützt des Weiteren die Optimierung von Prozessabläufen, Lithographie-Masken, Bauelementen und Schaltungen durch die Entwicklung und Anwendung von Simulations- und Optimierungswerkzeugen.

Während die Prozess- und Bauelementesimulation bei der Entwicklung und Optimierung hochgradig skalierten Bauelemente („More Moore“) in der Industrie weitgehend etabliert ist, eröffnen Sektoren wie die Leistungselektronik, die Photovoltaik, die Mikrosystemtechnik und insgesamt der Bereich des „More than Moore“ eine Vielzahl zusätzlicher Anwendungsmöglichkeiten. Hier existiert einerseits häufig noch kein Angebot an kommerziellen Simulationsprogrammen, das mit dem auf traditionellen Gebieten wie der Simulation von CMOS-Transistoren vergleichbar wäre. Andererseits erfordern gerade diese Bereiche häufig eine Kombination heterogener Kompetenzen, da hier vielfach neben elektronischen auch thermische, mechanische, optische oder chemische Prozesse zum Tragen kommen. Dementsprechend besteht hier ein besonderer Forschungsbedarf.

Für die Aktivitäten der Abteilung Technologiesimulation ergibt sich hieraus sowohl die Notwendigkeit als auch vor allem die Möglichkeit einer systematischen Erweiterung in den „More than Moore“-Sektor und die damit verbundenen interdisziplinären Arbeiten und Anwendungen. Allerdings wird bei den Arbeiten zu den physikalischen Grundlagen, die der Kern jeder Entwicklung in der Simulation sind, schnell und unvermeidbar klar, dass man Simulation für „More than Moore“ nicht entwickeln und anwenden kann, ohne die Simulation für „More Moore“ zu beherrschen. Der entsprechende Sachverhalt ist auch in der Industrie gegeben: Der Einsatz fortschrittlicher Techniken, die für die Höchstintegration entwickelt wurden, führt auch im Bereich des „More than Moore“ zu verbesserten und kostengünstigeren Produkten.

Einige abgeschlossene bzw. neue Projekte der Abteilung unterstreichen die gegenseitigen Abhängigkeiten zwischen Verfahren der Höchstintegration und der Erschließung neuer Anwendungen u.a. im „More than Moore“-Bereich. Das IISB war an dem Ende 2010 erfolgreich abgeschlossenen Projekt „ATHENIS“ beteiligt, in dem unter Leitung von austriamicrosystems eine System-on-Chip- (SoC) Plattform für Hochvoltanwendungen, insbesondere in der Automobilelektronik, entwickelt wurde. Über dieses Projekt wird in einem der Fachbeiträge berichtet. Hierbei basierten die Arbeiten der Abteilung Technologiesimulation auf ihren Ergebnissen und Kenntnissen aus Projekten zur Entwicklung von Bauelementen für die Höchstintegration (u.a. dem EU-Projekt „PULLNANO“) sowie zur Entwicklung fortschrittlicher Modelle für die Aktivierung und Diffusion von Dotierungen (vom IISB koordiniertes Projekt „ATOMICS“, siehe Jahresbericht 2009). Auch das im September 2010 begonnene Projekt „MobiSiC“ zu Ladungsträgerbeweglichkeiten in SiC-Bauelementen nutzt diese Vorarbeiten und wird insbesondere zum Ausbau der Zusammenarbeit zwischen Fraunhofer und den französischen Carnot-Instituten beitragen. Ebenfalls auf „ATOMICS“ baut das seit Juli 2010 von der EU geförderte und vom IISB koordinierte Projekt „ATEMOX“ auf. Hier werden physikalische Prozess- und Bauelementemodelle für Anwendungen u.a. im „Low-Power“- und „Smart-Power“-Sektor sowie für Bildsensoren entwickelt. Im 2010 abgeschlossenen Eigenforschungsprojekt „Dr.LiTHO“ hat das IISB einen sehr genauen, rechenzeiteffizienten und weitgehend universellen Lithographiesimulator entwickelt, der mittlerweile bei Pilotkunden in Industrie und Forschung zum Einsatz kommt. Auf dieser Basis arbeitet das IISB unter anderem im November 2010 begonnenen CATRENE-Projekt „EXEPT“ zur EUV- (Extreme Ultraviolet) Lithographie mit, welches auf EU-Ebene durch ASML und im deutschen Teil durch Zeiss koordiniert wird. Darüber hinaus kommt „Dr.LiTHO“ im Projekt „MALS“ zur Simulation der Proximity-Lithographie für die Mikrosystemtechnik zum Einsatz, wie im entsprechenden Fachbericht im Anschluss skizziert. Anwendungen in der Photovoltaik sind in Vorbereitung.

Die Abteilung wird ihren seit vielen Jahren erfolgreich verfolgten Ansatz weiterführen, sich einerseits durch fokussierte Arbeiten zu den physikalischen Grundlagen und Algorithmen die nötigen Kenntnisse und Werkzeuge zu erarbeiten, andererseits diese Ergebnisse in die industrielle Anwendung zu transferieren. Hierbei spielt eine enge, vertrauensvolle und arbeitsteilige Zusammenarbeit mit zahlreichen Partnern in Industrie und Forschung eine zentrale Rolle.

### Ansprechpartner

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

1 Dr. Jürgen Lorenz,  
Abteilungsleiter.

## TCAD für die Automobilelektronik

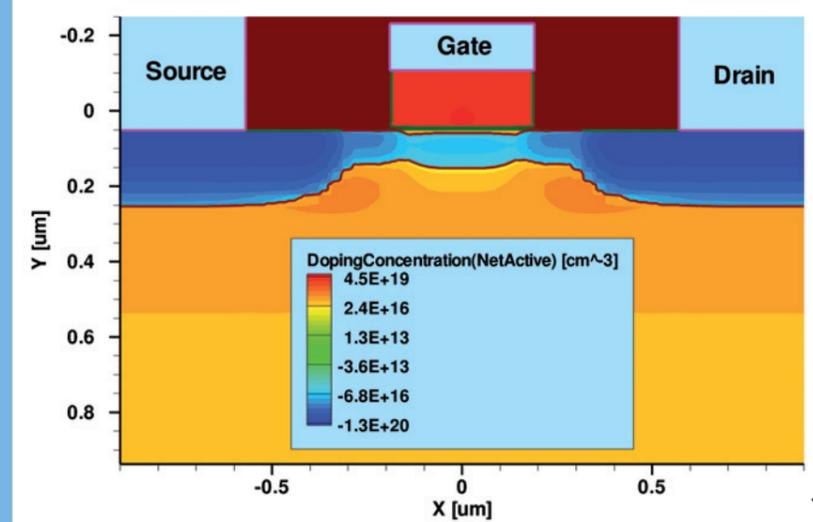
Bereits jetzt kommen 20 Prozent des Wertes eines Autos von der eingebetteten Elektronik. Die weitere Integration in einen einzelnen Chip (engl.: „System-on-a-Chip“, SOC) ist notwendig, um Kosten zu reduzieren und um Raum für zusätzliche Funktionalitäten zu schaffen. Allerdings existierte bisher keine kosteneffektive Möglichkeit, SOC-Systeme zu realisieren, die mit den rauen Bedingungen eines Antriebsstranges kompatibel sind.

Das Ziel des Projekts „Automotive Tested High-Voltage and Embedded Non-Volatile Integrated System-on-Chip“ (ATHENIS), das im siebten Rahmenprogramm von der EU gefördert wurde, war es, den Machbarkeitsnachweis für ein solches SOC-System zu liefern. Um die in dem Projekt entwickelte Technologie zu optimieren, kann auf numerische Simulation („Technology Computer Aided Design“, TCAD) nicht verzichtet werden. TCAD ermöglicht es, viele verschiedene technologische Möglichkeiten abzutasten, ohne Kosten und Zeit für echte Prozesse aufwenden zu müssen. Am dringendsten wird die Simulation von MOS-Transistoren mit unterschiedlichen Gateoxiddicken auf demselben Chip benötigt: Sie werden durch einen komplexen, vielstufigen Prozess hergestellt und die Anzahl der Stufen führt dazu, dass eine Optimierung durch Experimente aufgrund der hohen Kosten und des Zeitaufwandes praktisch unmöglich ist.

Per TCAD werden stattdessen alle Prozessschritte simuliert, um die Struktur eines MOS-Transistors zu erzeugen. Ein Beispiel ist in Abbildung 1 gezeigt. Basierend auf der Struktur ist es möglich, die elektrischen Eigenschaften zu simulieren. Aber speziell für die simulierten elektrischen Eigenschaften des PMOS-Transistors, siehe Abbildung 2, zeigen sich starke Abweichungen von den entsprechenden Messungen. Es stellte sich heraus, dass das Problem in der mangelnden Kenntnis über Diffusion und Segregation von Bor an der Silicium/Siliciumoxid-Grenzfläche bestand.

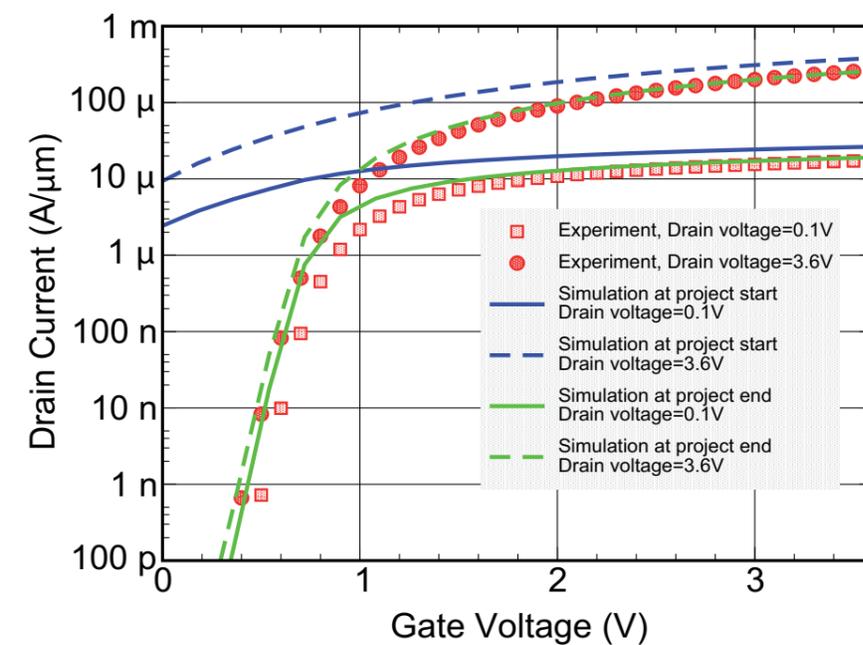
Im Projekt „ATHENIS“ wurde deswegen die Verteilung von Bor an der Silicium/Siliciumoxid-Grenzfläche von dem Partner FBK-irst mit der Hilfe von SIMS („Secondary Ion Mass Spectroscopy“) gemessen. Basierend darauf wurden die aus der Literatur verfügbaren Modelle analysiert. Es wurde ein geeignetes Modell ausgewählt und entsprechend kalibriert, so dass Diffusion und Segregation von Bor richtig simuliert werden können. Es ist damit möglich, mit einem Parametersatz die Herstellung von MOS-Transistoren mit unterschiedlichen Gateoxiden auf einem Chip und damit die elektrischen Kennlinien zu simulieren.

Das neue Modell wurde an den industriellen Partner austriamicrosystems transferiert und ermög-



1 Simulierte Struktur eines PMOS-Transistors.

licht dort, den Herstellungsprozess zu optimieren. Damit können Prozessparameter gefunden werden, die es erlauben, für die rauen Bedingungen in der Automobilumgebung geeignete Transistoren herzustellen und gleichzeitig die Prozesskosten niedrig zu halten.



2 Simulierte elektrische Kennlinie des PMOS-Transistors.

### Ansprechpartner

Dr. Stéphane Koffel  
 Tel.: +49 (0) 9131 761-375  
 stephane.koffel@iisb.fraunhofer.de

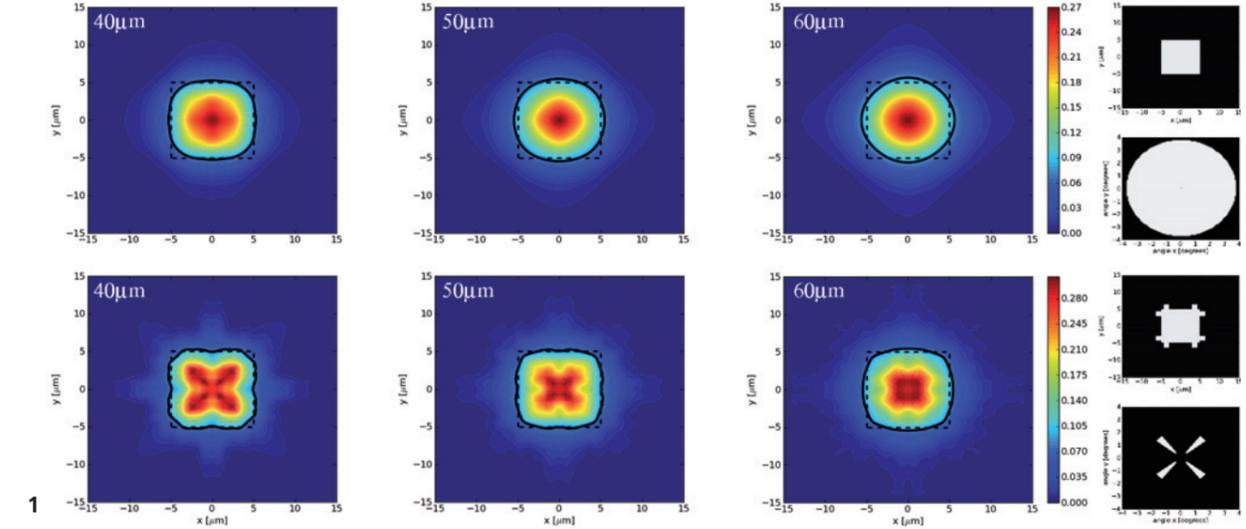
## Simulationsverfahren für Mask Aligner der nächsten Generation

Mask Aligner werden aufgrund ihrer Flexibilität und Kosteneffizienz für viele verschiedene Prozessschritte in der Halbleiterfertigung eingesetzt. Die Anwendungen reichen vom Erzeugen kleiner Gitterstrukturen zur Effizienzsteigerung von LEDs bis zum Erzeugen von Linienstrukturen, die über den gesamten Wafer verlaufen, für das sogenannte Plasma Dicing. Die jüngst in den Markt eingeführte neueste Generation von Mask Alignern ist nicht nur bezüglich der mechanischen Präzision verbessert worden, sondern die Maschinen verfügen auch über ein flexibles Beleuchtungssystem. In Versuchen konnte gezeigt werden, dass eine optimierte Beleuchtung die Prozessstabilität und Auflösung verbessern kann. Dies gilt insbesondere dann, wenn zusammen mit der Beleuchtung die Maskenstruktur optimiert wird. Numerische Simulations- und Optimierungsverfahren können helfen, die beste Kombination aus Beleuchtung und Maskenstruktur zu finden. Die Entwicklung und Erprobung solcher Algorithmen wird von der Bayerischen Forschungsstiftung im Rahmen des Projekts „Mask-Aligner-Lithographiesimulation“ (MALS) gefördert.

Beugungseffekte an den Maskenstrukturen sind ein wesentliches Problem der Mask-Aligner-Lithographie, insbesondere dann, wenn aus Fabrikationsgründen der Abstand zwischen der Maske und dem Wafer (der so genannte Proximity-Abstand) groß sein muss. Beugungseffekte können durch die Beleuchtung unterdrückt werden. Ideal hierzu ist eine Beleuchtung mit einem breiten Winkelspektrum, die allerdings Kontrast und Auflösung reduziert. Eine optimierte Beleuchtung bringt Beugungsunterdrückung und Auflösung in Balance.

Beugungseffekte an der Maske können aber auch nützlich sein. Durch kleine Hilfsstrukturen auf der Maske kann das Resultat einer Belichtung mit einem Mask Aligner verbessert werden. Diese Hilfsstrukturen sollen nicht selbst gedruckt werden, sondern lediglich helfen, Kontrast und Auflösung zu steigern.

Die ideale Form, Größe und Position von Hilfsstrukturen hängt sowohl vom Winkelspektrum der Beleuchtung als auch vom Proximity-Abstand ab. Deshalb werden die besten Ergebnisse dann erzielt, wenn Beleuchtung und Maskenstruktur gleichzeitig optimiert werden. Dies nennt man „Quell-Masken-Optimierung“ bzw. „Source Mask Optimization“ (SMO).

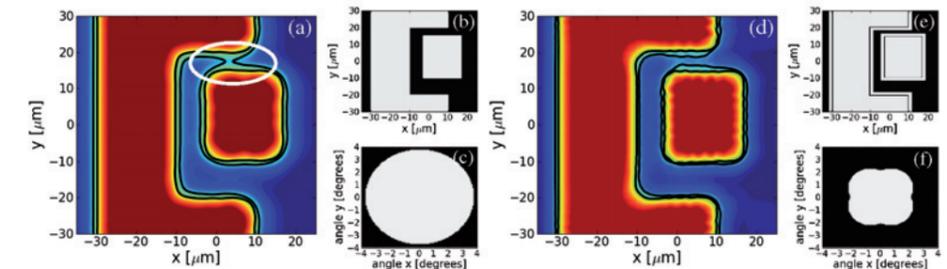


Die Anwendung von SMO auf 10 µm großen quadratischen Strukturen bei Proximity-Abständen von 50 µm und mit Licht der Wellenlänge 405 nm ist in Abb. 1 gezeigt. Ohne optimierte Beleuchtung und Hilfsstrukturen auf der Maske sehen die gedruckten Strukturen bei größeren Proximity-Abständen annähernd rund aus (obere Zeile in Abb. 1). Durch Veränderungen an der Beleuchtung und Maske kann man Resultate erzielen, die sehr viel näher an der gewünschten quadratischen Form liegen, wie die untere Zeile in Abb. 1 zeigt.

1 Intensitätsverteilung ohne (obere Zeile) und mit (untere Zeile) Optimierung von Beleuchtung und Maske beim Drucken von 10 µm-Vias bei Proximityabständen um 50 µm. Maskenstruktur und Beleuchtung sind jeweils rechts gezeigt.

Abb. 2 zeigt, wie SMO genutzt werden kann, um die Empfindlichkeit auch komplexer Strukturen gegenüber Schwankungen von Dosis und Proximity-Abstand zu reduzieren. Mit „konventioneller“ Maske und Beleuchtung (siehe Abb. 2 (b) und (c)) erhält man bei einem Proximity-Abstand von 70 µm die in Abb. 2 (a) gezeigte Intensitätsverteilung. Die schwarzen Linien zeigen die maximalen Veränderungen, wenn der Proximity-Abstand um ±10 µm und die Dosis um ±15 % variiert werden. Das Gleiche ist in Abb. 2 (d) gezeigt, hier allerdings unter Verwendung einer optimierten Maske und Beleuchtung (siehe Abb. 2 (c) und (d)). Die Schwankung in der Position der Kanten kann so von 1,2 µm auf 0,8 µm reduziert und die Bildung einer Brücke zwischen den beiden Teilen der Struktur (in Abb. 1 (a) eingekreist) verhindert werden.

Die Einführung von Quell-Masken-Optimierung in die Mask-Aligner-Lithographie bietet die Möglichkeit, in der Fabrikation höhere Ausbeuten zu erzielen und wird ein erhöhtes Interesse an Simulationssoftware generieren. Die Ergebnisse aus dem „MALS“-Projekt werden dazu beitragen, numerische Werkzeuge für die Optimierung von Mask-Aligner-Prozessen bereitzustellen.

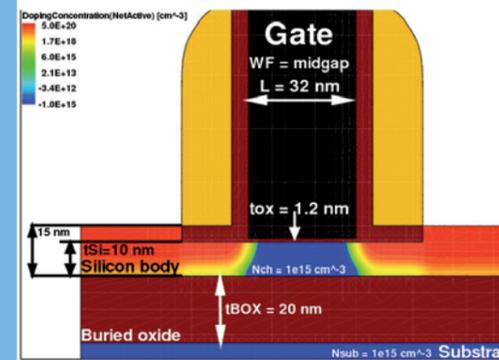


2 Drucken einer komplexeren Struktur ohne (links) und mit (rechts) Quell-Masken-Optimierung.

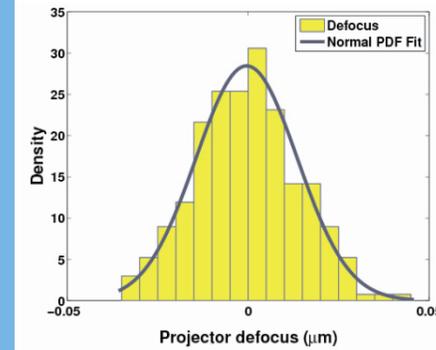
2

### Ansprechpartner

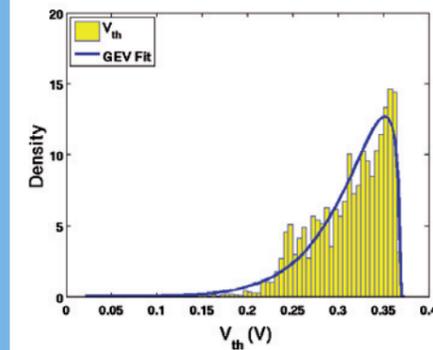
Dr. Kristian Motzek  
Tel.: +49 (0) 9131 761-276  
kristian.motzek@iisb.fraunhofer.de



1



2



3

## Fraunhofer-Forschung zur Simulation von Prozessschwankungen

Mit dem Übergang von der Mikro- zur Nanoelektronik wird die weitere Skalierung von Halbleiterbauelementen und -systemen entsprechend dem Moore'schen Gesetz durch die Annäherung an physikalische Grenzen erschwert. Neben den Schwierigkeiten, angestrebte nominale Leistungsdaten zu erreichen, werden zunehmend statistische Schwankungen wichtig, die dazu führen können, dass ein immer größerer Anteil von Bauelementen oder Systemen außerhalb der Spezifikationen liegt und deshalb nicht mehr verwertbar ist. Im Projekt „HIESPANA“ entwickeln fünf Fraunhofer-Institute eine hierarchische Simulation zur Untersuchung und Minimierung dieses Problems.

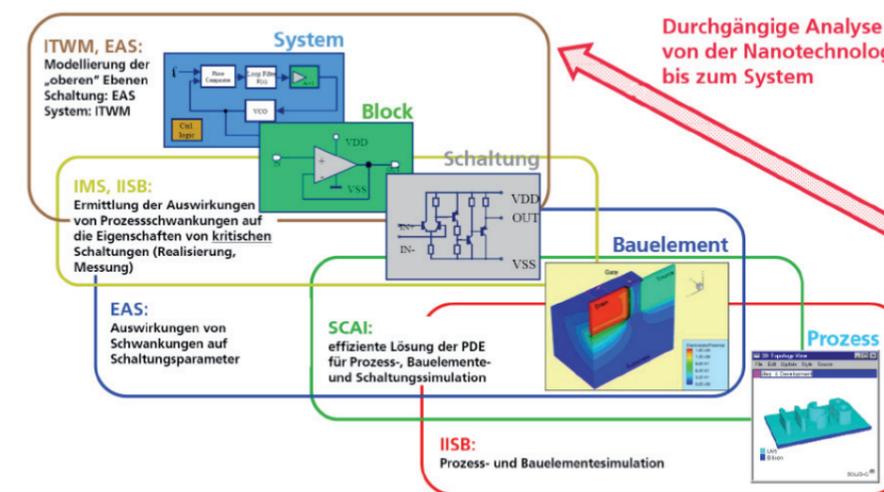
Die systematische experimentelle Erfassung der Auswirkungen von Prozessschwankungen ist wegen der hohen Anzahl der Prozessschritte und vor allem, weil man solche Schwankungen meist nicht kontrolliert erzeugen kann, kaum möglich. Demgegenüber erlaubt die Computersimulation im Prinzip eine umfassende und kostengünstige Untersuchung dieser Problematik: Mittels der Prozess- und Bauelementesimulation können die elektrischen Daten von Bauelementen, die mit einer gegebenen Prozessfolge hergestellt wurden, vorausberechnet werden. Hieraus können Schaltungsparameter extrahiert und anschließend die Schaltungseigenschaften simuliert werden. Die Auswirkungen von Änderungen von Prozessschritten auf das Bauelement und die Schaltung können ebenfalls mittels der Simulation quantifiziert werden. Die bereits bisher bei der Entwicklung neuer Technologien, Bauelemente und Schaltungen unverzichtbare Simulation hat somit das Potenzial, auch durch die Abschätzung und Minimierung der Auswirkungen von Schwankungen entscheidende Beiträge für die Optimierung der Fertigung nanoelektronischer Bauelemente und Systeme zu leisten.

Um dieses Potenzial zu realisieren, haben die Fraunhofer-Institute IISB, IIS/EAS, IMS, ITWM und SCAI im Projekt „Hierarchische Simulation nanoelektronischer Systeme zur Beherrschung von Prozessschwankungen“ (HIESPANA) einen entsprechenden Simulationsansatz entwickelt, implementiert und demonstriert. Dies ist in Abb. 4 veranschaulicht. „HIESPANA“ wird im Rahmen der internen Programme der Fraunhofer-Gesellschaft von Februar 2008 bis April 2011 gefördert und vom IISB koordiniert. Bei der benötigten geschlossenen Kette von der Prozess- über die Bauelemente- bis hin zur Schaltungs- und Systemsimulation werden einerseits, soweit möglich und sinnvoll, bereits am Markt etablierte kommerzielle Simulationsprogramme verwendet. Darüber hinaus entwickeln die Institute neue oder erweiterte Programme, um kritische Lücken und

Schwächen in dieser Simulationskette zu schließen. Die Software ist damit zu den gegenwärtig in der Industrie verwendeten Simulatoren kompatibel. Dies erleichtert den Transfer in die industrielle Anwendung und ermöglicht es den Instituten, das Simulationssystem bereits früh erfolgreich für Industriaufträge und in Verbundprojekten einzusetzen sowie die eigenen Komponenten an Endanwender zu lizenzieren. Kritische Lücken wurden u.a. zur effizienten und genauen Lithographie- und Ätzsimulation (Programme „Dr.LiTHO“ und „ANETCH“ des IISB), zur Integration von Bauelemente- und Schaltungssimulation (Programm „MECS“ des SCAI) sowie zur Erweiterung der Verhaltensmodellierung zur Behandlung von Schwankungen (Programm „Analog Insydes“ des ITWM) geschlossen. Das Konzept wurde anhand von Demonstratorschaltungen des IMS evaluiert und demonstriert. Die Abbildungen oben auf dieser Seite zeigen ein Anwendungsbeispiel.

Bereits vor Abschluss des Projekts ist die wissenschaftliche Qualität der erreichten Ergebnisse durch zahlreiche Veröffentlichungen und mehrere Promotionen belegt. Die industrielle Wichtigkeit ist durch die Beteiligung der Institute in drittmittelfinanzierten Projekten sowie insbesondere die Vergabe von Softwarelizenzen demonstriert. Die in „HIESPANA“ etablierte Kooperation der fünf Institute eröffnet darüber hinaus weitere vielversprechende Möglichkeiten für die Zukunft.

- 1 Beispiel für die Simulation von CMOS-Transistoren mit technologiebedingten Schwankungen: Querschnitt eines 32-nm-FD-SOI-Transistors.
- 2 Beispiel für Schwankung eines Prozesses: typische Verteilungsfunktion für den Defokus eines Lithographieschrittes.
- 3 Resultierende stark asymmetrische Verteilung der Einsatzspannung des FD-SOI-Transistors.
- 4 Von „HIESPANA“ behandelte Simulationsebenen und Themen der Institute.



4

### Ansprechpartner

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



## Schwerpunkte, Trends und Potenziale

Der Forschungsschwerpunkt der Abteilung Kristallzüchtung liegt darin, gemeinsam mit den Industriepartnern aufzuklären, wie die Materialeigenschaften von Massivkristallen oder von dünnen, epitaktischen oder sonstigen funktionellen Schichten mit deren Herstellungsbedingungen zusammenhängen. Dabei ist die Strategie des IISB, Kristallzüchtungsprozesse und Abscheidungsverfahren durch eine Kombination aus experimenteller Prozessanalyse und Modellbildung zu optimieren. Das IISB bietet sowohl die geeignete Infrastruktur als auch leistungsfähige und benutzerfreundliche Simulationsprogramme. Diese Programme, die kontinuierlich weiterentwickelt werden, werden von den industriellen Partnern und vom IISB für die Entwicklung von Kristallzüchtungsanlagen und Prozessen eingesetzt.

Im Jahr 2010 hat die Abteilung Kristallzüchtung des Fraunhofer IISB ihre Position als weltweit anerkanntes Kompetenzzentrum auf dem Gebiet der Kristallzüchtung festigen können. Auf dem Gebiet der Kristallisation von Solarsilicium hat das IISB gemeinsam mit seiner Freiburger Außenstelle, dem Fraunhofer-Technologiezentrum Halbleitermaterialien (THM), und seinen Partnern aus Industrie und Forschung die FuE-Arbeiten zur Vermeidung der schädlichen Ausscheidungsbildung in multikristallinem Silicium erfolgreich abschließen können. In direkter Kooperation mit Industriepartnern hat das IISB mit der Untersuchung der Entstehung und Vermeidung von Kristallfehlern begonnen, die heute die Ladungsträgerlebensdauer und damit den Wirkungsgrad von Solarzellen in multikristallinen Siliciumblöcken und -bändern begrenzen. Die Bewertung des Potenzials alternativer Tiegelmaterialien bei der gerichteten Erstarrung stellt einen weiteren Forschungsschwerpunkt dar.

Nach einer intensiven und nahezu reibungslosen Bauphase sind am THM in Freiberg die Räumlichkeiten jetzt soweit ertüchtigt, dass jetzt im Jahr 2011 mit der Einbringung von Anlagen und Analysegeräten begonnen wurde. Die dort verfügbaren Kristallzüchtungsanlagen für die Kristallzüchtung von Silicium und anderen Materialien sind als spezielle FuE-Anlagen mit entsprechender Aktuatorik und Sensorik konzipiert, so dass das IISB gemeinsam mit dem THM im Technikumsmaßstab Kristallzüchtungsphänomene für die Industriepartner untersuchen kann.

Im Bereich Halbleiter mit großer Bandlücke wurden die Arbeiten zur Vermeidung von Kristallfehlern in Siliciumcarbid gemeinsam mit den Industriepartnern erfolgreich beendet, so dass jetzt

durch die Verfügbarkeit optimierter Epitaxieprozesse eine Materialqualität erreicht werden konnte, die die Langzeitstabilität von Hochvoltbauelementen nicht mehr beeinträchtigt. Im Bereich Galliumnitrid konnten durch Einsatz der am IISB zur Verfügung stehenden, hochauflösenden Analytikmethoden für die Industriepartner wertvolle Erkenntnisse über die strukturellen Eigenschaften von freistehenden Galliumnitridschichten und Volumenkristallen gewonnen werden.

1 *Dr. Jochen Friedrich,  
Abteilungsleiter.*

Auf dem Gebiet der Detektorkristalle für die Erdkunde, Sicherheits- und Medizintechnik hat das IISB in Kooperation mit Industriepartnern begonnen, den Einfluss der Herstellungsbedingungen von speziellen Detektormaterialien auf deren Materialeigenschaften zu untersuchen. Dies stellt eine wichtige Voraussetzung dar, um das Marktpotenzial dieser neuen Materialien bzw. der neuen Herstellungsverfahren bewerten zu können.

Im Rahmen des BMBF-Spitzenclusters „Solarvalley Mitteldeutschland“ konnte das IISB auf dem Arbeitsgebiet Simulation wesentliche Fortschritte bei der Software- und Modellentwicklung erzielen. Dadurch sind schnellere, robustere und genauere Berechnungen der Schmelzkonvektion und der Abkühlvorgänge beim Czochralski-Verfahren von monokristallinem Silicium mit einer Kombination aus „OpenFOAM“ und „CrysMAS“ auf dem institutseigenen Hochleistungsrechencluster möglich.

Zur Stärkung des internationalen Renommées der Abteilung Kristallzüchtung trugen auch Forschungspreise bei. Für die Untersuchung der Ausscheidungsbildung bei der gerichteten Erstarrung von multikristallinem Silicium wurde Herr Dr. Christian Reimann mit dem „SolarWorld Junior Einstein Award“ ausgezeichnet. Die komplementären Untersuchungen der Versetzungstypen in SiC mit Ätzverfahren und Röntgentopographie, die Herr Sebastian Polster im Rahmen seiner Diplomarbeit durchführte, wurden mit dem Hugo-Geiger-Preis prämiert. Mehrere eingeladene Vorträge auf internationalen Konferenzen sowie die Mitarbeit in diversen nationalen und internationalen Fachgremien auf dem Gebiet der Kristallzüchtung unterstreichen ebenfalls die Reputation der Abteilung Kristallzüchtung. Weitere Elemente der Netzworlbildung sind die von der Abteilung Kristallzüchtung organisierten Veranstaltungen. Zum Beispiel wurden vom 14. bis 16. Juni 2010 in Apolda etwa 60 Teilnehmer, vorwiegend aus der Industrie, bei der 2. Schule zur Siliciumkristallzüchtung für die Photovoltaik in die Kunst des Kristallzüchtens eingeführt. Die Abteilung Kristallzüchtung arbeitet darüber hinaus eng mit verschiedenen universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen zusammen und pflegt die Kooperation mit der Industrie in Deutschland und im Ausland.

### Ansprechpartner

Dr. Jochen Friedrich

Tel.: +49 (0) 9131 761-270

jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

## Versetzungen als Wirkungsgrad limitierende Defekte in multikristallinem Silicium

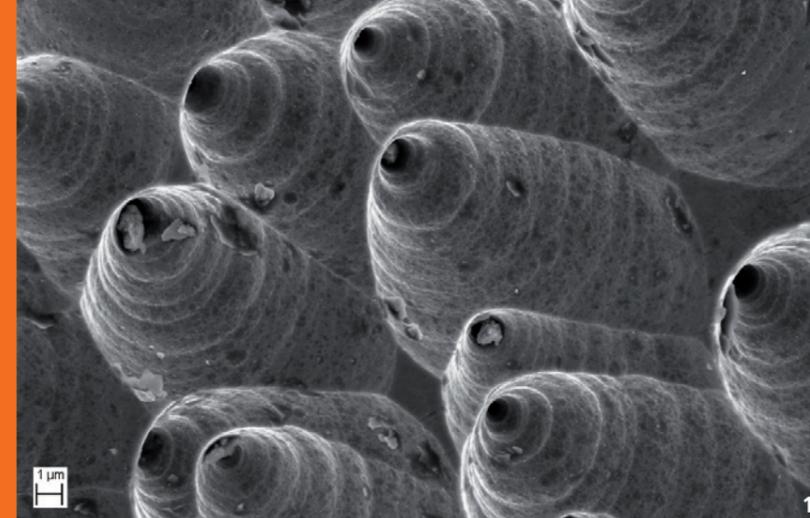
Die kristalline Silicium-Technologie, mit einem Marktanteil von ca. 90 Prozent, dominiert heute und voraussichtlich auch noch in der nächsten Dekade den Absorbermarkt für die Anwendung in der Photovoltaik. Für die Herstellung von Solarzellen werden kostengünstige Siliciumkristalle mit maßgeschneiderten Eigenschaften benötigt, aus denen dünne Scheiben („Wafer“) für die Solarzellenfertigung geschnitten werden.

Die Verfahren der sogenannten „gerichteten Erstarrung“ (Blockkristallisation) liefern multikristallines Siliciummaterial. Dabei befindet sich eine rund 1500 °C heiße Siliciumschmelze in einem quadratischen Tiegel. Die Kristallisation startet durch gezielte Wärmeabfuhr über den Tiegelboden und schreitet anschließend axial fort. Dabei legt die so genannte heterogene Keimbildung am Tiegelboden die Grundlage für das multikristalline Kristallwachstum.

Der resultierende multikristalline Siliciumblock enthält strukturelle Kristalldefekte wie zum Beispiel Versetzungen und Korngrenzen. Diese können als Rekombinationszentren für die in der Solarzelle erzeugten Minoritätsträger dienen, wenn sie zusätzlich z.B. mit Metallen dekoriert sind. Daraus resultiert eine Limitierung der Ladungsträgerlebensdauer und damit der Solarzelleneffizienz. Monokristalline Siliciumwafer hingegen, die nach dem Czochralski (Cz)-Verfahren hergestellt werden, sind nahezu frei von Kristalldefekten und zeigen daher auch eine um 1,5 Prozent höhere Solarzelleneffizienz. Damit die Lücke zwischen qualitativ hochwertigen monokristallinen Cz-Wafern und preiswerteren multikristallinen Wafern geschlossen werden kann, ist es notwendig, die Kristalldefektstruktur zu untersuchen. Somit können die Kristallisationstechniken, die damit verbundene Materialqualität und letztlich die Solarzelleneffizienz weiter verbessert werden, was gleichzeitig zu einer Senkung der Kosten führt.

Hier setzt das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB an: Es forscht im Auftrag der Industrie an der Entstehung von Versetzungen. Dabei steht das Erarbeiten eines tieferen Verständnisses für die Entstehung und Entwicklung von schädlichen Versetzungsnestern in multikristallinen Siliciumblöcken im Vordergrund.

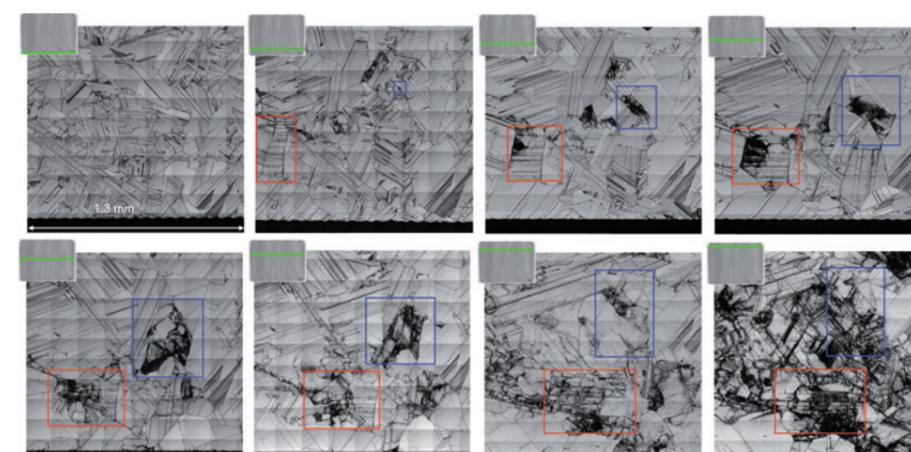
Im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojekts konnte anhand von Untersuchungen an Laborkristallen gezeigt werden, dass die Versetzungsdichte in multikristallinen Siliciumblöcken sehr inhomogen verteilt ist. Bereiche mit einer niedrigen Defektdichte in der Größenordnung von  $10^3$



Versetzungen/cm<sup>2</sup> grenzen an sehr stark defektbehaftete Bereiche mit einer Versetzungsdichte von  $10^5$  bis  $10^6$  Versetzungen/cm<sup>2</sup>. Wafer aus dem bodennahen Blockbereich zeigen eine geringere Defektdichte als Wafer aus der Blockkappe. Kritisch für die Leistungsfähigkeit der Solarzelle sind Versetzungsdichten von größer  $10^4$  Versetzungen pro cm<sup>2</sup>. Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die stark defektbehafteten Bereiche sich durch so genannte „Versetzungscluster“ kennzeichnen.

Der wesentliche Teil dieser schädlichen Versetzungscluster wird im unteren Teil der Siliciumblöcke gebildet. Der Ursprung der Versetzungsbildung wird auf bestimmte Korngrenzenkonfigurationen mit entsprechend hohen auftretenden lokalen Spannungen sowie Fremdphasen zurückgeführt. Eine weitere Multiplikation und Bewegung der Versetzungen während des Kristallisations- und Abkühlprozesses führt zur Bildung der Versetzungscluster mit einer sehr hohen Defektdichte im Bereich von  $10^5$  bis  $10^6$  Versetzungen/cm<sup>2</sup>.

Die Finanzierung dieser Forschungs- und Entwicklungsarbeiten erfolgt zum Teil durch den Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) sowie durch das Wirtschafts- und Arbeitsministerium des Landes Sachsen.

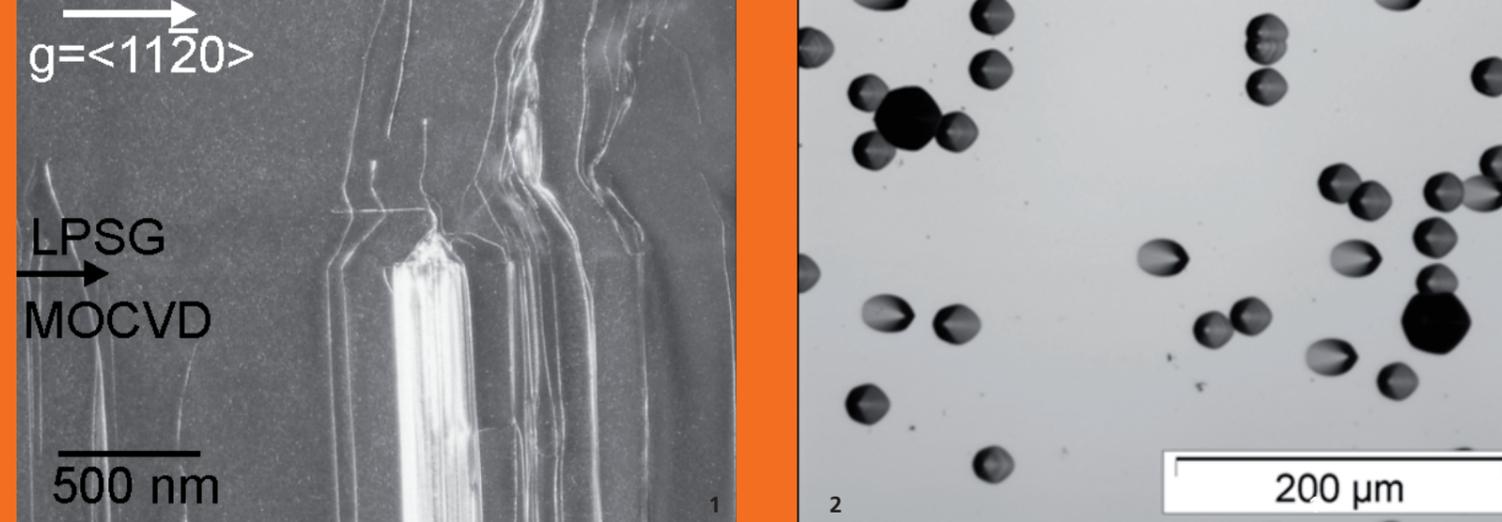


1 SEM-Aufnahme von angeätzten Versetzungen in multikristallinem Silicium.

2 Auflichtmikroskopaufnahmen des identischen Waferbereiches für unterschiedliche Kristallhöhen (vom Boden zur Kappe), die die Entwicklung der Versetzungscluster (roter und blauer Kasten) zeigen.

### Ansprechpartner

Dr. Christian Reimann  
Tel.: +49 (0) 9131 761-272  
christian.reimann@iisb.fraunhofer.de



## Analyse von Versetzungen und anderen Kristallbaufehlern in GaN und SiC

Das Kristallgitter von Volumenkristallen und epitaktischen Schichten kann eine ganze Reihe unterschiedlicher Kristallfehler enthalten, welche direkten Einfluss auf die optischen oder elektrischen Eigenschaften des Materials und die Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit von elektronischen Bauteilen haben.

Die aktuell sehr wichtigen Halbleiter mit großer Bandlücke (SiC, GaN, AlN) sind aus vielen neuen Technologien nicht mehr wegzudenken. Ohne GaN-basierte LEDs wäre beispielsweise die neue energiesparende LED-Beleuchtungstechnik nicht möglich. SiC ersetzt in der Leistungselektronik zunehmend Silicium-basierte Komponenten, da höhere Schaltleistungen mit geringeren Verlusten erreicht werden können. Allerdings ist der Forschungsbedarf noch groß, denn im Vergleich zu klassischem Silicium haben diese Verbindungshalbleiter eine relativ hohe Versetzungsdichte. Besonders bei der Epitaxie von GaN auf Fremdsubstraten kommt es zu einer großen Anzahl von Versetzungen an der Grenzfläche zwischen dem artfremden Substrat und der GaN-Epitaxieschicht. Die Analyse der vorliegenden Versetzungen und anderer Defekte in Kristallen ist deshalb essentiell für die Entwicklung und Optimierung von Kristallzüchtungsprozessen für defektarme Kristalle, welche als Substratmaterial für die Homoepitaxie geeignet sind. Auch bei der Weiterentwicklung von Epitaxieprozessen spielt die Versetzungsanalyse eine wichtige Rolle. Versetzungen, die unter Betriebsbedingungen in die aktive Zone eines Bauelements wandern können, vermindern dessen Leistung und Zuverlässigkeit. Die Abteilung Kristallzüchtung am IISB beschäftigt sich seit einigen Jahren mit der Analyse von Versetzungen in 4H-SiC-Epitaxieschichten und deren Auswirkungen auf die elektrischen Eigenschaften von SiC-Leistungsbaulementen sowie mit der intensiven Untersuchung der Mikrostruktur von GaN-Schichten und Volumenkristallen im Hinblick auf die Verbesserung der Herstellungsprozesse.

Die methodische Weiterentwicklung von Verfahren zur Untersuchung der Entstehung, Wirkung und Vermeidung von Kristalldefekten ist bei den aktuellen Arbeiten ein wichtiger Aspekt. Die Herausforderung liegt in der Skalierung der Analysemethoden, welche Defekte auf atomarer Skala aufklären, aber im Hinblick auf ihre Verteilung, Häufigkeit und Orientierung im Raum im Millimeter- oder Zentimeter-Maßstab darstellen sollen. Hierbei kommen z.B. direkt abbildende Verfahren wie defektselektives Ätzen, Kathodolumineszenz-Abbildung, Transmissionselektronenmikroskopie oder Weißlicht-Röntgentopographie am Synchrotron zum Einsatz, aber auch indirekte Verfahren der hochauflösenden Röntgenbeugung, wie die Linienbreitenanalyse von Rockingkurven.

In aktuellen Arbeiten zur Optimierung von GaN aus der Hydrid-Gasphasen-Epitaxie (HVPE) konnte am IISB aufgeklärt werden, wie es durch Stufenbildung auf der wachsenden Kristalloberfläche zur Ausbildung von so genannten V-Pits kommt. Diese pyramidenförmigen Vertiefungen auf der Wachstumsoberfläche verhindern das fehlerfreie Weiterwachsen des Kristalls. Die Aufklärung der Ursachen für die Bildung dieser Defekte erfolgte dabei aus einer Kombination mikroskopischer, spektroskopischer und nasschemischer Methoden. Durch entsprechende Optimierung des HVPE-Prozesses können diese Defekte künftig vermieden werden. Darüber hinaus konnte ein Benchmarking für das so genannte „Dark Spot Counting“-Verfahren zur Bestimmung der Versetzungsdichte in GaN vorgenommen werden. Bei diesem Verfahren geht man davon aus, dass alle Versetzungen Orte nicht strahlender Rekombination darstellen. Bei semi-isolierendem GaN:Fe ist dieses Verfahren allerdings nicht mehr ohne Weiteres einsetzbar. Sobald die global im Material vorhandenen Rekombinationsprozesse einschließlich Oberflächenrekombinationen dominieren, sind die Versetzungen nicht mehr als diskrete rekombinationsaktive Orte abbildbar. Durch eine Evaluation des „Dark Spot Counting“-Verfahrens im direkten Vergleich mit konventionellem defektselektivem Ätzen in Salzsäure konnte eine klare Abgrenzung und Definition der Anwendungsbereiche beider Verfahren auch für semi-isolierendes GaN vorgenommen werden.

In den vergangenen Jahren wurde im Wesentlichen die Mikrostruktur in GaN-Schichten untersucht. Hierbei konnten z.B. wichtige vorherrschende Mechanismen, welche zur Annihilation von Versetzungen führen, aufgeklärt werden. Das Versetzungsbild in GaN-Volumenkristallen ist dagegen, bedingt durch die eingeschränkte Verfügbarkeit, nicht ausreichend untersucht. In aktuellen Arbeiten am IISB wird diese Thematik vertieft, um ein besseres Verständnis für die Entstehung von Versetzungsnetzwerken zu gewinnen und Verbesserungen im Hinblick auf die Herstellung von defektarmem GaN mittels HVPE erreichen zu können.

- 1 *Transmissionselektronenmikroskopische Aufnahme an GaN. An der Grenzfläche zwischen der Keimschicht (MOCVD) und der Epitaxieschicht (hier LPSG) kommt es zur gezielten Reaktion von Versetzungen (weiße Linien).*
- 2 *Typisches Bild von Ätzgruben auf einer 4H-SiC-Oberfläche nach dem defektselektiven Ätzen.*

### Ansprechpartner

Dr. Elke Meißner

Tel.: +49 (0) 9131 761-136

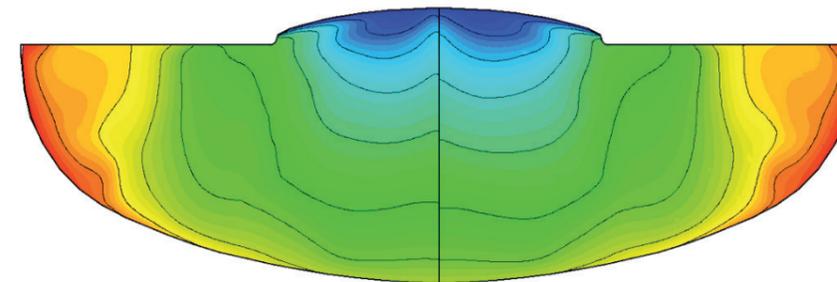
elke.meissner@iisb.fraunhofer.de

## Optimierung des Czochralski-Verfahrens für monokristalline Siliciumkristalle für die Photovoltaik

Einkristalline Siliciumkristalle für die Photovoltaik werden industriell nach dem so genannten Czochralski (Cz)-Verfahren produziert, bei dem der Kristall langsam nach oben aus einer Schmelze herausgezogen wird.

Die bei der Züchtung eingesetzten Quarzglasiegel haben typischerweise einen Durchmesser von ca. 60 cm und eine Einwaage von über 100 kg Silicium. Die Auftriebsströmung, kombiniert mit dem Einfluss der Rotation von Tiegel und Kristall, resultiert in komplexen, teils laminaren, teils turbulenten Strömungsmustern, welche mit vereinfachten axialsymmetrischen Modellen nicht ausreichend genau wiedergegeben werden können. Eine möglichst genaue Kenntnis dieser Strömung ist jedoch wichtig u. a. für das Verständnis der Temperaturen am Tiegel, der damit verbundenen Auflösungsrate des Tiegels, des daraus resultierenden Transports von Sauerstoff, dessen Konzentration im wachsenden Kristall niedrig gehalten werden soll. Eine Berechnung dieser Strömungen stellt aufgrund sehr unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Skalen noch immer eine große Herausforderung dar: Die auftretenden Fluktuationen erfordern die Verwendung von Zeitschritten im Bereich von hundertstel Sekunden, während das gesamte System Einschwingzeiten im Bereich von Minuten bis Stunden aufweist. Weiter müssen in einem System mit Abmessungen in der Größenordnung „Meter“ Grenzschichten an Tiegel und Kristall mit einer Genauigkeit von 0,01 – 0,1 mm aufgelöst werden. Insgesamt müssen daher allein für die Berechnung der Schmelze Probleme mit mindestens einigen  $10^6$  Unbekannten für ebenfalls einige  $10^6$  Zeitschritte gelöst werden. Für die Lösung dieser Probleme wird am IISB die Software „OpenFOAM“ in Kombination mit „CrysMAS“ verwendet. Die Rechnungen werden parallel auf dem hauseigenen Cluster durchgeführt.

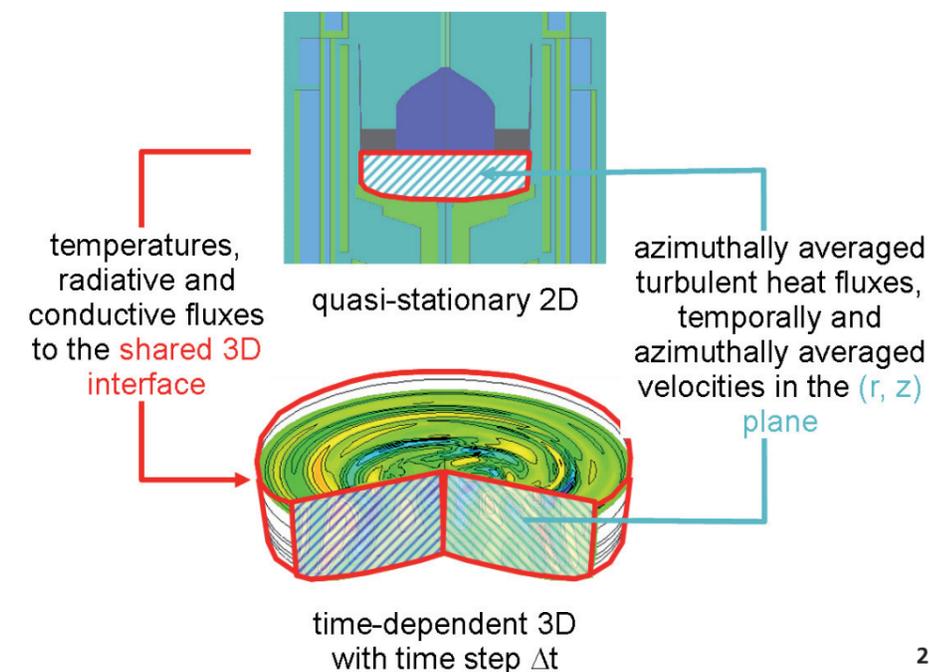
Da eine vollständige dreidimensionale Simulation der gesamten Anlage noch immer zu aufwendig ist, wird die lokale, dreidimensionale und zeitabhängige Lösung des Strömungsproblems iterativ mit einer axialsymmetrischen globalen Simulation der gesamten Anlage gekoppelt. Die Kopplung erfolgt in der einen Richtung durch Übertragung von Temperaturrandbedingungen aus dem globalen Modell zum lokalen 3D-Modell (s. Abb. 2), in der anderen Richtung durch Übertragung von zeitlich und azimuthal gemittelten Strömungsgeschwindigkeiten und turbulenten Wärmeflüssen vom 3D-Modell zum globalen Modell. Die turbulenten Wärmeflüsse ergeben sich dabei aus einer Reynolds-Mittelung der Temperaturgleichung: Temperatur- und Geschwindigkeitsfelder werden in einen zeitlich konstanten Mittelwert und einen fluktuierenden Anteil zerlegt. Für die Temperaturgleichung ergeben sich dann zusätzliche turbulente Wärmeflüsse aus dem Mittelwert des



1

Produkts der Fluktuationen von Geschwindigkeit und Temperatur. Klassische Turbulenzmodelle modellieren diese turbulenten Flüsse z.B. als Funktion von lokalen Geschwindigkeitsgradienten, können aber nach dem momentanen Stand der Entwicklung die Verhältnisse in Czochralski-Schmelzen nicht ausreichend gut beschreiben. Der hier verwendete Ansatz gewinnt dagegen diese Flüsse direkt aus der Mittelung der Ergebnisse der direkten Lösung der Transportgleichungen im 3D-Strömungsmodell. Abb. 1 zeigt, dass mit diesem Ansatz die gemittelten Ergebnisse der 3D-Rechnung sehr gut in einem stationären, axialsymmetrischen Modell reproduziert werden können, so dass eine effektive Analyse und Optimierung des Czochralski-Verfahrens möglich wird. Die Arbeiten werden im Rahmen des Verbundprojektes „CzSil“ (FKZ 03SF0379C) durchgeführt, welches Bestandteil des BMBF-Spitzenclusters „Solarvalley Mitteldeutschland“ ist.

1 Links: Temperaturfeld in der Schmelze aus der globalen Simulation unter Berücksichtigung der zeitlich und azimuthal gemittelten Strömungsgeschwindigkeiten sowie der zusätzlichen turbulenten Wärmeflüsse aus der 3D-Simulation  
Rechts: Schnitt durch das zeitlich und azimuthal gemittelte Ergebnis der 3D-Simulation für das Temperaturfeld.



2 Schematische Darstellung der Kopplung zwischen globalem, axialsymmetrischem Ofenmodell (oben) und der lokalen 3D-Schmelzsimulation (unten).

2

**Ansprechpartner**  
Dr. Thomas Jung  
Tel.: +49 (0) 9131 761-264  
thomas.jung@iisb.fraunhofer.de

# HALBLEITERFERTIGUNGSGERÄTE UND -METHODEN



## Schwerpunkte, Trends und Potenziale

Die Kernkompetenz der Abteilung Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden liegt in der multidisziplinären Forschung und Entwicklung für Geräte-, Material- und IC-Hersteller. Dabei wird das Know-how aus den Bereichen Prozess-Entwicklung, Messtechnik, Analytik, Software, Simulation und Geräteintegration so verknüpft, dass gemeinsam mit Kunden maßgeschneiderte Lösungen entwickelt werden.

Wesentlich für diesen Ansatz ist eine breit gestreute Expertise, die sich in den Kompetenzfeldern Geräte, Prozessautomatisierung, Fertigungssteuerung, Produktivitätssteigerung, Kontamination und Materialien manifestiert. Experten aus den Fachbereichen Elektrotechnik, Werkstoffwissenschaften, Physik, Chemie und Informatik arbeiten gemeinsam an den Themen, die in Zukunft die Effizienz in der Herstellung von Fertigungsgeräten sowie Materialien für die Fertigung und die IC-Herstellung selbst nachhaltig beeinflussen werden.

Die Bandbreite der Entwicklungen reicht dabei von der Vorlauftforschung im Bereich neuer Prozess- und Messmethoden über die Anwendung neuer Forschungsergebnisse in Zusammenarbeit mit Firmenpartnern bis hin zur Evaluierung und Optimierung von Geräten im industriekompatiblen Umfeld. Wesentlich für eine aussagekräftige und nachvollziehbare Evaluierung ist hier die 2009 vollständig abgeschlossene Akkreditierung des Analytiklabors nach DIN EN ISO 17025, die im Folgenden noch ausführlicher beschrieben wird. Von zentraler Bedeutung war dabei die Beteiligung am europäischen Verbundlabor „ANNA“ im Rahmen eines Projekts, das 2011 abgeschlossen wird.

Beispiele für Vorlauftforschung im Berichtszeitraum sind die Entwicklungsarbeiten zur UV-basierten Messung dünnster Schichten im Vakuum oder die Entwicklung eines mit Sensoren bestückten Polierkopfes zur Charakterisierung von CMP-Prozessen. Im Berichtszeitraum wurde mit dem EU-Projekt SEAL ein Nachfolger des erfolgreichen SEA-NET-Projekts auf den Weg gebracht – wiederum mit dem Ziel, im europäischen Verbund aus 35 Geräte- und IC-Herstellern sowie Forschungseinrichtungen innovative Prozess- und Messgeräte zu entwickeln, zu evaluieren und zur Serienreife zu bringen.

Das ENIAC-Projekt „IMPROVE“, das die Erforschung wegbereitender Methoden zur Effizienzsteigerung heimischer und europäischer Halbleiterfertigungen zum Ziel hat, ist etwa zur Hälfte

abgeschlossen. Die Forschungsansätze und erste Ergebnisse werden in einem eigenen Bericht dargestellt. Weiter in die Zukunft reicht das ENIAC-Projekt „EEMI 450“, das die Spezifikation und Vorentwicklung von Geräten und Materialien für die kommende Fertigung auf 450 mm-Siliciumscheiben zum Ziel hat (ebenfalls eigener Bericht).

<sup>1</sup> Prof. Lothar Pfitzner,  
Abteilungsleiter.

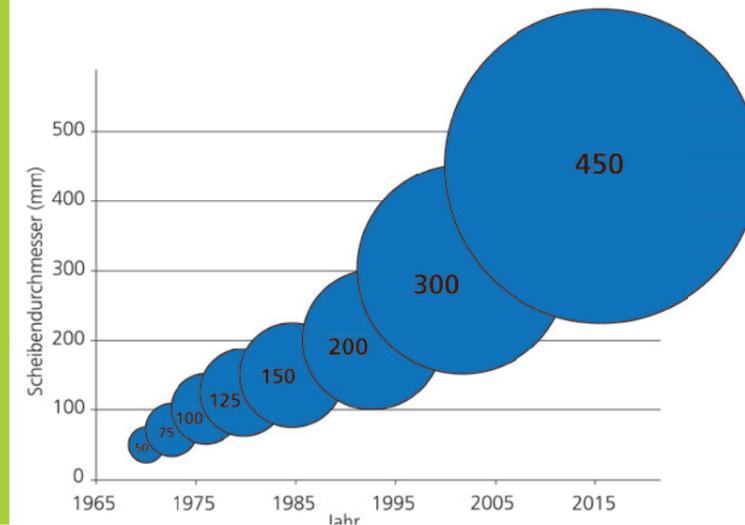
Erfolgreich abgeschlossene Kooperationen wie „NANOCMOS“, „PULLNANO“ oder „SEA-NET“ sowie laufende Projekte wie „ANNA“, „SEAL“, „IMPROVE“ und „EEMI 450“ stellen gerade im europäischen Kontext höchste Anforderungen an das Know-how und die Kommunikationsfähigkeit der beteiligten Forscher: Automatisierte Prozesskontrolle, integrierte und virtuelle Messtechnik, Ausbeuteoptimierung, vorausschauende Instandhaltung, Durchsatzoptimierung, Geräteintegration, 450 mm-Prozesse und -Geräte sowie die Simulation von Fertigungsgeräten und -komponenten sind nur einige der Herausforderungen, die erst im multidisziplinären Ansatz erfolgreich gemeistert werden können. Forschungsprojekte dieser Art, sowie bilaterale Entwicklungsprojekte mit Industriepartnern bestätigen in der Vielfalt der jeweils behandelten Themen den breiten Ansatz der Abteilung, durch den sie auch für die Zukunft gut aufgestellt ist.

Abgerundet werden die beschriebenen Forschungsaktivitäten durch das Engagement in heimischen und internationalen Ausschüssen und Gremien: Mitarbeiter der Abteilung sind in mehreren Fachausschüssen und Fachgruppen der VDI/VDE-Fachgesellschaft GMM aktiv und nehmen Führungsrollen bei der Entwicklung von SEMI-Standards und der ITRS, der internationalen Technologie-Roadmap für die Halbleiterindustrie, ein.

### Ansprechpartner

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

# HALBLEITERFERTIGUNGSGERÄTE UND -METHODEN



## Europäische Forschung an der nächsten Generation von Halbleiterscheiben mit 450 mm Durchmesser

Bauelemente der Mikro- und Nanoelektronik werden auf Siliciumscheiben produziert, deren Durchmesser in den letzten Jahrzehnten von wenigen Zentimetern auf inzwischen 300 mm zugenommen hat. Nachdem sich für alle neuen Fertigungen 300 mm-Scheiben etabliert haben, wird nun weltweit der nächste Schritt zur Produktivitätssteigerung in Angriff genommen: Fertigung auf Halbleiterscheiben mit 450 mm Durchmesser. Damit wird die für Bauelemente zur Verfügung stehende Fläche mehr als verdoppelt. Dies führt zu einer signifikanten Erhöhung der produzierten Chips pro Wafer und damit verbunden zu einer weiteren Senkung der Fertigungskosten.

Um dieses Ziel zu erreichen, ist im Vorfeld ein erheblicher Forschungsaufwand zu leisten – nicht nur für die Herstellung von Halbleiterscheiben mit einem Durchmesser von 450 mm für die zukünftigen Prozesstechnologien, sondern ebenso bei den Handhabungsrobotern und den Halbleiterfertigungsgeräten zur Durchführung der notwendigen Prozesse im Hinblick auf die 22 nm-Technologie und darunter. Für die in Deutschland und Europa beheimateten Geräte-, Automatisierungs- und Materialhersteller ist jetzt der richtige Zeitpunkt, ihre weltweit anerkannte Expertise auf den Bereich von 450 mm auszudehnen.

Deshalb haben sich insgesamt 27 europäische Unternehmen und institutionelle Forschungseinrichtungen aus den Branchen Halbleiterindustrie, Gerätehersteller und Materialien zum Verbundprojekt EEMI450 (European Equipment & Materials Initiative for 450 mm) zusammengeschlossen. Ziel des Projektes ist es, die 450 mm-Technologie und Know-how für den Standort Europa vor allem auf dem Gebiet der Scheibenherstellung, bei den Materialien, der Automatisierung, den Prozess- und Messgeräten, zu sichern. Die Koordination des gesamten europäischen Projektverbunds wird von ASM International wahrgenommen.

Der deutsche Teil des Projektkonsortiums besteht aus 10 Verbundpartnern: Aixtron AG, Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB, Mattson Thermal Products GmbH, NanoPhotonics AG, Physikalisch-Technische Bundesanstalt PTB, PVA TEPLA AG, SemiQuarz GmbH, Siltronic AG und Vistec Electron Beam GmbH und wird von der Siltronic AG koordiniert. Am 1. Juni 2010 haben die Projektpartner ihre Arbeit für eine Laufzeit von 22 Monaten aufgenommen.

Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen ist involviert in die Entwicklung neuer Automatisierungstechnik, Plasma- und Messtechnik, besonders virtuelle Messtechnik, und beteiligt sich auch an Koordinierungsaufgaben. Das IISB untersucht zum Beispiel Materialien, die in einer 450 mm-Plattform verwendet werden, im Hinblick auf Reinheit und Partikelabgabe auf eine Eignung für eine 22 nm-Technologie. Es spezifiziert in Zusammenarbeit mit Industriepartnern ein standardisiertes, innovatives Modul für Röntgenstrahlmesstechnik und virtuelle Messtechnik, welches in eine 450 mm-Plattform integriert werden kann. Plasmasimulation für 450 mm ist eine weitere wichtige Aufgabe im Rahmen des Projektes. Weiterhin koordiniert das IISB alle 450 mm-Spezifikationen und kümmert sich um die Integration der Vorgaben der Partner. Das Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF in Jena arbeitet an Gerätekomponenten für die Lithographie.

Das Projekt wird einerseits im Rahmen von ENIAC (European Nanoelectronics Initiative Advisory Council) seitens der EU und andererseits für die deutschen Teilnehmer vom BMBF auf Basis der Hightech-Strategie „IKT2020“ (Informations- und Kommunikationstechnologien 2020) gefördert. Mittelfristiges Ziel der BMBF-Fördermaßnahme ist es, die Wettbewerbsfähigkeit des Forschungs-, Produktions- und Arbeitsplatzstandortes Deutschland im Bereich IKT zu festigen und weiter auszubauen. Dies gilt gleichermaßen für das gesamte europäische Verbundvorhaben in Bezug auf den europäischen Halbleiterstandort, einschließlich Materialien und Halbleiterfertigungsgeräte.

### Ansprechpartner

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

1 Historische Entwicklung der Größe der Siliciumscheibe.

2 450 mm-Scheibe.

# HALBLEITERFERTIGUNGSGERÄTE UND -METHODEN



## IMPROVE – Forschung für die Halbleiterfertigung von morgen

Neben der Technologie integrierter Schaltungen stellt auch ihre Produktion eine stetig wachsende Herausforderung dar: So werden die herzustellenden Bauelemente immer komplexer, wodurch zum einen die Anforderungen an die Produktionsprozesse steigen. Zum anderen nimmt im weltweiten Wettbewerb der Kostendruck auf die europäische Halbleiterindustrie immer weiter zu.

In diesem Spannungsfeld forscht das Fraunhofer IISB seit 2009 im 3-jährigen Verbundprojekt „IMPROVE“ gemeinsam mit über 30 europäischen Partnern (Halbleiterhersteller, Forschungsinstitute, Universitäten, Ausrüster und Dienstleister) am strategischen Ziel, die Effizienz der europäischen Halbleiterfertigung nachhaltig zu steigern.

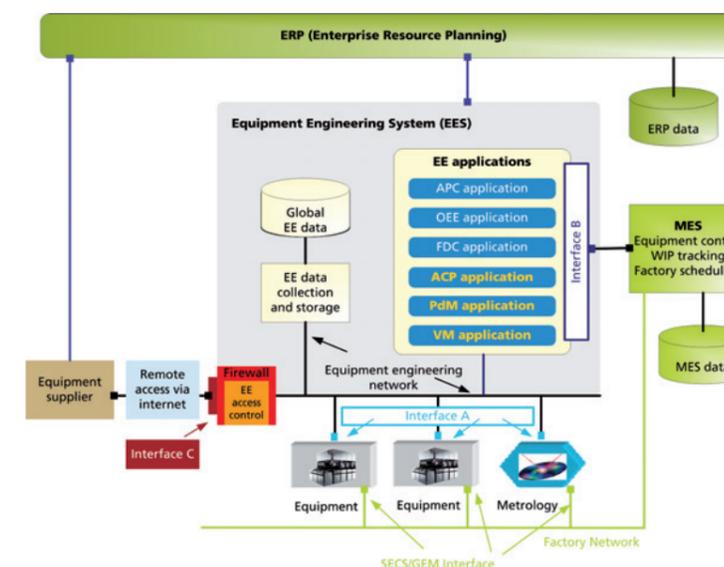
Am Projekt sind 10 Fertigungsstandorte beteiligt – eine entsprechend wichtige Aufgabe kam in der Anfangsphase der Aufnahme des Stands der Technik vor Ort sowie der spezifischen Erwartungen und Randbedingungen zu. In einem ersten Schritt wurde durch Mitarbeiter des IISB in lokalen Workshops eben diese Ausgangssituation ermittelt. Die Bestandsaufnahme hatte unmittelbaren Einfluss auf die Spezifikation und Softwarearchitektur-Entwicklung (siehe Abbildung 2) für die drei Forschungsschwerpunkte des Projekts:

1. Virtuelle Messtechnik: Mitarbeiter des Fraunhofer IISB erforschen hier intensiv die Zusammenhänge zwischen vorliegenden Prozess- bzw. Gerätedaten und den Scheiben- bzw. Bauelementeparametern, die normalerweise durch die Nutzung von Messgeräten gewonnen werden. Wo sich ein solcher eindeutiger Zusammenhang nachweisen und in ein Berechnungsmodell überführen lässt, können reale Messungen durch Berechnung der gewünschten Qualitätsparameter (eben eine virtuelle Messung) ersetzt werden. So konnte in einem Anwendungsfall die erreichte Grabentiefe in einer Ätzanlage durch „virtuelle Messung“, basierend auf Geräteparametern wie Druck und Hochfrequenzdaten, und auf logistischen Parametern, wie Rezept und Anlagennummer, mit einem Fehler von weniger als einem Prozent, bestimmt werden.
2. Vorausschauende Instandhaltung: Hier werden vorliegende Prozess- und Gerätedaten im Hinblick auf Zusammenhänge mit bekannten Ausfall- oder Wartungsbildern eines Fertigungsgeräts analysiert und Modelle zur Vorhersage tatsächlicher Ausfälle oder von Wartungsereignissen erarbeitet, um z. B. zeitbasierte Wartungsvorschriften durch ereignis-

basierte zu ersetzen und so eine optimale Nutzungszeit für Fertigungsanlagen zu erreichen. In einem Produktionsszenario konnte der optimale Zeitpunkt für den Wechsel des Filaments einer Implantationsanlage mittels Bayes'scher Netzwerke aus Anlagenparametern ermittelt werden. Damit ließe sich eine reine zeit- und durchsatzbasierte Wechselsvorschrift ersetzen.

3. Variable Qualitätskontrolle: Ziel der Forschung hier ist die Optimierung von Messintervallen und die Minimierung von zeitaufwändigen Messschritten, um insgesamt die Durchlaufzeit in der Produktion zu verringern und so Kosten zu senken. In einem Anwendungsfall konnte durch eine vorausschauende Planung der Stichproben bei Defektdichte-Messungen der Messumfang um 56 Prozent und zugleich das Risiko, nicht ausreichend viele Scheiben zu messen, um 94 Prozent reduziert werden.

Da die im Projekt erarbeiteten neuen Ansätze zur Produktionsoptimierung auch neue Anforderungen an die Hersteller von Halbleiterfertigungsgeräten stellen, wurde des Weiteren vom Fraunhofer IISB ein sogenanntes „Equipment Forum“ etabliert, in dem die Erfordernisse von „IMPROVE“ direkt mit den Firmen diskutiert werden.



2 Architektur für das fabrikweite Steuerungsnetzwerk in „IMPROVE“.

### Ansprechpartner

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

# HALBLEITERFERTIGUNGSGERÄTE UND -METHODEN



## Akkreditiertes Analytiklabor des Fraunhofer IISB

Das Analytiklabor für Mikro- und Nanotechnologie am Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB hat im Dezember 2009 die Akkreditierung als Prüflabor nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 erhalten. Das Prüflabor führt Tests im Bereich der physikalischen, physikalisch-chemischen und chemischen Analyse von Substraten, Medien und Materialien für die Mikro- und Nanotechnologie durch. Durch die Akkreditierung des Prüflabors in Erlangen demonstriert das Fraunhofer IISB seine Kompetenz und Vorreiterrolle im Bereich der Spuren- und Materialanalyse für die Mikro- und Nanoelektronik.

Vorausgegangen war eine fast dreijährige Vorbereitungsphase in enger Abstimmung mit weiteren europäischen Partnern innerhalb des von der EU geförderten Projektes „ANNA“, in der ein Qualitätsmanagementsystem eingeführt und alle Vorgänge im Laborbetrieb entsprechend der ISO-Norm dokumentiert wurden. Als zentrales Dokument wurde ein so genanntes Qualitätsmanagement-Handbuch erstellt, das die Verpflichtungen und Maßnahmen des Managements zur Sicherung und kontinuierlichen Verbesserung der Qualität im Labor beinhaltet. Es umfasst die Beschreibung der Aufbau- und Ablauforganisation, legt Verantwortlichkeiten und Befugnisse fest und verweist auf verbindlich festgelegte Verfahrensanweisungen, Vorschriften und Dokumente. In Form von Verfahrensanweisungen wurde zu jeder Prüfmethode eine genaue Anlagen- und Methodenbeschreibung erstellt, um eine reproduzierbare Benutzung von Geräten zu gewährleisten. Zu jeder Methode wurden aussagekräftige Parameter identifiziert, die Aussagen über den aktuellen Zustand der Anlage und andere wichtige Parameter liefern, um so genannte Kontrollkarten aufzusetzen. Damit wird sichergestellt, dass reproduzierbare und rückführbare Ergebnisse erzeugt werden. So wird zum Beispiel bei der Ionenchromatographie zusätzlich ein Chlorid-Standard mit einer bekannten Konzentration gemessen. Der ermittelte Messwert wird mit dem erwarteten Wert verglichen, und erst wenn der gemessene Wert innerhalb festgelegter Toleranzgrenzen liegt, werden Kundenproben gemessen und ausgewertet. Fehler bei der Herstellung von Kalibrierlösungen oder bei Verdünnungen sowie Geräteprobleme werden damit frühzeitig erkannt und ausgeschlossen.

Darüber hinaus werden die Methoden regelmäßig durch Teilnahme an Ringversuchen im Vergleich mit anderen Einrichtungen und Instituten überprüft. Es gibt nur wenige Institutionen, die im Ultraspuren-Bereich, insbesondere für die Mikro- und Nanotechnologie arbeiten und akkreditiert sind. Deswegen ist die Teilnehmerzahl an Ringversuchen oft sehr begrenzt.

Für alle Mitarbeiter des akkreditierten Labors sind Weiterbildungsmaßnahmen verpflichtend vorgeschrieben, die geplant und dokumentiert werden müssen, um das Know-how stetig zu erweitern. Zusätzlich wurde ein Mitarbeiter zum Qualitätsmanagementbeauftragten ausgebildet und offiziell ernannt, um die Einführung und Aufrechterhaltung des Qualitätsmanagementsystems zu überwachen.

<sup>1</sup> *Reinraumbereich des Analytik-Labors für Mikro- und Nanotechnologie am Fraunhofer IISB.*

Am 8.12.2009 erfolgte die Erstbegutachtung durch zwei Experten am Fraunhofer IISB, die von der Deutschen Akkreditierungssystem Prüfwesen GmbH (DAP) beauftragt wurden. Diese prüften sowohl die Umsetzung des QM-Systems als auch die Abläufe im Labor sowie die technischen Dokumentationen, Aufzeichnungen und Auswertungen. Am 22.12.2009 wurde die Akkreditierungsurkunde entsprechend DIN EN ISO/IEC 17025:2005 für das Analytiklabor für Mikro- und Nanotechnologie am Fraunhofer IISB ausgestellt. Eine Wiederholungsakkreditierung ist nach Ablauf von fünf Jahren erforderlich, sofern der Status aufrecht erhalten werden soll. Innerhalb dieser fünf Jahre führt das Labor jährlich interne Audits und regelmäßig externe Audits bezüglich des Qualitätsmanagementsystems und der angewandten technischen Verfahren zur Bewertung und Optimierung interner Prozesse durch.

Im Dezember 2010 führte ein Gutachter der Akkreditierungsstelle die vorgeschriebene Überprüfung des Qualitätsmanagementsystems des Analytiklabors durch. Die Untersuchung ergab nur geringfügige Abweichungen von der Norm. Die nächste Überwachung ist im Sommer 2012 geplant.

### Ansprechpartner

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



## Schwerpunkte, Trends und Potenziale

Technologie bedeutet für uns vor allem Forschung, aber auch Dienstleistung für die Entwicklung elektronischer Bauelemente auf allen Größenskalen. Von der Nanoelektronik bis hin zur gedruckten Makroelektronik sind wir Ansprechpartner für die Realisierung und Charakterisierung von Einzelprozessen, Bauelementen und Kleinserien. Aufbauend auf einer sehr umfangreichen Reinraumausstattung bildet die Silicium- und Siliciumcarbid-Dünnschichttechnologie das Rückgrat. Beispiele für aktuelle Aktivitäten sind die höchstaufgelöste elektrische Charakterisierung neuartiger dielektrischer Schichten, die Entwicklung maßgeschneiderter Ionenimplantationstechniken, fortschrittliche integrierbare Leistungsbaulemente, Druckverfahren für anorganische Funktionsmaterialien oder die Präparation von Nanostrukturen mittels fokussierter Ionenstrahlen. Zunehmend rückt dabei auch die heterogene Integration verschiedener Elektroniktechnologien in den Mittelpunkt.

In Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente der Universität Erlangen-Nürnberg stehen mehr als 600 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 Forschungsinstituts 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 Halbleiterbauelemente steht dem IISB mit hochmodernen Sputter- und Gasphasen-Abscheideanlagen auf der Basis von ALD und MOCVD geeignetes Equipment zur Abscheidung von Dielektrika mit hoher Dielektrizitätskonstante und von metallischen Schichten zur Verfügung.

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 Leistungsbaulementetechnologie, stellt einen Schwerpunkt der Aktivitäten dar.

Seit bereits mehr als 15 Jahren arbeitet das IISB im Bereich Leistungsbaulemente und SiC. Spezielle Anlagen zur Herstellung von Trenchstrukturen und zu deren Wiederbefüllung ermöglichen die Entwicklung neuartiger Bauelementstrukturen in der Leistungselektronik. So konnte erfolg-

reich eine Smart-Power-IGBT-Technologie mit Grabenisolation implementiert werden. So kann die Abteilung den Bereich der Fertigung von Hochvoltbauelementen mit lateralen Isolationen weiter ausbauen. Mittlerweile können am IISB nahezu alle in der CMOS-Technologie bekannten Fertigungsschritte auch an SiC-Scheiben durchgeführt werden. Bauelemente, die derzeit auf SiC hergestellt und untersucht werden, sind chemische Gassensoren auf MOSFET-Basis mit dazu gehöriger Auswertelektronik für Hochtemperaturanwendungen und Leistungsbaulemente wie vertikaler und lateraler DMOS. Die Entwicklung notwendiger neuartiger Prozessschritte, wie Hochtemperaturausheilung und Epitaxie, ist weiter fortgeschritten.

Zur Herstellung von Halbleiterbauelementen gehört unabdingbar die Charakterisierung der einzelnen Prozessschritte 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. mit der Bestimmung von Grenzflächenzuständen mittels Lebensdauermessung.

Die Kompetenzen in der Bearbeitung von Strukturen in der Größenordnung weniger Nanometer mithilfe 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. Aus diesen Erfahrungen wurden Modelle entwickelt, die die Schädigung von fokussierten Ionenstrahlen auch außerhalb des bearbeiteten Bereichs beschreiben.

Mit der Bereitstellung von Ausgangsmaterialien, der Formulierung zu druckbaren Tinten und der lösungsbasierten Abscheidung funktioneller Dünnschichten beschäftigt sich der Bereich der gedruckten Elektronik. Bei der Integration von Materialien und Prozessschritten zu neuartigen Bauelementstrukturen sind insbesondere die Wechselwirkungen zwischen der Prozessführung und den erzielbaren elektrischen Eigenschaften der Anwendungen interessant. So werden mithilfe von Tinten aus Nanopartikel-basierten Leiter-, Halbleiter- und Isolatormaterialien Dünnschichttransistoren (TFTs) mit gedruckten Komponenten realisiert und die Eigenschaften der flüssigprozessierten Funktionsschichten genauer untersucht.

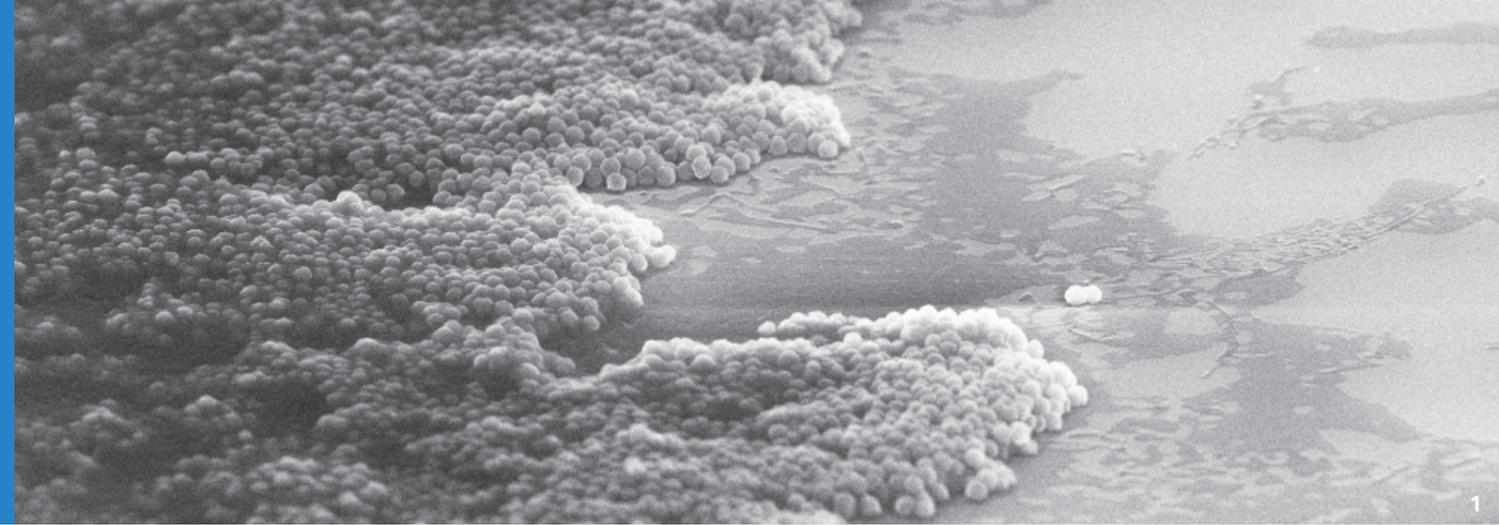
### Ansprechpartner

Dr. Anton Bauer

Tel.: +49 (0) 9131 761-308

anton.bauer@iisb.fraunhofer.de

1 Dr. Anton Bauer,  
Abteilungsleiter.



## Synthese nanoskaliger Halbleitermaterialien

Für die flüssige Prozessierung elektronischer Materialien werden Präkursoren des abzuscheidenden Materials mit Lösungsmitteln und Additiven zu Drucktinten verarbeitet. Neben molekularen Ausgangssubstanzen werden hierbei vor allem Nanopartikel eingesetzt. Das IISB verfolgt gemeinsam mit seinen Partnern mehrere Strategien zur Synthese anorganischer Pulver.

Für Anwendungen abseits der klassischen Siliciumtechnologie werden der Prozessierung elektronischer Funktionsschichten aus der Flüssigphase enorme Kostenvorteile prognostiziert. Besonders großflächige Anwendungen wie Displays, Solarzellen oder OLED-Lichtquellen und Schaltungen mit nur wenigen Bauelementen werden sich durch die rein additive Prozessierung, d.h. den Verzicht auf Lithographie- und Ätztechniken, Material sparend herstellen lassen. Für die Funktion und Leistungsfähigkeit gedruckter Bauelemente ist zum momentanen Entwicklungsstand ausschließlich die Qualität der eingesetzten Materialien ausschlaggebend. Als Basis für die Entwicklung von Schichtsystemen, Bauelementen und davon abgeleiteten Anwendungen beschäftigt sich das IISB mit der Entwicklung neuer Tinten, vorrangig für die Abscheidung anorganischer Materialien.

Die Ausgangssubstanzen für die Schichterstellung, vergleichbar den Farbpigmenten beim graphischen Druck, werden zusammen mit dem Lösungsmittel und einer Reihe von Additiven, beispielsweise Stabilisatoren, Fließ- oder Netzmitteln zu Tinten aufbereitet. Die Ausgangsstoffe für die Schichterzeugung werden dabei in molekularer oder partikulärer Form bereitgestellt. Während bei den molekularen Präkursoren die Umsetzung, im Allgemeinen mit einer Aufheizung des Substrats verbunden, erst nach der Abscheidung erfolgt, findet die Partikelsynthese bereits vor der Aufbereitung zu Tinten statt. Eine Temperaturbelastung des Substrats ist damit nur für das Austreiben von Lösungsmitteln und Additiven sowie zur Verbesserung der Partikelkontakte notwendig, so dass man mit pulverförmigen Ausgangsstoffen eine Prozessierung bei vergleichsweise niedrigen Temperaturen realisieren kann. Für die Partikelsynthese verfolgt das IISB mit seinen Partnern an der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg verschiedene Ansätze.

Gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Feststoff- und Grenzflächenverfahrenstechnik (LFG) wurden im Reinraumlabor Anlagen zur Gasphasensynthese von Silicium-Nanopartikeln aufgebaut. Nach der Pyrolyse des Präkursorgases bilden sich Silicium-Keime, die entsprechend der Verweilzeit im Reaktor, typischerweise einige 100 ms, zu Partikeln reifen. Die Zusammenführung von Know-

how aus der Verfahrenstechnik und der mikroelektronischen Prozesstechnik ermöglicht die Herstellung hochreiner Pulver mit maßgeschneiderten Volumen- und Oberflächeneigenschaften. Die erfolgreiche Kooperation wird im Rahmen des Exzellenzclusters „Engineering of Advanced Materials“ an der Universität Erlangen-Nürnberg fortgeführt. Mittlerweile lassen sich die Pulver unter vollständigem Ausschluss von Sauerstoff zu Tinten verarbeiten und in Teststrukturen prozessieren. Diese erlauben dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente (LEB) die Charakterisierung der Materialien hinsichtlich ihrer Eignung für die gedruckte Elektronik. Ergänzend zu diesen Arbeiten wurde ein zweiter, mehrstufiger Synthesereaktor entwickelt, der zukünftig die Erzeugung komplexer, beispielsweise direkt in der Gasphase oberflächenfunktionalisierter Partikel ermöglicht.

Eine weitere Methode zur Partikelerzeugung ist die Fällung. Die Züchtung erfolgt direkt in der Lösung, stabilisierende Oberflächenmoleküle können beigegeben und gegebenenfalls gleichzeitig zur Begrenzung des Partikelwachstums eingesetzt werden. Typische Reaktionen sind beispielsweise die Hydrolyse von Metallsalzen in alkalischer Umgebung. Abgeleitet von häufig eingesetzten Rezepten zur Synthese von ZnO-Halbleiter-Nanostrukturen arbeitet das IISB gemeinsam mit dem LEB an der Umsetzung alternativer metallorganischer Halbleitermaterialien.

Neben den so genannten Bottom-up-Verfahren, d.h. der chemischen Synthese, lassen sich Nanopartikel auch mittels Top-down-Ansätzen erzeugen. Am IISB wurde dazu ein Verfahren entwickelt, das es erlaubt, Nanoteilchen aus kathodenerstäubten Schichten herzustellen. Der große Vorteil dieses Ansatzes ist, unabhängig von chemischen Gleichgewichtsreaktionen nahezu beliebige Stöchiometrien einstellen zu können. Mit den flexibel einsetzbaren Sputteranlagen am IISB ergibt sich hieraus ein interessantes Verfahren, um neue Materialien und Zusammensetzungen zu testen.

### Ansprechpartner

Dr. Michael Jank

Tel.: +49 (0) 9131 761-161

michael.jank@iisb.fraunhofer.de

1 *Nanopartikeläre Metalloxid-Halbleitermaterialien werden durch Fällung hergestellt.*

## Entwicklung von Abgassensoren auf Siliciumcarbid

Siliciumcarbid (SiC) ist aufgrund seines großen Bandabstandes, seiner hohen Wärmeleitfähigkeit und der im Vergleich zu Silicium zehnfach höheren Durchbruchfeldstärke ein für Leistungs- und Hochtemperaturbauelemente prädestiniertes Ausgangsmaterial, dem mit steigender Substratqualität zunehmend mehr Aufmerksamkeit zuteil wird.

Im BMBF-Projekt „InoSens“<sup>1</sup>, welches im Mai 2010 gestartet wurde, sollen weniger die leistungselektronischen Aspekte als vielmehr die Hochtemperatureigenschaften von SiC genutzt werden. Im Rahmen dieses Projekts arbeitet das IISB an der Entwicklung von MOS-basierten Abgassensoren und elektronischen Bauelementen für Logikschaltungen. Durch ihre Kompaktheit und Hochtemperaturbeständigkeit soll es möglich werden, die Sensoren nebst einer einfachen Elektronik bei bis zu 500°C direkt im Abgas zu platzieren, um Schadgase zu detektieren und zu messen, ohne auf eine teure Aufbau- und Verbindungstechnik angewiesen zu sein.

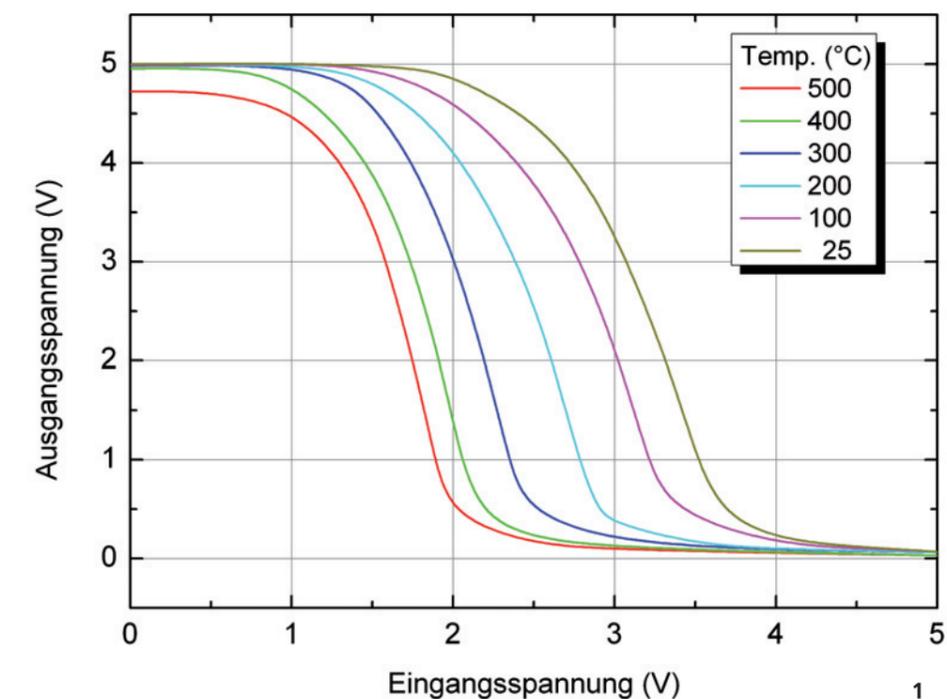
Bei der Entwicklung der Sensoren und der Bauelemente kann das IISB auf seine langjährigen Erfahrungen auf dem Gebiet der SiC-Prozesstechnik (vor allem mit der Dotierung durch Ionenimplantation, mit Hochtemperatursheilprozessen und der Herstellung von thermischen Oxiden) zurückgreifen. Durch das Vorhandensein einer vollständigen SiC-Prozesslinie wird am IISB nahezu die komplette Prozessierung der Sensoren sowie der benötigten Bauelemente und Teststrukturen stattfinden.

Die Arbeiten stellen in mehrerer Hinsicht hohe Anforderungen. Die Prozessierung der Sensoren und Bauelemente ist mit mehr als zehn Maskenebenen und über 200 Prozessschritten recht komplex und erfordert Prozessschritte mit höchster Genauigkeit und Reproduzierbarkeit sowie eine ausgefeilte Prozesskontrolle. Die hohen vorgesehenen Betriebstemperaturen erfordern die gezielte Optimierung einzelner Prozessschritte, wie z. B. der Gateoxidation oder der Entwicklung einer temperaturstabilen und gut haftenden Metallisierung.

<sup>1</sup> „InoSens“: integrierte elektronische Halbleiterabgassensoren, BMBF-Förderkennzeichen: 03X3544C. Neben Siliciumcarbid wird auch Galliumnitrid als mögliches Ausgangsmaterial betrachtet.

Für die Herstellungsprozesse der Sensoren und Bauelemente wurden einige Prozessmodule entwickelt und festgeschrieben, wie z.B. Trockenätzmodule zur Strukturierung von SiC- oder SiO<sub>2</sub>-Schichten oder einem Ausheilmodul zur elektrischen Aktivierung der implantierten Ionen.

In ersten Prozessen zur Herstellung von aktiven und passiven Hochtemperaturbauelementen konnten bereits MOS-Transistoren sowie Widerstände und Kondensatoren hergestellt werden. Zudem wurden erfolgreich erste Logikgatter (NOT und NAND) in NMOS-Technologie hergestellt. Abb. 1 zeigt die Übertragungskennlinien eines Inverters bei Betriebstemperaturen von 25 – 500 °C. Für alle Temperaturen ist ein stabiles Schaltverhalten ersichtlich. Bei Verwendung einer Betriebsspannung von 5 V werden bei Temperaturen von bis zu 400 °C die idealen Low- und High-Pegel von 0 V und 5 V erreicht.



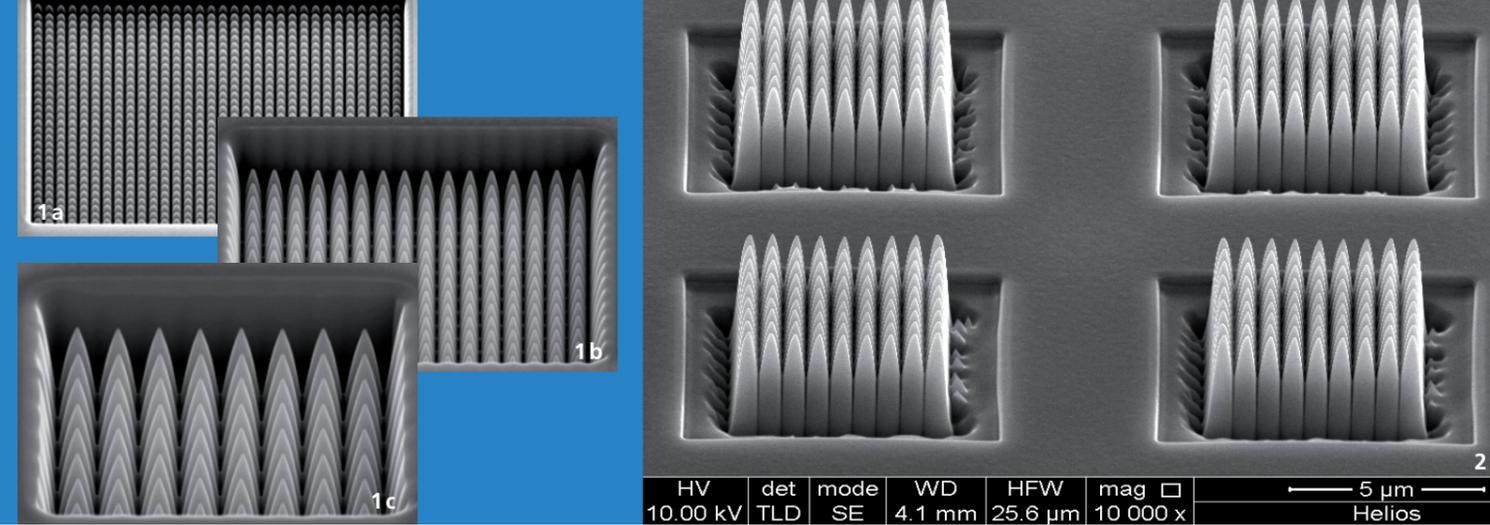
1 Übertragungskennlinien eines NMOS-Inverters in Abhängigkeit von der Temperatur.

### Ansprechpartner

Dr. Volker Häublein

Tel.: +49 (0) 9131 761-220

volker.haeublein@iisb.fraunhofer.de



## Nanostrukturierte Elektroden für zukünftige Cochlea-Implantate

Hörimplantate zählen zu den am weitesten entwickelten Systemen der Medizintechnik. Doch die Implantate verlieren mit der Zeit erheblich an Effizienz, da sich um die Elektroden der Hörgeräte oft ein Mantel aus Bindegewebszellen bildet. Das seit Mitte 2010 laufende zweijährige Projekt „Nanostrukturierte Elektroden zur elektrischen Manipulation und Charakterisierung von Zellen“, das vom BMBF gefördert wird (ID INMT09-17), hat sich jetzt zum Ziel gesetzt, selektiv das Bindegewebswachstum auf Cochlea-Implantaten zu verhindern. Cochlea-Implantate werden bei Gehörlosen angewandt, deren Hörnerv noch funktioniert, bei denen jedoch herkömmliche schallverstärkende Hörgeräte kein Hören mehr ermöglichen. Die Namensgebung der Implantate beruht darauf, dass ihre die Nervenzellen stimulierenden Elektroden direkt in die Hörschnecke (Cochlea) implantiert werden. Die Ablösung von Bindegewebszellen von den Elektroden soll durch sehr kurze an den Elektrodenoberflächen vorliegende Pulse hoher elektrischer Feldstärke erreicht werden. Damit die dafür benötigten Spannungen nicht zu hoch sein müssen, soll mittels nanostrukturierter Elektroden eine deutliche Feldüberhöhung erzeugt werden.

Das grundlagenorientierte Forschungsprojekt wird vom Institut für Bioprozess- und Analysenmesstechnik e.V. (iba), Heilbad Heiligenstadt, geleitet. Weitere Projektpartner sind das IISB und die Medizinische Hochschule Hannover (MHH). Begleitet wird das Vorhaben von der Dr. Langer Medical GmbH, Waldkirch. Die entscheidenden Fragestellungen, die im Rahmen des Projekts untersucht werden sollen, sind:

- Lassen sich Bindegewebszellen mittels elektrischer Stimuli von einer Elektrodenoberfläche entfernen?
- Sind implantierbare Mikroelektroden geeignet, Nervenzellen von Bindegewebszellen zu unterscheiden?
- Wie beeinflusst die Elektrodenstruktur das Anwachsverhalten von Zellen?

Die Isolation und Zucht cochlea-spezifischer Nerven- und Bindegewebszellen ist Aufgabe der MHH, während die elektrische Charakterisierung und die Manipulation der Zellen dem iba obliegt. Die speziell für das Projekt benötigten Testchips mit periodisch angeordneten Nanostrukturen werden am IISB entwickelt. Jeder Chip hat 25 einzeln kontaktierbare und voneinander elektrisch

isolierte Elektroden mit jeweils 16 erhabenen nanostrukturierten Bereichen, die eine Grundfläche von ca. 25 µm<sup>2</sup> besitzen. Als Elektrodenmaterial wird Silicium verwendet. Bis auf die Nanostrukturierung erfolgt die Prozessierung der Chips über herkömmliche Siliciumtechnologie. Die für die Manipulation der relevanten Zellen optimale Form und Periodizität der Nanostrukturen wird erst im Laufe des Projekts ermittelt werden. Daher wurden zur Erzeugung der Nanostrukturen „FIB“ (fokussierte Ionenstrahlen) als direkt schreibendes Strukturierungsverfahren gewählt, da mittels FIB sehr flexibel unterschiedlichste Formen und Dimensionen der Nanostrukturen hergestellt werden können, ohne dafür z.B. für jedes Design neue Masken herstellen zu müssen.

Das IISB besitzt eine langjährige Kompetenz in der Entwicklung und Herstellung von Einzelspitzen mit Durchmessern im Sub-Mikrometerbereich und hohen Aspektverhältnissen sowie anwendungsspezifischen Spezialspitzen. Die entsprechenden Spitzen finden Anwendung in der Rastersondenmikroskopie. Die Herstellungszeit für eine entsprechende Spitze liegt üblicherweise im Minutenbereich. Bei der Nanostrukturierung der Elektroden liegt die Herausforderung in der Herstellung von einer Vielzahl periodisch angeordneter Spitzen mit sehr geringem Abstand (siehe Abb. 1). Da pro Elektrode zwischen ca. 1250 und 15000 Einzelstrukturen erzeugt werden müssen, kommt vor allem der Entwicklung von sehr effektiven Bearbeitungsstrategien und einer Automatisierung der FIB-Prozessierung eine entscheidende Bedeutung zu.

Nach umfangreichen Vorarbeiten zur Entwicklung und Optimierung der FIB-Strukturierung sowie zum Entwurf und zur Prozessierung der Chips im gemeinsam von der Universität Erlangen-Nürnberg und dem IISB genutzten Reinraum konnten am Ende des ersten Projekthalbjahres die ersten nanostrukturierten Testchips am IISB erfolgreich fertig gestellt werden (siehe Abb. 2).

Die für einen Chip automatisiert durchgeführte Nanostrukturierung benötigt für die vier gezeigten Bereiche nur ca. 4 Minuten. Diese Ergebnisse demonstrieren anschaulich den im Rahmen des Projekts am IISB gewonnenen Erkenntnis- und Kompetenzzuwachs hinsichtlich der Anwendung der FIB zur Nanostrukturierung.

### Ansprechpartner

Dr. Mathias Rommel  
Tel.: +49 (0) 9131 761-108  
mathias.rommel@iisb.fraunhofer.de

1 Mittels FIB modifizierte Siliciumoberflächen mit Nanostrukturen unterschiedlicher Periodizität (REM-Bilder, aufgenommen unter 52°):

- a) 150 nm
- b) 300 nm
- c) 600 nm

2 Ausschnitt einer nanostrukturierten Elektrode eines fertigen Testchips (REM-Bild, aufgenommen unter 52°).



## Schwerpunkte, Trends und Potenziale

Zehn Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB: Vor dem Hintergrund dieses Jubiläums stand das Jahr 2010 unter einem Feuerwerk bedeutsamer Ereignisse.

Am 1. Februar startete die neue Arbeitsgruppe „Energiemanagement“ unter der Leitung von Dr. Vincent Lorentz. Das Arbeitsgebiet der Gruppe reicht von der Hard- und Software-Entwicklung für elektrische Energiespeicher und energieeffiziente Wandler bis hin zum ASIC-Design.

In der Woche vom 8.-12. März 2010 fand in Erlangen die erste DRIVE-E Akademie statt, eine Gemeinschaftsinitiative des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) und der Fraunhofer-Gesellschaft, unter der fachlichen Leitung des Fraunhofer IISB. Sechzig, zumeist einschlägig fachlich vorbelastete Studenten aus ganz Deutschland erlebten eine Woche Elektromobilität mit Fachvorträgen namhafter Referenten, Exkursionen und der feierlichen Verleihung der DRIVE-E Studienpreise.

Am 3. Mai erfolgte der erste Spatenstich für den Erweiterungsbau des Instituts in Erlangen. Die zusätzliche Nutzfläche von rund 1500 m<sup>2</sup> wird den dringend erforderlichen Freiraum für das starke Wachstum der Aktivitäten auf den Gebieten Elektromobilität und Energieeffizienz schaffen. Ein weiteres Highlight dieser Veranstaltung war die erfolgreiche Jungfernfahrt unseres Hybrid-TT mit Testfahrer Martin Zeil, seines Zeichens Bayerischer Wirtschaftsminister. Die Entwicklung der gesamten Hybridrüstung des Fahrzeugs – von der elektrischen Antriebseinheit über das intelligente Batteriesystem, die Ladetechnik bis hin zur Hard- und Software-technischen Integration aller Zusatzkomponenten in ein Serienfahrzeug – erfolgte zu 100% in der Abteilung Leistungselektronische Systeme des IISB, die damit eindrucksvoll ihre Systemkompetenz unter Beweis stellte.

Am 2. Juni fand die Auftaktveranstaltung für das Fraunhofer-Innovationscluster „Elektronik für nachhaltige Energienutzung“ statt. Ehrengäste waren Bayerns Wirtschaftsstaatssekretärin Katja Hessel, Dr. Ulrich Katenkamp vom Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie Prof. Dr. Ulrich Buller, Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft. Ziel des Innovationsclusters ist es, die in Nordbayern vorhandenen Forschungs- und Entwicklungspotentiale zu bündeln sowie als Innovationstreiber und Transfer-Schnittstelle zwischen den Partnern aus Forschung und Industrie zu wirken. Projektschwerpunkte liegen im Bereich der MegaWatt-Leistungselektronik, der Elek-

tromobilität und energieeffizienter Systemlösungen für Haushalt und Büro.

Am 20. Juli konnten wir unser Testzentrum für Elektrofahrzeuge offiziell eröffnen. Mit einer Investitionssumme von knapp 4 Mio. Euro, überwiegend aus KoPa I-Mitteln des Bundes, entstand am IISB eine Infrastruktur für den Test von Elektrofahrzeugen, die in dieser Form in Deutschland einzigartig ist. In dem Prüfzentrum können alle Komponenten eines elektrischen Antriebsstrangs sowie elektrische Gesamtfahrzeuge charakterisiert und die Systemkomponenten elektrisch-thermischen Zuverlässigkeitstests unterzogen werden.

Am 18. Oktober starteten wir in Kooperation mit dem Bayerischen Cluster Leistungselektronik eine Kolloquiumsreihe zur Leistungselektronik. An jeweils einem Abend im Monat steht dabei ein konkretes fachliches Thema im Mittelpunkt, das durch namhafte Experten aus Hochschule, Forschung und Industrie beleuchtet wird, mit anschließender Plattform für Diskussionen. Ziel der Veranstaltung, die sich primär an Interessenten aus der Metropolregion Nürnberg wendet, ist es, über aktuelle Fachthemen zu informieren, die Akteure der Leistungselektronik in der Metropolregion Nürnberg zusammen zu bringen, den Ideenaustausch zu fördern und Innovationen anzustoßen. Mit durchschnittlich mehr als 60 Teilnehmern (Q4-2010, Q1-2011) hat die Resonanz auf dieses neue Angebot unsere Erwartungen weit übertroffen.

Am 21. Oktober waren wir mit unserem Arbeitsgebiet Elektromobilität „Ausgewählter Ort“ im Rahmen des Wettbewerbs „365 Orte im Land der Ideen“ unter der Schirmherrschaft des Bundespräsidenten. Mit einer ganztägigen Vortragsreihe über aktuelle Forschungsthemen und Forschungsergebnisse, einem „Tag der offenen Tür“ am Testzentrum für Elektrofahrzeuge sowie einer attraktiven Ausstellung mit Vorführungen begingen wir den Tag zugleich als Jahrestagung des Instituts und Jubiläumsfeier mit Rückblick auf „10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB“.

Den Veranstaltungsreigen 2010 schloß eine Roadshow des Fraunhofer Forum Elektromobilität e.V. am 9. Dezember in Erlangen ab.

All diese Aktivitäten fanden neben den laufenden Forschungsprojekten statt, die auch in 2010 zu einem ausgezeichneten wirtschaftlichen Ergebnis mit einer Industrierertragsquote oberhalb 30 Prozent führten. Für dieses Engagement sei allen Mitarbeitern der Abteilung und den vielen Unterstützern aus dem Institut an dieser Stelle ausdrücklich gedankt.

### Ansprechpartner

Dr. Martin März

Tel.: +49 (0) 9131 761-310

martin.maerz@iisb.fraunhofer.de

<sup>1</sup> Dr. Martin März,  
Abteilungsleiter.

## „Distributed Power Conversion in Smart Photovoltaic Solar Panels“ – Zusammenarbeit auf europäischer Ebene

In dem hier vorgestellten Forschungsprojekt, das den Namen „Distributed Power Conversion in Smart Photovoltaic Solar Panels“ trägt und auf einem Rahmenvertrag der „Heterogeneous Technology Alliance“ basiert, wird eine robuste, zuverlässige und zukunftssichere Photovoltaikanlagentopologie erforscht, die eine bestmögliche Nutzung der erzeugten Solarenergie garantiert. Kernkomponente ist ein intelligenter Spannungswandler, der die Verschaltung von Solarpanels unabhängig von ihren elektrischen Kenndaten erlaubt. Diese Ziele werden in einer binationalen Kooperation zwischen dem Fraunhofer IISB in Erlangen und dem CEA-Leti (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) in Grenoble, Frankreich, umgesetzt.

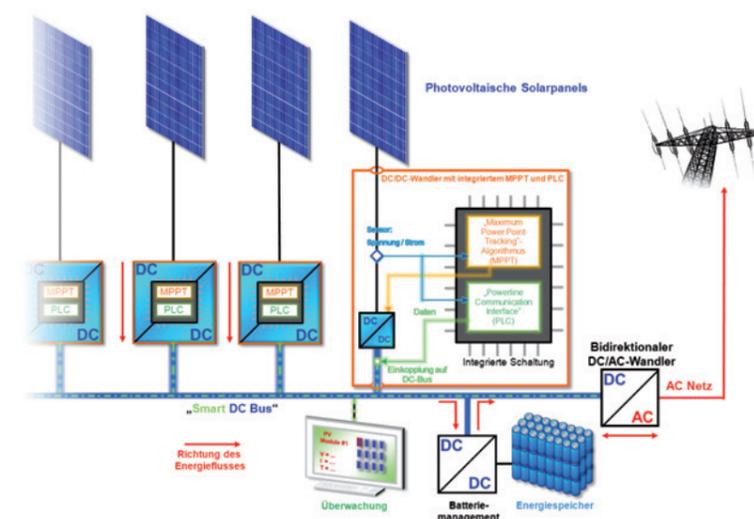
Üblicherweise werden die Solarpanels einer Solaranlage in Serie geschaltet um eine hohe Ausgangsspannung zu erreichen, was eine effizientere Transformation in die jeweilige Netzspannung ermöglicht. Aus dieser Topologie ergeben sich gravierende Nachteile. Sobald eines der Solarpanels in der Serienschaltung nicht mehr fähig ist, seine maximale Leistung zu liefern, limitiert es den Stromfluss der gesamten Reihe, wodurch die restlichen Solarpanels nicht mehr in ihrem Punkt maximaler Leistung arbeiten können. Ebenso müssen in einer Reihe immer gleichartige Solarmodule mit gleichen elektrischen Kenndaten verschaltet werden. In Anbetracht der langen Lebenszyklen von Solaranlagen stellt sich hier die Frage nach der Verfügbarkeit von Austauschmodulen im Falle eines Defekts. Abhilfe für diese Probleme schafft eine modulare Topologie der Solaranlage. Hierbei werden alle Solarpanels mit einem separaten Spannungswandler ausgestattet. In der in diesem Projekt verwendeten Topologie erfolgt die Einspeisung der Spannungswandler zunächst auf einen DC-Bus mit fester Gleichspannung, der anschließend durch einen zentralen DC/AC-Wandler an das Stromnetz angekoppelt wird. Die in der Abbildung dargestellte verteilte Topologie ermöglicht – zusätzlich zu einer individuellen Arbeitspunktanpassung („Maximum Power Point Tracking“ – MPPT) – auch eine individuelle Überwachung der Solarpanels. Dafür wird jeder einzelne Spannungswandler mit einer Schnittstelle für die Kommunikation über den DC-Bus ausgestattet. Die ursprünglich nur zur Übertragung elektrischer Energie konzipierten Leitungen werden dann gleichzeitig durch diese „Powerline Communication“ (PLC) genannte Technik zum Austausch von Informationen genutzt. Sensoren an den Solarpanels erfassen im laufenden Betrieb Daten wie Strom, Spannung und Temperatur und leiten diese über den DC-Bus an eine zentrale Überwachungseinheit.

Durch die modulare Topologie muss bei der Zusammenstellung der Komponenten für eine Solaranlage zudem nicht auf eine Abstimmung der einzelnen Solarpanels geachtet werden und es wird bei Erweiterung kein Austausch von Solarpanels bzw. der zentralen DC/AC-Wechselrichter notwendig.

Mit Blick auf die Zukunft gewinnt des Weiteren die Integration eines elektrischen Energiespeichersystems immer mehr an Attraktivität, nicht zuletzt durch die Verringerung staatlicher Subventionen für eingespeisten Solarstrom. Durch einen solchen Energiespeicher kann der Eigenverbrauch der selbst erzeugten Solarenergie deutlich erhöht werden. Zudem kann die gespeicherte Energie kontrolliert zu Zeitpunkten ins Netz eingespeist werden, an denen der netzseitige Bedarf besonders hoch ist. Nicht nur in Verbindung mit zukünftigen, bedarfsorientierten variablen Preismodellen könnte das besonders attraktiv sein.

Zur Erhöhung der Robustheit und Zuverlässigkeit der Solarmodule wird für den intelligenten DC/DC-Wandler eine integrierte Schaltung entwickelt, die einen hochtemperaturbeständigen Herstellungsprozess nutzt. Die Integration der Systemfunktionen macht die Solarmodule widerstandsfähiger als ein vergleichbarer diskreter Aufbau und ist in der Fertigung in hohen Stückzahlen günstiger.

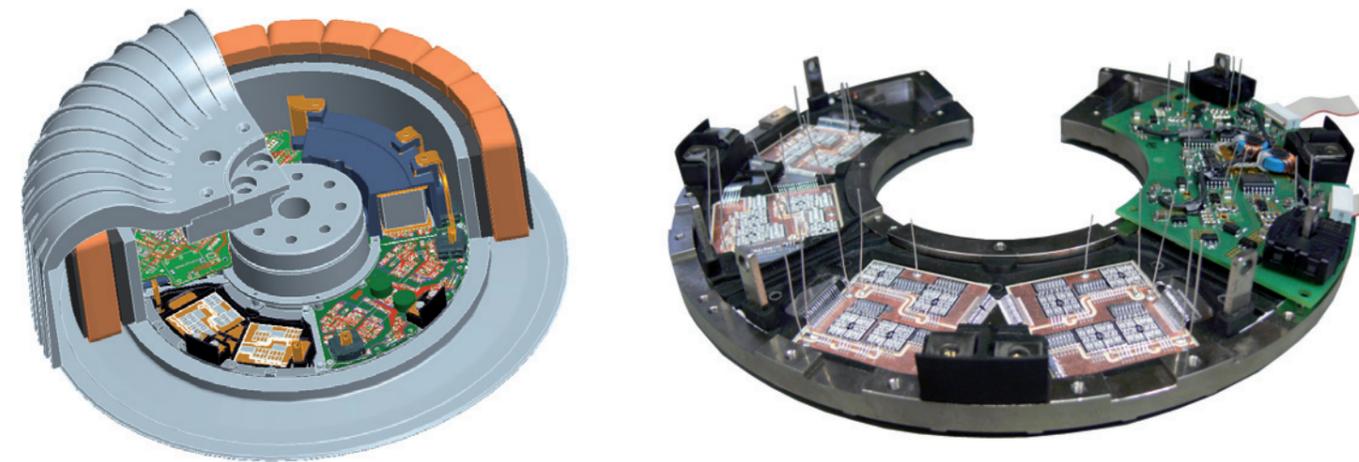
Durch all diese Maßnahmen ist es möglich, ein zukunftssicheres, robustes und effizientes Solaranlagenkonzept zu schaffen, das durch die Integration eines zusätzlichen Energiespeichers besonders für Kleinanlagen interessant ist.



1 Modulare Topologie der Solaranlage mit zusätzlichem Energiespeicher.

### Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Markus Niedermeier  
Tel.: +49 (0) 9131 761-322  
markus.niedermeier@iisb.fraunhofer.de



## Wirkortnahe Systemintegration von Leistungselektronik in Elektrofahrzeugen

Im Rahmen des Projekts „FSEM – Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität“ werden institutsübergreifend zwei elektrische Antriebssysteme realisiert. Hierzu wurden am Fraunhofer IISB ein Antriebsumrichter für den Einsatz in Radnabenmotoren und eine universelle Achs-Antriebseinheit entwickelt.

### Integrierter Antriebsumrichter für Radnabenmotoren

Der voll in den Radnabenmotor integrierte Antriebsumrichter erzeugt aus der Gleichspannung der Antriebsbatterie direkt im Radnabenmotor einen frequenzvariablen Wechselstrom. Dabei stehen 30 kW Dauerleistung und 65 kW Spitzenleistung zur Verfügung. Der hierfür am IISB entwickelte Antriebsumrichter zwischen Batterie und Motor ist bauraumneutral im Innenraum des Außenläufermotors integriert. Die Integration des Umrichters in den Motor ermöglicht die gemeinsame Nutzung des vorhandenen Motor-Kühlkreislaufs. Aufgrund des Wegfalls von Motorkabeln sind die elektromagnetischen Störaussendung deutlich reduziert. Durch die Realisierung von zwei dreiphasigen Teilmotoren in einem Radnabenmotor ist das System redundant aufgebaut. Beim Ausfall eines Motors bzw. einer Phase kann das System mit halber Leistung weiter betrieben werden.

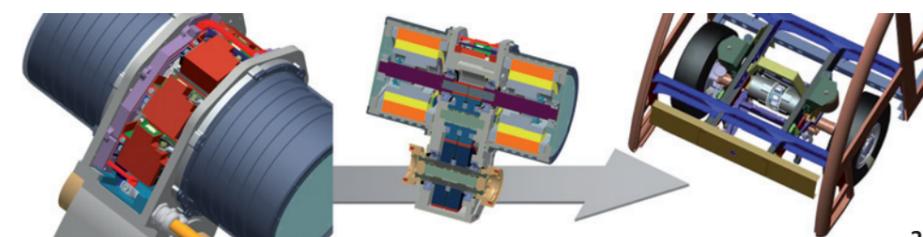
Besondere Anforderungen bei der Integration der Leistungselektronik in den Motor liegen in der konstruktiven Gestaltung, Kontaktierung und dem thermischen Verhalten. Hohe Anforderungen an die Robustheit und Vibrationsfestigkeit des Antriebsumrichters ergeben sich aus der Integration im ungefederten Bereich des Fahrzeugs. Sämtliche am Rad auftretenden Kräfte wirken unmittelbar auf den Umrichter. Um diese hohen Anforderungen zu erfüllen, wurden u.a. die Lastanschlüsse mittels Dickdrahtbonden realisiert. Durch entwicklungsbegleitende thermische Simulationen von Umrichter und Motor wurde bereits im Vorfeld das thermische Verhalten des Systems charakterisiert und optimiert.

### Integrierte Achs-Antriebseinheit

Das am Fraunhofer IISB entwickelte Achs-Antriebssystem ist durch die gewählte Aufbauvariante für unterschiedlichste Fahrzeuge – von der Fraunhofer-Autotram über Busse, Kleintransporter bis hin zu Elektro-PKWs – geeignet. Das Aufbaukonzept zeichnet sich durch eine direkte Integration der gesamten Antriebs-Leistungselektronik in die Antriebskomponenten aus. Durch die zwei

mechanisch unabhängigen Einzelradantriebe sowie einen Doppelumrichter mit separater, feldorientierter Regelung beider E-Maschinen ist die Möglichkeit einer freien Drehmomentverteilung auf beide Antriebsräder der Achse realisiert worden. Insgesamt stehen eine Antriebsleistung von 2 x 80 kW sowie ein Spitzenmoment von 2000 Nm pro Rad zur Verfügung. Bei dem im Getriebebereich positionierten Umrichtersystem werden insgesamt sechs Leistungsmodul mit neuen Ansätzen der Aufbau- und Verbindungstechnik eingesetzt. Die Entwicklung dieser Module mit einheitlichem Materialsystem von der Kühlplatte bis zu den Lastanschlüssen auf Basis von Aluminiumwerkstoffen ist in Kooperation mehrerer Fraunhofer-Institute ebenfalls im Rahmen des Projekts „FSEM – Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität“ durchgeführt worden. Eine direkte Kontaktierung der Motor-Phasenanschlüsse sowie die Nutzung eines gemeinsamen Kühlkreislaufs für alle Komponenten sind unter anderem als Hauptvorteile der Umrichterintegration zu nennen. Oberflächenbeschichtete Zahnräder zur Reduzierung der Zahnflankenreibung sowie konstruktive Maßnahmen zur Minimierung der lastunabhängigen Getriebeverluste sind in der Doppel-Stirnradgetriebeeinheit mit einer Untersetzung von 7:1 zur Wirkungsgradoptimierung umgesetzt worden. Ein Hauptfokus des Projekts war die Entwicklung eines energieeffizienten Antriebssystems, welches die im Fahrzeug aufwändig gespeicherte elektrische Energie zu einem möglichst großen Teil in Antriebsleistung und Reichweite umsetzen kann. Dieses Optimierungsziel setzt ein Verständnis des transienten Zusammenwirkens der Komponenten E-Maschine, Frequenzumrichter und Untersetzungsgetriebe im mechatronischen Gesamtsystem voraus. Eine im Rahmen des Projekts durchgeführte simulative Modellierung des gesamtelektrischen Antriebsstrangs wurde unter anderem zur Auswahl der am besten geeigneten E-Maschinen Variante unter Berücksichtigung der Aspekte Wirkungsgrad, Leistungsdichte und Sicherheit im Fehlerfall genutzt.

1 Antriebsumrichter für „Frecc0“ – Radnabenmotoren.



2 Integriertes Achs-Antriebssystem mit 2 x 80 kW Antriebsleistung und Einzelradantrieb.

### Ansprechpartner

Dr. Bernd Eckardt  
Tel.: +49 (0) 9131 761-139  
bernd.eckardt@iisb.fraunhofer.de



## Hybrid-Versuchsfahrzeug und Testzentrum für Elektrofahrzeuge

Am 3. Mai 2010 konnte der in zweijähriger Entwicklungsarbeit vom Fraunhofer IISB zum Hybrid-Versuchsfahrzeug umgerüstete Audi TT der Öffentlichkeit präsentiert und vom bayerischen Wirtschaftsminister Martin Zeil probebefahren werden.

### Audi TT – Versuchsplattform für Elektromobilität

An dieser Entwicklungsplattform für Elektromobilität wurde das Konzept des über die Straße gekoppelten Parallel-Hybrids realisiert. Dazu wurde anstelle des Hinterachsdifferentials, wie bei einer allradgetriebenen Variante, eine elektrische Antriebseinheit mit zwei unabhängigen elektrischen Maschinen eingebaut. In dieser kompakten Antriebseinheit befinden sich, neben zwei Asynchron-Elektromotoren mit einer Leistung von jeweils 20 kW, noch zwei Planetengetriebe mit einer Übersetzung von 6:1. Damit erhält man an den Hinterrädern ein Drehmoment von 600 Nm pro Rad, was dem Fahrzeug auch ein rein elektrisches Fahren ermöglicht. In das Gehäuse der Antriebseinheit ist zugleich die Leistungselektronik für die Ansteuerung und die Regelung der beiden Motoren integriert.

Die Energie für das elektrische Fahren wird in einem Lithiumeisenphosphat-Akkusystem mit einer Spannung von 317 V und einem Energieinhalt von 2,2 kWh gespeichert. Zusätzlich zu den Akkuzellen wurden in das luftgekühlte Batteriesystem, das sich im Kofferraum des Fahrzeugs befindet, noch ein isolierender Spannungswandler von 317 V auf 12 V mit einer Leistung von 2,5 kW sowie ein bidirektionales Ladegerät mit 2 kW und ein bidirektionaler Gleichspannungswandler zum Hochsetzen der Batteriespannung auf bis zu 430 V für den Antriebsstrang eingebaut. Mit diesen Komponenten und einer am Fraunhofer IISB entwickelten Hybridsteuerung konnte der frontgetriebene Audi TT ohne Einschränkungen beim Kofferraumvolumen zu einem vollhybriden Fahrzeug umgebaut werden.

### Testzentrum für Elektrofahrzeuge

Fahrzeuge mit elektrischem Antriebsstrang stellen völlig neue Anforderungen an die Mess- und Prüftechnik. Speziell auf diese Anforderungen zugeschnitten bietet das neue Testzentrum des Fraunhofer IISB in Erlangen, das am 20. Juli 2010 feierlich eröffnet wurde, eine einzigartige Infrastruktur, in der einzelne Komponenten von Elektrofahrzeugen bis hin zu Gesamtfahrzeugen

vermessen und optimiert werden können.

Das Testzentrum umfasst Prüfstände für elektrische Antriebe, Energiespeicher, elektrisch-thermische Zuverlässigkeit und elektromagnetische Verträglichkeit. Das Kernelement bildet ein Rollenprüfstand in einem temperierbaren Prüfraum. Damit können Untersuchungen auch an Gesamtfahrzeugen, z.B. zur Reichweite unter extremen Umgebungsbedingungen, durchgeführt werden. Ein Entwicklungsziel ist dabei die Minimierung des Gesamtenergiebedarfs der Fahrzeuge durch ein optimiertes thermisches Management, durch hoch effiziente Leistungselektronik und energieeffiziente Nebenaggregate. Auf einem Motorenprüfstand mit zwei Bremsmaschinen mit einer Maximalleistung von jeweils 275 kW und 3000 Nm können komplette Achsantriebe von Fahrzeugen vermessen werden. Für Versuche an Fahrzeugbatterien existiert ein separater, brandgeschützter Prüfcontainer, in dem Fahrzeugbatterien bis 800 V mit einem Strom von maximal 500 A entladen und geladen werden können. Zur Untersuchung der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) steht am Prüfzentrum eine mit Fahrzeugen befahrbare, voll geschirmte und mit Absorbern ausgestattete Prüfkabine zur Verfügung. Kernstück des Prüfzentrums für Elektrofahrzeuge ist ein von -25 °C bis +50 °C klimatisierbarer Allrad-Rollenprüfstand für Geschwindigkeiten von bis zu 140 km/h zur Untersuchung und Optimierung der Energieeffizienz.



1 Bayerns Wirtschaftsminister Martin Zeil als Testfahrer bei der erfolgreichen Jungfernfahrt im Hybrid-TT.

2 Eröffnung des IISB-Testzentrums für Elektrofahrzeuge. Von links: Institutsleiter Prof. Frey, Staatsminister Zeil und Ulrich Schüller, Leiter der Abteilung Wissenschaftssystem im BMBF, vor der Kammer mit dem klimatisierbaren Allrad-Rollenprüfstand.

3 Hybridisierter Audi TT: Erprobungsplattform des IISB für leistungselektronische Systemkomponenten.

### Ansprechpartner

Dr. Bernd Eckardt  
Tel.: +49 (0) 9131 761-139  
bernd.eckardt@iisb.fraunhofer.de

## Ausgewählte Meldungen

### Elektronik für die Zukunft – 25 Jahre Fraunhofer IISB Eröffnung des IISB-Testzentrums für Elektrofahrzeuge

Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB feierte sein 25-jähriges Bestehen. Unter dem Motto „25 Jahre Fraunhofer in Erlangen“ wurde am 20. Juli 2010 gemeinsam mit dem Fraunhofer IIS das Jubiläum der beiden Institute mit einer Festveranstaltung begangen. Höhepunkt war die offizielle Eröffnung des Testzentrums für Elektrofahrzeuge am IISB. Die Eröffnung des neuen Testzentrums für Elektrofahrzeuge am IISB durch die Ehrengäste der Festveranstaltung, Bayerns Wirtschaftsminister Martin Zeil und Ulrich Schüller, Leiter der Abteilung Wissenschaftssystem im Bundesministerium für Bildung und Forschung, symbolisierte vor allem den Weg ins nächste Vierteljahrhundert. Dennoch gab es für das Fraunhofer IISB Grund genug, auf die erfolgreiche Entwicklung der letzten 25 Jahre zurückzublicken.

Begonnen hatte alles im Juli 1985 als Abteilung Bauelementetechnologie (AIS-B) der Fraunhofer-Arbeitsgruppe für Integrierte Schaltungen unter der Leitung des IISB-Gründungsleiters Prof. Heiner Ryszel. Als Folge der beispiellosen Entwicklung und des Wachstums der Fraunhofer-Mikroelektronikforschung in Erlangen wurden Anfang 2003 das IISB und sein Schwesterinstitut IIS unter ihren heutigen Bezeichnungen endgültig zu zwei formal voneinander unabhängigen Fraunhofer-Instituten. Im Herbst 2008 übergab Heiner Ryszel ein äußerst erfolgreiches IISB mit einer breiten Elektronik-Kompetenz – vom Grundmaterial bis zum System – an seinen Nachfolger Prof. Lothar Frey.

Heute arbeiten rund 170 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am IISB. Neben seinem Hauptsitz in Erlangen hat das IISB zwei weitere Standorte: das Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik ZKLM in Nürnberg und das Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM in Freiberg. Ein wichtiger Faktor bei der erfolgreichen Entwicklung der Mikroelektronik in Erlangen ist die enge Zusammenarbeit von Fraunhofer mit der Universität Erlangen-Nürnberg. So leitet Lothar Frey ebenso wie sein Vorgänger Heiner Ryszel an der Universität den Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente (LEB). Die große Reinraumhalle der Universität wird von IISB und LEB gemeinsam betrieben. Mitarbeiter des IISB beteiligen sich an Lehre und Nachwuchsförderung an der Universität. Zudem ist das IISB Partner im Exzellenzcluster „Engineering of Advanced Materials“ und in der „Erlangen Graduate School in Advanced Optical Technologies“.

1 Eröffnung des IISB-Testzentrums für Elektrofahrzeuge. Im Bild (v.l.) IISB-Institutsleiter Prof. Frey, der bayerische Wirtschaftsminister Zeil und Ulrich Schüller, Leiter der Abteilung Wissenschaftssystem im BMBF, vor der Kammer mit dem klimatisierbaren Allrad-Rollenprüfstand.





## Fortsetzung: Ausgewählte Meldungen

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat für das Testzentrum in Erlangen im Rahmen des Innovations- und Investitionsprogramms „Bildung und Forschung“ der Bundesregierung rund 4 Mio. Euro zur Verfügung gestellt. Damit wurde in der Metropolregion Nürnberg eine in dieser Form in Deutschland einzigartige Infrastruktur für das Testen von Elektrofahrzeugen geschaffen. Das neue Testzentrum verfügt über speziell zugeschnittene Analyse- und Prüfeinrichtungen für elektrische Antriebe und Energiespeicher, elektromagnetische Verträglichkeit (EMV) und Zuverlässigkeit. Das Kernelement bildet ein klimatisierbarer Allrad-Rollenprüfstand. Damit können Elektrofahrzeuge unter arktischen wie auch unter hochsommerlichen Bedingungen erprobt werden. Zur Untersuchung des Energieverbrauchs können auf einem Antriebsprüfstand unter anderem Wirkungsgradkennfelder elektrischer Fahrzeugantriebe ermittelt und Steuer- und Regelalgorithmen optimiert werden. Weiterhin verfügt das Testzentrum über eine mit PKWs befahrbare EMV-Zelle. Ein besonderes Augenmerk der Erlanger Forscher gilt der zentralen Komponente von Elektrofahrzeugen – der Batterie: Umfangreiche Testeinrichtungen erlauben hier elektrische und thermische Untersuchungen sowohl von Einzelzellen als auch von gesamten Fahrzeugbatteriesystemen.

Im Rahmen der Fraunhofer-Systemforschung Elektromobilität ist das neue Testzentrum Teil eines Prüfstand-Gesamtkonzepts, um alle Aspekte der Elektromobilität abzudecken. Dies umfasst neben den Einrichtungen des IISB in Erlangen Prüfstände für Akustik in Stuttgart, für Betriebsfestigkeit in Darmstadt und für Crash-Sicherheit in Freiburg.

Pünktlich zu seinem 25-jährigen Jubiläum baute das IISB mit der Eröffnung des Testzentrums sein Portfolio weiter aus und machte damit einen weiteren bedeutenden Schritt in die Zukunft als Premium-Forschungspartner für Leistungselektronik und elektrische Antriebstechnik. Unter den Leitsätzen „Nanotechnologie für die Elektronik“ und „Elektronik für nachhaltige Energienutzung“ geht die erfolgreiche Entwicklung des IISB weiter. Neben dem Testzentrum erhält das Institut einen Erweiterungsbau, dessen erste Stufe bis Ende 2011 fertig gestellt sein wird. „Mit unseren Arbeitsgebieten gehen wir auf wichtige Grundbedürfnisse der Menschen ein. Dazu gehören zum Beispiel eine saubere Umwelt, eine sichere Energieversorgung und individuelle Mobilität“, so Institutsleiter Prof. Frey. „Moderne Elektronik ist für den Nutzer meist nicht sichtbar und ihre Funktionalität wird heute oft als selbstverständlich empfunden. Sie ist aber immer noch der tragende Motor für unsere technische Weiterentwicklung – mit seiner Forschung wird das IISB auch in Zukunft dazu beitragen.“

### Spatenstich für Erweiterungsbau des Fraunhofer IISB

Am 3. Mai 2010 wurde am Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelemente-technologie IISB in Erlangen mit dem ersten Spatenstich symbolisch der Baubeginn für den Erweiterungsbau des Instituts gefeiert. Ehrengäste waren Bayerns Wirtschaftsminister Martin Zeil, UAL Maximilian Metzger vom Bundesministerium für Bildung und Forschung, der Oberbürgermeister der Stadt Erlangen, Dr. Siegfried Balleis sowie Prof. Dr. Christoph Korbmacher von der Hochschulleitung der Universität Erlangen-Nürnberg. Ein Höhepunkt war die Testfahrt von Wirtschaftsminister Zeil mit dem Hybrid-Sportwagen des IISB.

Mikro- und Nanoelektronik, Materialentwicklung für die Elektronik, Leistungselektronik und Elektromobilität – dafür steht das 1985 gegründete Fraunhofer IISB, dessen Mitarbeiterzahl in den letzten Jahren deutlich angestiegen ist. An den mittlerweile drei Standorten des Instituts in Erlangen, Nürnberg und Freiberg arbeiten und forschen heute rund 170 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter. Dieser erfolgreichen Entwicklung wird mit einem Erweiterungsbau am Hauptstandort des Instituts in Erlangen Rechnung getragen. Dieser wird ab Ende 2011 auf 2500 m<sup>2</sup> Grundfläche, davon 1600 m<sup>2</sup> Nutzfläche, Platz für 54 neue Mitarbeiter, Büros, Labore und Lagerflächen bieten. Der Erweiterungsbau wird hauptsächlich für das Gebiet der Leistungselektronik genutzt werden, die beispielsweise für die elektrische Energieversorgung der Zukunft oder die Elektromobilität immer größere Bedeutung gewinnt. Zudem findet sich mit zahlreichen Leistungselektronik- und Energiefirmen sowie Automobilzulieferern in der Region ein starkes industrielles Umfeld für die Thematik.

Der Erweiterungsbau des IISB setzt ein Zeichen für Wachstum und Innovation in der Metropolregion und bietet der regionalen Wirtschaft erweiterte Kooperationsmöglichkeiten mit der Forschung vor Ort. Auch die erfolgreiche Zusammenarbeit des IISB mit der Universität Erlangen-Nürnberg kann damit ausgebaut werden. Finanziert wird das Bauvorhaben, das inklusive Erstausrüstung ein Gesamtvolumen von 8 Mio. Euro hat, über das Konjunkturpaket II.

Seinen Besuch am Erlanger Institut nahm Wirtschaftsminister Zeil zum Anlass, sich über das vom Fraunhofer IISB entwickelte Hybridfahrzeug auf Basis eines Audi TT zu informieren. Das emissionsarme Auto dient als Technologieplattform für die leistungselektronischen Entwicklungen des IISB zur Elektromobilität, sei es für die elektrische Antriebseinheit oder das Batteriesystem. Hier gelang es, ein Serienfahrzeug möglichst modular und ohne Eingriffe in die mechanische Struktur des Fahrzeugs zu einem vollwertigen Hybridauto umzubauen.

Bayerns Wirtschaftsminister Martin Zeil erklärte anlässlich des Spatenstichs: „Elektromobilität ist eine bedeutende Zukunftstechnologie. Sie ist umweltfreundlich, effizient und konkurrenzfähig.“

- 1 *Spatenstich zum Erweiterungsbau des Fraunhofer IISB am 3.5.2010 in Erlangen, v.l.n.r.: Markus Scheben (Abteilungsleiter Bauangelegenheiten in der Fraunhofer-Gesellschaft), der bayerische Wirtschaftsminister Martin Zeil, Maximilian Metzger (Leiter der Unterabteilung Informations- und Kommunikationstechnik; Neue Dienste im Bundesministerium für Bildung und Forschung), Prof. Dr. Lothar Frey (Institutsleiter des Fraunhofer IISB).*
- 2 *Dr. März (2.v.r.) und Institutsleiter Prof. Dr. Lothar Frey (r.) vom IISB erläutern dem bayerischen Wirtschaftsminister Martin Zeil (2.v.l.) und UAL Maximilian Metzger vom BMBF die Besonderheiten des Batteriemoduls für das Fahrzeug.*



## Fortsetzung: Ausgewählte Meldungen

Mit der breit aufgestellten Zukunftsoffensive „Elektromobilität“ will die Bayerische Staatsregierung die Kompetenzen der bayerischen Industrie und Forschungseinrichtungen stärken, sie weiter miteinander vernetzen und den Technologietransfer zwischen Wirtschaft und Forschung fördern: „Ich freue mich sehr, dass wir mit unserer Unterstützung des Neubaus zum Ausbau des Forschungsschwerpunkts „Elektromobilität“ am Fraunhofer IISB beitragen konnten.“

### Leistungselektronik für die Mobilität von morgen – Fraunhofer IISB beim Wettbewerb „365 Orte im Land der Ideen“ erfolgreich

Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB war mit seinen Arbeiten zur Leistungselektronik für die Elektromobilität Preisträger des bundesweit ausgetragenen Innovationswettbewerbs „365 Orte im Land der Ideen“.

Effiziente Leistungselektronik ist die wesentliche Komponente zur Steuerung der elektrischen Energieflüsse im Fahrzeug. Sie bringt die Elektromotoren zum Drehen, managt den Energiefluss aus der und in die Batterie, versorgt das 12V-Bordnetz und ermöglicht das kabellose Laden eines Fahrzeugs. Das Fraunhofer IISB setzt hier seit vielen Jahren Akzente in der Forschungslandschaft und leistet einen wichtigen Beitrag dazu, Deutschland zum Leitmarkt für Elektrofahrzeuge zu machen. Eine nachhaltige Mobilität und Unabhängigkeit von fossilen Brennstoffen sind Anliegen der Wissenschaftler. Dietmar Amend von der Deutschen Bank in Nürnberg zeichnete die Leistungselektronik des Erlanger Instituts als „Ausgewählten Ort 2010“ aus. Damit ist der Forschungsschwerpunkt einer von 365 Preisträgern, die jedes Jahr von der Standortinitiative „Deutschland – Land der Ideen“ und der Deutschen Bank unter der Schirmherrschaft des Bundespräsidenten prämiert werden. Anlässlich der Preisverleihung betonte Dietmar Amend: „Eine zentrale Herausforderung ist es, Energie effizient zu nutzen und dabei Umwelt und Ressourcen zu schonen. Die Leistungselektronik ist ein herausragendes Beispiel für den Forschergeist, die Kreativität und das Engagement, die in Deutschland zuhause sind.“

Die Ehrung als „Ausgewählter Ort 2010“ nahm das IISB zum Anlass, seine Arbeiten, die Bedeutung der Elektromobilität und unsere Stromversorgung der Zukunft mit einer Veranstaltung der Öffentlichkeit zu präsentieren. Gleichzeitig feierte das IISB mit seiner Jahrestagung das zehnjährige Bestehen des Geschäftsfeldes Leistungselektronik am Institut. In Fachvorträgen konnten sich

alle technisch Interessierten über die aktuelle Entwicklung auf den Gebieten Elektromobilität, elektrische Energieversorgung und intelligente Stromnetze informieren. In Vorführungen und Ausstellungen wurden leicht verständlich Elektro- und Hybridfahrzeuge präsentiert und das neu eingerichtete Testzentrum des IISB im Einsatz vorgeführt. Auch eine Probefahrt auf Elektromotorrädern war möglich. Interessierte Studenten konnten sich über mögliche Arbeiten und offene Themen im Bereich Elektromobilität und Leistungselektronik informieren.

Aus mehr als 2.200 eingereichten Bewerbungen überzeugte die Leistungselektronik-Forschung des IISB die unabhängige Jury und repräsentiert mit dieser zukunftsfähigen Idee Deutschland als das „Land der Ideen“: „Die ‚Ausgewählten Orte 2010‘ zeigen auf vielfältige Weise die Innovations- und Gestaltungskraft Deutschlands. Jeden Tag sehen wir, wie durch das enorme Potenzial, das hier in der Region steckt, das bundesweite Netzwerk an Ideen wächst“, begründete Dietmar Amend das Engagement der Deutschen Bank.

### DRIVE-E-Akademie: Die Besten für das Auto von morgen

Die meisten Experten sind sich einig: Wir fahren in Zukunft mit Strom. Um den Elektroantrieb für den Massenverkehr auch wirtschaftlich vertretbar zu machen, bedarf es aber noch erheblicher Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Deshalb haben das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) und die Fraunhofer-Gesellschaft gemeinsam ein bisher einzigartiges Projekt zur Nachwuchsförderung ins Leben gerufen: das DRIVE-E-Programm. Ziel des auf mehrere Jahre angelegten DRIVE-E-Programms ist die gezielte Nachwuchsförderung im Spitzenbereich.

Das DRIVE-E-Programm startete mit der ersten DRIVE-E-Akademie, die vom 8. bis 12. März 2010 in Erlangen stattfand. Das einwöchige Veranstaltungsprogramm der Akademie bot den studentischen Teilnehmern eine einmalige Möglichkeit, sich umfassend über die wichtigsten Forschungsthemen und Entwicklungen im Bereich der Elektromobilität zu informieren.

Die besondere Relevanz der DRIVE-E-Akademie wurde von den Studenten an den Hochschulen sehr schnell erkannt. Trotz der kurzen Ausschreibungsfrist hat sich eine große Anzahl Studierender aus ganz Deutschland für eine Teilnahme beworben. Von einer unabhängigen Jury wurden 60 besonders motivierte und qualifizierte Studentinnen und Studenten ausgewählt. Sie erwartete ab dem 8. März 2010 ein hochkarätiges und vielseitiges Veranstaltungsprogramm. Neben Vorträgen von international führenden Experten aus Forschung und Industrie erhielten die Teilnehmer in Praxisworkshops und Exkursionen auch die Möglichkeit, neueste Entwicklungen selbst zu erproben. Auch bereits erfolgreich umgesetzte Projekte wurden im Rahmen einer festlichen Abendveranstaltung am 11. März 2010 von zwei Pionieren der Elektromobilität vorgestellt.

1 Verleihung der Auszeichnung „Ausgewählter Ort 2010“ durch Dietmar Amend von der Deutschen Bank Nürnberg (Mitte), im Bild mit IISB-Abteilungsleiter Dr. Martin März (links) und Institutsleiter Prof. Lothar Frey.

2 Maximilian Hofmann (rechts), Mitarbeiter der Abteilung Leistungselektronische Systeme, erläutert Teilnehmern der DRIVE-E-Akademie 2010 ein am Fraunhofer IISB entwickeltes Konzept eines elektrischen PKW-Antriebs.



## Fortsetzung: Ausgewählte Meldungen

Die erste DRIVE-E-Akademie fand am Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen statt. Dieser Veranstaltungsstandort wurde nicht zufällig gewählt. Die Fraunhofer-Gesellschaft ist mit ihren Kompetenzen und Aktivitäten an vorderster Front bei der Forschung und Entwicklung für die Elektromobilität in Deutschland vertreten, nicht zuletzt auch im Rahmen des vom BMBF geförderten bundesweiten Verbundprojekts „Fraunhofer-Systemforschung Elektromobilität“. Das IISB ist ein leitender Partner in der „Fraunhofer-Systemforschung Elektromobilität“ und gehört international zu den treibenden Kräften im Bereich der leistungselektronischen Systeme für Elektro- und Hybridfahrzeuge. Dank seiner hervorragenden technischen Ausstattung verfügt das IISB über beste Voraussetzungen, um den Teilnehmern der Akademie einen beeindruckenden Ausblick in eine neue Epoche der Mobilität zu ermöglichen.

### Akkreditiertes Analytik-Labor für die Mikro- und Nanotechnologie am Fraunhofer IISB

Das Analytik-Labor für Mikro- und Nanotechnologie am Erlanger Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB wurde durch die Deutsche Gesellschaft für Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025:2005 akkreditiert. Das Prüflabor in Erlangen führt Tests im Bereich der physikalischen, physikalisch-chemischen und chemischen Analyse von Substraten, Medien und Materialien für die Mikro- und Nanotechnologie durch. Durch die Akkreditierung des Prüflabors demonstriert das Fraunhofer IISB seine Fachkompetenz und Vorreiterrolle im Bereich der Spuren- und Materialanalyse für die Mikro- und Nanoelektronik.

Am IISB werden Halbleiterprozesse charakterisiert und Proben von Halbleiterscheiben, Reinstchemikalien, Verbrauchsmaterialien oder Konstruktionswerkstoffen untersucht. Diese kommen in Schlüsselindustrien, wie z.B. der Chipindustrie, der Mikrosystemtechnik oder der Photovoltaik zum Einsatz. Weiterhin finden Ausrüster und Zulieferer für Hightech-Produktionsanlagen und messtechnische Überwachungseinrichtungen Unterstützung. Ein weiteres Spezialgebiet ist die Kontrolle von Umgebungsbedingungen und Kontaminationen in Reinräumen und so genannten „Minienvironments“. In all diesen Bereichen profitieren vor allem auch kleine und mittlere Unternehmen, die sich keine eigene Labor-Infrastruktur leisten können oder wollen.

Die Akkreditierung ist ein international anerkannter Nachweis der Kompetenz in Prüfmethodik, Messgeräteausstattung und Infrastruktur. Darüber hinaus garantiert sie Unparteilichkeit.

Neben der Kalibrierung von Messtechniken und der Validierung analytischer Methoden wird beispielsweise auch die vertrauliche Handhabung der Prüfergebnisse bestätigt. Ebenso wird die Zuverlässigkeit des Dokumentenmanagements bescheinigt. Eine Akkreditierung nach ISO 17025 geht über die Zertifizierung nach ISO 9001 hinaus. Sie bedeutet zusätzlich den Nachweis technischer Kompetenz. Die Akkreditierung garantiert die Rückführbarkeit der Analyseergebnisse auf SI-Einheiten und eine bekannte Messunsicherheit, wodurch die Vergleichbarkeit von Analyseergebnissen zwischen verschiedenen Laboren garantiert wird. Der Betrieb des Prüflabors nach den Richtlinien der ISO 17025 gewährleistet auch die fortlaufende Weiterentwicklung und Verbesserung der analytischen Methoden.

Akkreditierungen sind essenziell in qualitätsgetriebenen Industriezweigen, wie beispielsweise der Automobilherstellung, Mikroelektronik und Pharmaindustrie. Auch im jungen Bereich der Nanotechnologien gewinnt die Verfügbarkeit akkreditierter Labore zunehmend an Bedeutung. Durch die langjährige Erfahrung auf den Gebieten analytische Technik, Messtechnik und Kalibrierung empfiehlt sich das Fraunhofer IISB als Partner in der FuE für Universitäten, Forschungsinstitute und die Industrie auf internationaler Ebene. Teile der zugrunde liegenden Arbeiten wurden durch die Europäische Kommission durch den Vertrag RII3 026134 gefördert.

### „GMM-Award“ für Professor Heiner Rysel

Prof. Dr. Heiner Rysel, ehemaliger Leiter des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen und des Lehrstuhls für Elektronische Bauelemente an der Universität Erlangen-Nürnberg, hat den „GMM-Award“ der VDE/VDI-Fachgesellschaft für Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik (GMM) erhalten.

Der „GMM-Award“ ist die höchste Auszeichnung, die die GMM vergibt. Er wird alle drei Jahre an herausragende Persönlichkeiten aus dem Bereich der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik verliehen. Heiner Rysel erhielt die Auszeichnung für seine umfangreichen Verdienste und sein langjähriges Engagement für die GMM. Der Preisträger ist in verschiedenen Gremien der GMM aktiv. So ist er beispielsweise Mitglied des Beirats der GMM und leitet den GMM-Fachbereich 1 „Mikro- und Nanoelektronik – Herstellung“. Die Verleihung des „GMM-Awards“ fand am 28. September 2010 anlässlich des VDE/ZVEI-Symposiums Mikroelektronik in Berlin statt.

Prof. Dr.-Ing. Heiner Rysel (\*1941) ist seit fast vier Jahrzehnten einer der Pioniere und führenden Experten auf dem Gebiet der Halbleitertechnologie in Deutschland. Nach seinem Studium der Elektrotechnik und der Promotion an der TU München arbeitete er bis zu seiner Habilitation am Fraunhofer-Institut für Festkörpertechnologie in München. 1985 wurde er als Inhaber des Lehrstuhls für Elektronische Bauelemente (LEB) an die Universität Erlangen-Nürnberg berufen.

1 Prof. Heiner Rysel, von 1985 - 2008 Leiter des Fraunhofer IISB, mit dem GMM-Award der VDE/VDI-Fachgesellschaft für Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik.



## Fortsetzung: Ausgewählte Meldungen

Im gleichen Jahr wurde er Leiter des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen. Beide Einrichtungen leisten mit heute insgesamt rund 200 Mitarbeitern von den Grundlagen bis zur angewandten Forschung weltweit anerkannte und vielfach ausgezeichnete Arbeiten in vielen Bereichen der Mikro- / Nano- und Leistungselektronik. Ebenso hervorzuheben ist Heiner Ryssels großes Engagement in der Lehre, das neben äußerst vielfältigen Lehrveranstaltungen an der Universität auch Vorlesungen der Virtuellen Hochschule Bayern und eine maßgebliche Rolle bei der Modernisierung des Studiengangs „Elektrotechnik – Elektronik – Informationstechnik“ sowie bei der Einführung des Studiengangs Mechatronik in Erlangen umfasst. Seit 1. Oktober 2008 befindet sich Prof. Ryssel im Ruhestand, steht IISB und LEB aber weiterhin beratend zur Seite.

### Perfektes Silicium als Photovoltaik-Grundmaterial

Der „SolarWorld Junior Einstein-Award 2010“ ging an Dr. Christian Reimann vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen. Der Mineraloge entwickelte ein Verfahren zur Erhöhung der Materialqualität gerichtet erstarrter Siliciumblöcke – dem Grundmaterial für die Photovoltaik. Dadurch kann der Wirkungsgrad von Solarzellen erhöht und somit die Kosten für Solarstrom gesenkt werden.

Der „SolarWorld Junior Einstein-Award“ wird seit 2006 an Nachwuchswissenschaftler verliehen, die in ihrer Abschlussarbeit zur Photovoltaik oder in angrenzenden Gebieten herausragende Leistungen gezeigt haben. Christian Reimann erhielt den Preis für seine Dissertation „Einbau von O, N und C bei der gerichteten Erstarrung von multikristallinen Siliciumblöcken für die Photovoltaik“.

Die Erzeugung von Photovoltaikstrom erfolgt heutzutage zum Großteil mittels Siliciumsolarzellen. Für deren Fertigung werden Siliciumscheiben („Wafer“) benötigt, die eine möglichst hohe Materialqualität aufweisen, aber in der Herstellung möglichst kostengünstig sind. Einen guten Kompromiss aus diesen Anforderungen stellen multikristalline Siliciumkristalle dar, die aus der Siliciumschmelze durch das Prinzip der gerichteten Erstarrung gezüchtet werden. Die Qualität der aus den Kristallen gesägten Siliciumwafer wird in großem Maße durch die während der Kristallisation und Abkühlung auftretenden Wärme- und Stofftransportprozesse beeinflusst.

Durch die Wechselwirkung des Siliciumrohstoffs bzw. der Siliciumschmelze mit dem eingesetzten Tiegelmaterial, der Tiegelbeschichtung und der umgebenden Gasatmosphäre können bei der Herstellung des Siliciumkristalls Materialfehler in Form von so genannten Ausscheidungen von Materialien wie Siliciumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ), Siliciumnitrid ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) und Siliciumcarbid ( $\text{SiC}$ ) entstehen. Diese können sich problematisch beim anschließenden Sägeprozess auswirken, unerwünschte elektrische Aktivität zeigen sowie zur Ausbildung von Kurzschlussströmen führen und damit die Eigenschaften der Solarzellen verschlechtern. Daher ist es äußerst wichtig, den Gehalt an Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenstoff zu reduzieren bzw. zu kontrollieren und die mit diesen Elementen verbundene Ausscheidungsbildung zu vermeiden.

Christian Reimann untersuchte dazu den Einfluss der Erstarrungsgeschwindigkeit und einer speziell entwickelten Gasspüleinheit auf die Materialqualität der Siliciumblöcke. Zudem variierte er die eingesetzten Medien und Materialien (Rohstoff, Tiegelbeschichtung, Spülgasreinheit, Material der Gasspüleinheit) und untersuchte den Einbau der Fremdstoffe und die damit verbundene Entstehung von Ausscheidungen in der Siliciumschmelze. In seiner Arbeit wies Christian Reimann nach, dass durch eine gezielt eingesetzte Gasspülung an der Oberfläche der Siliciumschmelze eine Durchmischung derselben erzielt werden kann. Dies wiederum führt dazu, dass trotz hoher Fremdstoffkonzentrationen Siliciumkristalle ohne Ausscheidungen hergestellt werden können.

„Dieses Ergebnis ist für die industrielle Kristallisation so innovativ und Erfolg versprechend, dass es zu einer Patentanmeldung geführt hat“, erklärt Prof. Dr. Georg Müller, der die Promotionsarbeit betreute. Auch habe Christian Reimann ein Simulationsmodell erstellt, mit dem die experimentell untersuchten Parametervarianten simuliert werden können und das sich beim Vergleich mit den experimentellen Ergebnissen als tragfähig erwies.

Im Jahr 2010 durfte die Jury des SolarWorld Junior Einstein-Awards wieder zahlreiche exzellente Arbeiten aus allen Bereichen der Solarenergieforschung begutachten. „Herr Reimann wurde als Gewinner nominiert, da er in seiner Arbeit die Entstehung von Ausscheidungen sehr gut erklären kann, dies zu der Beseitigung des für die Industrie bedeutenden Phänomens führt und er hierbei sehr systematisch vorgegangen ist. Herr Reimann ist ein herausragender Wissenschaftler im Bereich der Solarenergieforschung“, begründete die Jury ihre Entscheidung.

Christian Reimann studierte an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz und an der Universität zu Köln Mineralogie und arbeitet seit 2005 am Fraunhofer IISB. Der SolarWorld Junior Einstein-Award wurde ihm anlässlich der „25th European Photovoltaic Solar Energy Conference“ in Valencia verliehen.

1 Dr. Christian Reimann mit einer Versuchsanlage zur Kristallisation von Solarsilicium in seinem Labor am Fraunhofer IISB.



## Fortsetzung: Ausgewählte Meldungen

### Mit Werkstoff-Know-how zum preisgekrönten Studienabschluss

Für seine am Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen angefertigte Diplomarbeit über Charakterisierungsmethoden für das Halbleitermaterial Siliciumcarbid – dem idealen Werkstoff für die Leistungselektronik – wurde Herr Dipl.-Ing. Sebastian Polster mit dem 2. Hugo-Geiger-Preis 2010 ausgezeichnet.

Der mit insgesamt 10.000 Euro dotierte Hugo-Geiger-Preis wird jährlich vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie im Rahmen der wissenschaftlichen Nachwuchsförderung vergeben. Mit dem Preis werden hervorragende Diplom- oder Masterarbeiten gewürdigt, die an einem Fraunhofer-Institut entstanden sind. In seiner Diplomarbeit „Strukturelle Defektcharakterisierung von 4H-SiC-Substraten und -Epitaxieschichten mittels Röntgentopographie und Röntgendiffraktometrie“ konnte Sebastian Polster wesentliche Fortschritte bei der Beurteilung von Unregelmäßigkeiten in der Struktur von Siliciumcarbidkristallen erzielen. Diese Leistung wurde mit einem Preisgeld von 3.000 Euro honoriert. Die Forschungsergebnisse werden bereits in der Industrie bei der Produktion verbesserter Siliciumcarbid-Substrate genutzt.

Elektronische Bauelemente aus Siliciumcarbid (SiC) bieten im Bereich der Steuerung und Umformung elektrischer Energie ein enormes Potenzial zur Energieeinsparung. SiC ist ein Halbleitermaterial, dessen physikalische Eigenschaften für diesen Anwendungsbereich denen des konventionellen Siliciums überlegen sind. Mit Bauelementen aus Siliciumcarbid können extrem wirkungsgradstarke Leistungswandler realisiert werden, wie sie z.B. in Elektrofahrzeugen oder für die Netzeinspeisung von Wind- und Solarenergie gebraucht werden. Bauelemente aus Siliciumcarbid arbeiten darüber hinaus auch bei hohen Temperaturen zuverlässig. Obwohl bereits erste Bauteile aus SiC kommerziell verfügbar sind, ist die Qualität der für die Herstellung benötigten Kristalle für komplexere elektronische Bauelemente nicht ausreichend. Materialfehler im Kristallgitter, im Wesentlichen so genannte Versetzungen, bereiten hier große Probleme, da sie die späteren elektrischen Eigenschaften der Bauelemente nachteilig beeinflussen.

In seiner Diplomarbeit beschäftigte sich Sebastian Polster am Fraunhofer IISB in Erlangen speziell mit den Methoden zum Nachweis und zur Bestimmung der Art und der Anzahl von Versetzungen im Siliciumcarbid. Die bislang etablierte Methode zur Quantifizierung von Versetzungstypen,

das Ätzen in geschmolzenem Kaliumhydroxid, erwies sich unter bestimmten Bedingungen als unsicher. Mithilfe einer direkten Nachweismethode – der Synchrotron-Röntgentopographie – konnte Sebastian Polster an der Synchrotron-Strahlenquelle ANKA (Ångströmquelle Karlsruhe am Karlsruhe Institute of Technology KIT) den Versetzungshaushalt in SiC-Kristallen genau bestimmen. Durch einen Vergleich mit den konventionellen Ätzbildern ließen sich dann die bislang bestehenden Unsicherheiten bei der Interpretation der Versetzungstypen mittels der Ätzmethode ausräumen. Mit seinen Forschungen hat Sebastian Polster einen wichtigen Beitrag geleistet, die Materialeigenschaften von Siliciumcarbid weiter zu verbessern und neue Anwendungsgebiete in der Leistungselektronik zu erschließen.

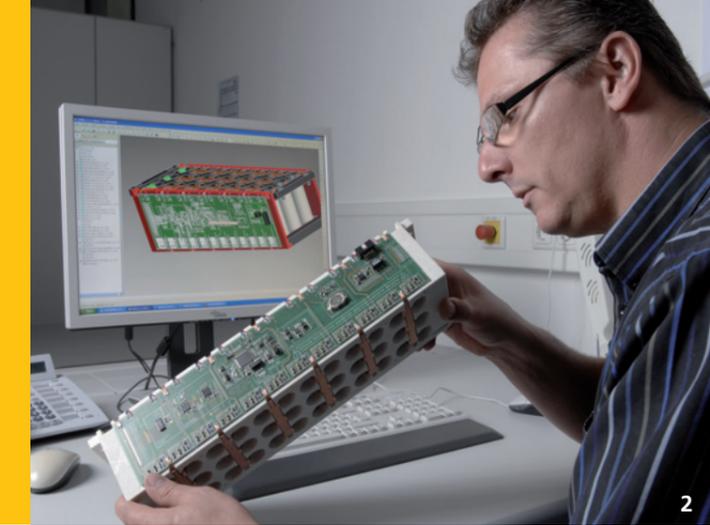
1 *Materialforschung für effizientere Leistungselektronik: Dipl.-Ing. Sebastian Polster bei der Untersuchung von Siliciumcarbid-Substraten im Kristallzüchtungslabor am Fraunhofer IISB in Erlangen.*

### Durch Ausbildungskooperation zum Erfolg – Prüfungsbester Mikrotechnologe Bayerns hat an der Universität Erlangen-Nürnberg und am Fraunhofer IISB gelernt

Jonas Strobelt, Mitarbeiter am Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente (LEB) der Universität Erlangen-Nürnberg, wurde als Prüfungsbester 2010 in Bayern als „Bayerischer Meister“ im Ausbildungsberuf „Mikrotechnologe/Mikrotechnologin“ geehrt. Der Präsident der Industrie- und Handelskammer Nürnberg für Mittelfranken, Dirk von Vopelius, zeichnete persönlich die besten Absolventen der Ausbildungsabschlussprüfungen 2010 mit der begehrten Urkunde aus. Eine Feierstunde an der IHK Akademie Mittelfranken in Nürnberg mit anschließendem Empfang für die Auszubildenden und ihre Ausbilder gab am 29. Oktober 2010 den festlichen Rahmen.

Jonas Strobelt arbeitet auch nach dem Abschluss seiner Ausbildung als Mikrotechnologe am LEB. Nach einer längeren Auslandsreise nach Asien plant er, zum Wintersemester 2011/12 ein Studium im Studiengang „Nanotechnologie“ an der Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg zu beginnen.

Seit 1999 – bereits ein Jahr nach Einführung des Berufsbildes – sind der Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente und das Fraunhofer IISB in Erlangen in engem Austausch in der Ausbildung zum Mikrotechnologen aktiv engagiert. Der Beruf des Mikrotechnologen stellt in der Halbleiterindustrie das Bindeglied zwischen einem reinen „Operator“ und einem Prozessingenieur dar. Die technisch anspruchsvolle Tätigkeit erfordert solides Fachwissen und hohe Flexibilität. Mit vielfältigen Einsatzmöglichkeiten, wie z.B. in der Produktion von Computerchips, Leistungselektronik, Sensoren oder Leuchtdioden, sind die Zukunftsperspektiven der Absolventen ausgezeichnet. Während der dreijährigen Ausbildungszeit entwickeln sich die Auszubildenden zu Spezialisten für Geräte, Prozessschritte, Materialien und Nanotechnologien für die Herstellung und Entwicklung elektronischer Bauelemente und integrierter Schaltungen. Der Anteil weiblicher Azubis am LEB und IISB beträgt dabei im Mittel 50%.



## Fortsetzung: Ausgewählte Meldungen

Durch ein Kooperationsabkommen zwischen Universität und IISB wurde die gemeinsame Ausbildung im Jahre 2004 auf eine formale Basis gestellt, wodurch zudem die Anzahl der verfügbaren Ausbildungsplätze erhöht werden konnte. Die Auszubildenden können dementsprechend auf eine einzigartige – von IISB und LEB gemeinsam betriebene – technologische Infrastruktur sowie breite personelle Kompetenz zurückgreifen. Aus dem Erfolgsmodell der engen Kooperation zwischen Universität und Fraunhofer ergeben sich zahlreiche Synergien, die sich mit schöner Regelmäßigkeit auch in hervorragenden Ausbildungsabschlüssen der Erlanger Mikrotechnologen widerspiegeln.

### Intelligente Batterien auf der Überholspur – Fraunhofer baut Elektromobilitätsforschung in der Metropolregion Nürnberg aus

Mit der Schaffung einer neuen Arbeitsgruppe baute das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen und Nürnberg seine Forschungskapazität im Bereich elektrischer Energiespeichersysteme aus.

Keine andere Komponente wird in künftigen Elektrofahrzeugen mehr Wertschöpfungsanteil auf sich vereinen als die Batterie. An diese werden höchste Anforderungen in Bezug auf Sicherheit, Lebensdauer und Kosten gestellt. Im Fokus der Forscher am IISB steht der Schritt von der Einzelzelle zu fahrzeugtauglichen Speichersystemen.

Bereits heute spielt das IISB auf diesem Gebiet in der „Champions League“. Im europaweit größten Forschungsprojekt zur Weiterentwicklung von Elektrofahrzeugen, „E3Car“ (Nanoelectronics for an Energy-Efficient Electrical Car), arbeitet das IISB in einem Verbund aus 33 Unternehmen der Automobilbranche und Forschungseinrichtungen aus insgesamt elf Staaten daran, Fahrzeuge mit elektrischem Antrieb um etwa 35 Prozent effizienter zu machen. Das IISB entwickelt dabei Elektronik, die jede einzelne der bis zu mehreren hundert Zellen einer Fahrzeugbatterie überwacht, ihre Ladezustände angleicht und für maximale Sicherheit und Lebensdauer sorgt. Die Ergebnisse des „E3Car“-Projektes sollen dazu beitragen, Europa zum weltweit führenden Standort für die Entwicklung und Produktion von Elektrofahrzeugen zu machen. Das Gesamtbudget für das „E3Car“-Projekt beläuft sich auf rund 44 Millionen Euro, die im Rahmen der Joint Technology-Initiative „ENIAC“ zur einen Hälfte von der EU und den beteiligten Staaten und zur

anderen Hälfte von den Industriepartnern getragen werden. Einer der größten Geldgeber ist das deutsche Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF).

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Umwelt (BMU) geförderten Forschungsprojekts „Flottenversuch Elektromobilität“ arbeitet das IISB mit VW und weiteren Fraunhofer-Instituten, darunter auch das IIS aus Erlangen/Nürnberg, an neuen Batteriesystemlösungen für Plug-in-Hybridfahrzeuge.

In Kooperation mit dem Europäischen Zentrum für Leistungselektronik (ECPE) entwickelt das IISB intelligente Ladegeräte, die neben dem Laden der Fahrzeugbatterie aus dem öffentlichen Stromnetz auch eine Rückspeisung von Energie in das Netz ermöglichen und am Fahrzeug eine voll belastbare 230 V-Netzsteckdose zur Verfügung stellen. Damit können alle aus dem Haushalt bekannten Geräte, vom Staubsauger über Heimwerkerwerkzeuge bis hin zum Elektrogrill, netz-unabhängig am Auto betrieben werden.

Bereits heute betreibt das Fraunhofer IISB am Hauptsitz in Erlangen eine Solartankstelle. Weitere Tankstellen an den Fraunhofer-Standorten in der Metropolregion sind in Kooperation mit dem Fraunhofer IIS in Planung. Die Tankstellen stehen nicht nur den bereits im Einsatz befindlichen Elektro- und Hybrid-Dienstwagen zur Verfügung, sondern allen Besuchern des IISB.

Das IISB stellte auf der Tagung „Kraftwerk Batterie – Lösungen für Automobil und Energieversorgung“ am 1. und 2. Februar 2010 in Mainz ein neuartiges intelligentes Energiespeichersystem für Hybrid- bzw. Elektrofahrzeuge vor. Dieses beinhaltet – abgesehen von der Antriebselektronik – die gesamte für derartige Fahrzeuge benötigte Leistungs- und Steuerungselektronik und ist damit ein weiterer Meilenstein in Richtung Systemintegration, d.h. weniger Bauraumbedarf, niedrigere Kosten und höhere Funktionalität.

Die bisher im Institut verteilten Aktivitäten zu elektrischen Energiespeichersystemen wurden in der neuen Arbeitsgruppe, die am 1. Februar 2010 unter der Leitung von Dr. Vincent Lorentz ihre Arbeit aufnahm, gebündelt. Das Kompetenzspektrum rund um den elektrischen Antriebsstrang wurde damit erweitert und der weitere Ausbau der Elektromobilitätsforschung in der Metropolregion Nürnberg vorangetrieben.

### Deutsch-Französische Forschungskooperation – Intelligente Elektronik für die Nutzung erneuerbarer Energien

Eine neue und bislang einzigartige binationale Kooperation wurde zwischen dem französischen „Commissariat à l’Energie Atomique – Laboratoire d’Electronique et des Technologies de

1 *IHK-Präsident Dirk von Vopelius überreicht Jonas Strobel die Anerkennungsurkunde „Bayerischer Landesbester im Ausbildungsberuf Mikrotechnologie“.*

2 *Entwicklung von Batteriemodulen für Hybridfahrzeuge am Fraunhofer IISB.*



1



2

## Fortsetzung: Ausgewählte Meldungen

l'Information" (CEA-LETI) in Grenoble und dem IISB in Erlangen initiiert. Sie wird mit dem Austausch von Wissenschaftlern die Forschung im Bereich der effizienten Nutzung von regenerativen Energien auf europäischer Ebene voranbringen.

Kern der jüngst unterzeichneten Vereinbarung ist die von beiden Seiten finanzierte und zusammen mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente der Universität Erlangen-Nürnberg betreute Promotionsarbeit von Markus Niedermeier. Er wird die nächsten Jahre zur Hälfte in Erlangen und zur Hälfte im französischen Grenoble verbringen und im Wechsel an den beiden wissenschaftlichen Einrichtungen arbeiten. Ziel ist auch der Austausch weiterer Wissenschaftler und die gemeinsame Anbahnung zukünftiger Forschungsprojekte.

In seiner Arbeit mit dem Titel „Distributed Power Conversion in Smart Photovoltaic Solar Panels“ wird Markus Niedermeier mit seinen Kollegen in Erlangen und Grenoble neue System-architekturen für Solaranlagen realisieren. Damit verbunden ist ein intelligentes Energiemanagement, das die Kommunikation der einzelnen Solarmodule untereinander beinhaltet. Alle Systembestandteile werden dabei in einem integrierten Schaltkreis abgebildet. Mit den neuen Ansätzen wird eine deutliche Erhöhung der Flexibilität, der Effizienz sowie der Zuverlässigkeit und Robustheit von photovoltaischen Anlagen erreicht. Durch die Einbindung eines elektrischen Energiespeichers, z.B. eines aufladbaren Batteriesystems im Keller eines Hauses, soll es zudem ermöglicht werden, die Solarenergie auch über einen längeren Zeitraum zu speichern.

Die internationale Zusammenarbeit in der Forschung gewinnt immer mehr an Bedeutung. Kooperationsmodelle wie die Promotionsarbeit von Markus Niedermeier tragen dazu bei, gemeinsame Probleme wie die Energieversorgung der Zukunft zusammen zu lösen. Die Partnerschaft der beiden Forschungsinstitute könnte als Vorbild für zukünftige europäische Verbundforschung dienen.

### Der Förderkreis für die Mikroelektronik e.V. verleiht zum 10. Mal den „Jugendpreis Mikroelektronik“

Gymnasiasten und Fachoberschüler aus ganz Bayern waren aufgerufen, Arbeiten zu Themen der Mikroelektronik einzureichen. Die Jury wählte drei Gewinner aus: Maximilian Gaukler (Albert-

Schweitzer-Gymnasium Erlangen), Jan Preuß (Pestalozzi-Gymnasium München) und Benjamin Hanrieder (Feodor-Lynen-Gymnasium Planegg). Im Rahmen einer Feierstunde am 22. Juni am Fraunhofer IISB zeichnete der Vorsitzende des Förderkreises, Dr. Dietrich Ernst, die Gewinner mit dem „Jugendpreis Mikroelektronik“ aus.

1 *Preisträger Dr. Simon Lukas (rechts) bei der Preisverleihung durch IISB-Institutsleiter Prof. Lothar Frey.*

### EVI-Treffen in Erlangen

Vom 24. bis 26. Juni 2010 waren die Erlanger Fraunhofer-Institute IIS und IISB Gastgeber für das 8. Jahrestreffen der Ehemaligen Vorstände und Institutsleiter der Fraunhofer-Gesellschaft (Fraunhofer EVI).

2 *Dr. Bernd Eckardt vom IISB (links) erläutert Teilnehmern des EVI-Treffens Messtechnik für die Leistungselektronik.*

Die auf private Initiative geschaffene Plattform ermöglicht den ausgeschiedenen Führungspersonen, in einem Netzwerk auf Dauer die Verbindung zur Fraunhofer-Gesellschaft aufrecht zu erhalten und ihre langjährige Erfahrung bei der Förderung der angewandten Forschung einzubringen. So erfahren die Teilnehmer der Jahrestreffen nicht nur etwas über die Aktivitäten der gastgebenden Institute, sie werden auch jedes Mal von einem amtierenden Vorstandsmitglied über die aktuellen Entwicklungen bei Fraunhofer informiert.

Am IISB konnten sich die ehemaligen Institutsleiter und Vorstände unter anderem bei Führungen von der Leistungsfähigkeit des neuen IISB-Testzentrums für Elektrofahrzeuge überzeugen und den Hybrid-Audi TT des Instituts Probe fahren. Das seit Gründung der Plattform von Vorstand a.D. Dr. Hans-Ulrich Wiese koordinierte Veranstaltungsprogramm beinhaltete auch in diesem Jahr nicht nur wissenschaftliche Programmpunkte, sondern auch die kulturellen, kulinarischen und landschaftlichen Vorzüge der Region. So gab es Ausflüge in die Altstadt von Nürnberg, in das Germanische Nationalmuseum und in die Fränkische Schweiz.

### Forschungs- und Entwicklungspreise des Fraunhofer IISB

Am 16. Dezember 2010 wurden erstmalig die Forschungs- und Entwicklungspreise des Fraunhofer IISB verliehen. Diese Auszeichnungen werden vom Direktorium des Instituts an Mitarbeiter vergeben, die sich mit herausragenden Arbeiten um den Erfolg und die Weiterentwicklung des IISB verdient gemacht haben. Preisträger 2010 waren Dr. Simon Lukas für die Entwicklung eines Verfahrens zur selbstkonservierenden Oberflächenmodifikation von Nanopartikeln sowie das „Team Hybrid-TT“, bestehend aus Müsfik Akdere, Dr. Bernd Eckardt, Maximilian Hofmann, Marianna Nomann, Marcus Grieneisen Pivatto, Hubert Rauh und Arno Schneiderhan für die Entwicklung und erfolgreiche Fahrerprobung eines hybridisierten Audi TT.

# PROFILE OF THE INSTITUTE

## Brief Portrait

The Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology (IISB), founded in 1985, conducts applied research and development in the fields of micro- and nanoelectronics, power electronics, and mechatronics. With its technology, device, and material development, its activities in the field of simulation as well as its works on power electronic systems for energy efficiency and hybrid and electric vehicles, the institute enjoys international attention and recognition.

The headquarters of the IISB is located in Erlangen. Branches of the institute are located in Nuremberg with the Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics (ZKLM) and in Freiberg with the Technology Center Semiconductor Materials (THM). The IISB employs about 170 employees. It is one of 60 institutes of the Fraunhofer Gesellschaft and does contract research for industry or public institutions. The institute works closely together with the University of Erlangen-Nuremberg.

### Scientific Profile

The research and development activities of the Fraunhofer IISB can be summarized in the guiding principles of the institute:

- nanotechnology for electronics
- and
- electronics for sustainable energy use

The following topics are dealt with very comprehensively in five departments:

- nanoelectronics
- materials for electronics
- energyefficient power electronics
- electric mobility

1 Building of the Fraunhofer IISB with cleanroom; behind: cleanroom laboratory and building of the Chair of Electron Devices of the University of Erlangen-Nuremberg.



# PROFILE OF THE INSTITUTE

## Organization and Fields of Activity

The projects and subjects of the Fraunhofer IISB in micro- and nanoelectronics, power electronics, electric mobility, and materials research are dealt with interdivisionally in five special departments:

### Technology

Here, the new semiconductor technological materials, devices, processes, and methods for producing CMOS (CLSI, ULSI), nanoelectronics, and power electronics are developed. Therefore, complete process lines for silicon and silicon carbide are available. In particular, the activities and competences include, inter alia, surface and thin-film technology for new materials, processes for thin dielectric and metallic layers, ion implantation, circuit modifications and IC repair, nanostructuring, particle electronics, metrology and analytics as well as the development of passive devices.

### Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods

The focus is put on the development and improvement of new manufacturing equipment and the corresponding methods and processes as well as their implementation in industrial production. Great importance is attached to issues of yield and throughput optimization, process compatibility, contamination, safety, environmentally friendly production, and optimization of resources. Process automation, pre-qualification of equipment, analytics in the IISB analytical laboratory (accredited according to ISO 17025) for micro- and nanotechnology as well as integrated and virtual metrology are possible fields of application.

### Technology Simulation

Here, physical models and powerful simulation programs for the optimization of individual processes and process sequences in semiconductor technology are developed and transferred to application. Furthermore, the development of processes, components, and circuits is supported by simulation. Special competence exists in the field of mask design and device development by predictive lithography simulation. Special emphasis is placed on the combination of electric, thermal, and mechanic simulations.

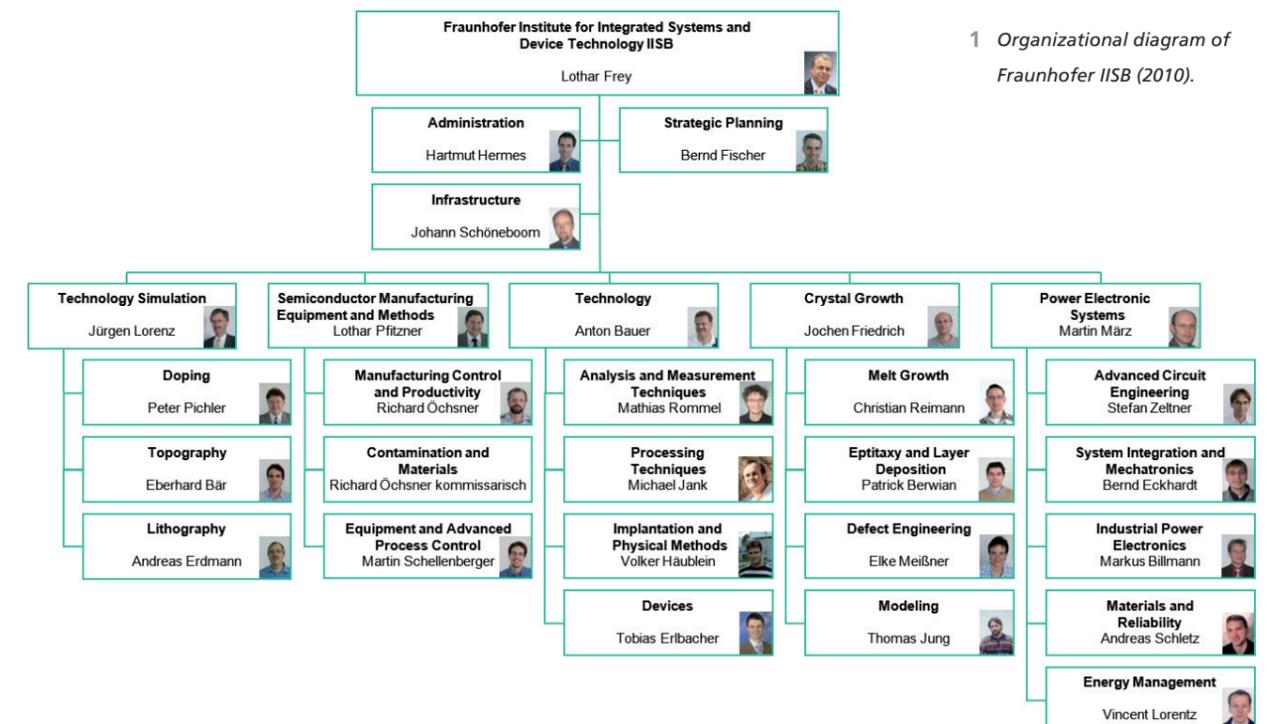
### Crystal Growth

The aim is to identify the correlation between the properties of crystals and their growth conditions in order to optimize the industrial process development. For this, experimental and

theoretical analyses, metrology, and numerical modelling with software tools specially developed by IISB, represent a strategic alliance. The focus is put on the production of crystal material and crystalline layers for microelectronics, photovoltaics as well as for optical applications including detector and laser materials.

### Power Electronic Systems

The spectrum of the Power Electronic Systems department ranges from the development of new materials reliability testing and error analyses, questions related to circuits and control, packaging and cooling technology, EMC, energy management to the realization of complete system solutions for automotive engineering as well as power, systems and automation engineering. The focus is put on the field of mechatronic system integration, i.e. the integration of power electronics, microelectronics, sensors, and mechanics, electric power converters as well as on technologies for the increase of efficiency and power density in industrial fields of application like electric mobility, power engineering, and network technology.



1 Organizational diagram of Fraunhofer IISB (2010).

# PROFILE OF THE INSTITUTE

## Fraunhofer IISB in Erlangen

The headquarters of the Fraunhofer IISB is located in Erlangen, right next to the southern section of the University of Erlangen-Nuremberg. The IISB is provided with about 5000 m<sup>2</sup> of research and development facilities for micro- and nanotechnology, power electronics, and crystal growth. In addition, about 1500 m<sup>2</sup> high-class cleanroom area are available, which are partly operated together with the University of Erlangen-Nuremberg. With an area of additional 1600 m<sup>2</sup>, an extension building, which will be used mainly for power electronics, will be completed by the end of 2011. In summer 2010, the new IISB Test Center for Electric Vehicles was inaugurated.

### Test Center for Electric Vehicles

Electric vehicles make completely new demands on measurement and test engineering. The Test Center offers a unique infrastructure, customized for these requirements. Single components up to complete vehicles can be measured and optimized. The Test Center includes testbenches for electric drives, energy storage devices, electrical- and thermal reliability, and electromagnetic compatibility. Core element is a temperature-controllable roller-type test stand. This test stand can be used to test entire vehicles e.g. with regard to their range under extreme ambient conditions.

### Cleanroom Laboratories

Fraunhofer IISB provides about 500 m<sup>2</sup> of own cleanroom area and operates the big cleanroom hall of the University (1000 m<sup>2</sup>) together with the Chair of Electron Devices. Here, research is done on components, processes, materials, device development, and metrology for semiconductor technology on silicon, silicon carbide, and nano particles.

### Address und Contact

Fraunhofer IISB, Schottkystraße 10, 91058 Erlangen, Germany  
Prof. Dr. Lothar Frey,  
Phone: +49 (0) 9131 761-0, Fax -390, info@iisb.fraunhofer.de  
www.iisb.fraunhofer.de



1 Test Center for Electric Vehicles.

# PROFILE OF THE INSTITUTE

## Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics ZKLM

The “Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics ZKLM” is a branch-lab of the Fraunhofer-IISB located in the “Energy Technology Center” (German abbr.: etz) in Nuremberg. The ZKLM is part of the “Power Electronics System” department.

In the focus of the research and development work at the ZKLM are power electronic system components for next generation transport operators like two-wheelers, cars, buses, trucks, and airplanes.

New technical solutions for electric mobility are developed based on innovations in the field of power electronics, particularly for all kind of electrical drives, on-board electrical energy management, vehicle-to-grid systems, and electrical energy storages.

About 680 m<sup>2</sup> office and laboratory area including a “electric vehicle manufactory” are available for the meanwhile more than 20 engineers and technicians. Besides to test vehicles, the ZKLM uses a proprietary hybrid development platform based on an Audi TT. The engineers use these vehicles for the demonstration, prooftesting, and optimization of system components.

Since 2007 the ZKLM is also domicile of the “Materials and Reliability” and “Industrial Power Electronics” groups. The first one is working on new materials as well as on reliability, lifetime, and robustness issues of power electronic systems in the context of individual application requirements and mission profiles. The group “Industrial Power Electronics” develops components for the power engineering (mega watt power electronic).

### Contact

Fraunhofer-IISB (ZKLM), Landgrabenstrasse 94, 90443 Nuremberg, Germany

Dr.-Ing. Martin März

Phone: +49 (0) 911 235 68-10

Fax: +49 (0) 911 235 68-12

zklm@iisb.fraunhofer.de

www.zklm.iisb.fraunhofer.de



1 Employees of the ZKLM (Center for Automotive Electronics and Mechatronics) in Nuremberg with hybrid and electric vehicles.

# PROFILE OF THE INSTITUTE

## Technology Center Semiconductor Materials THM

The subsidiary of IISB in Freiberg, the Fraunhofer Technology Center of Semiconductor Materials (THM) is organized as a common department between the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology (IISB), Erlangen and the Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems (ISE), Freiburg.

THM supports industry in their developments of technologies for the production of innovative semiconductors to be used in micro- and optoelectronic as well as in photovoltaic.

The focal areas of research, which are investigated by THM in close collaboration with the Technical University Bergakademie Freiberg, are the production of semiconductor substrates at reduced costs, the improvement of the material quality of crystalline silicon, and III-V compound semiconductors as well as the production of new materials.

### Contact

Technology Center Semiconductor Materials, Am St.-Niclas-Schacht 13,  
09599 Freiberg, Germany

Dr. Jochen Friedrich

Phone: +49 (0) 3731 2033-100

Fax: +49 (0) 3731 2033-199

jochen.friedrich@thm.fraunhofer.de

www.thm.fraunhofer.de

<sup>1</sup> Domicile of the Fraunhofer  
THM (Technology Center for  
Semiconductor Materials) in  
Freiberg, Saxony.



## Cooperation with the Chair of Electron Devices

IISB and the Chair of Electron Devices (German abbreviation: LEB) of the University of Erlangen-Nuremberg are both headed by Prof. Lothar Frey. Within the framework of a cooperation agreement, the two institutions not only jointly operate the University's cleanroom hall and other laboratories, but also work closely together with regard to teaching and research.

The cooperation of the Chair of Electron Devices and the Fraunhofer institute allows to cover the entire chain of topics from basic research to the transfer to industry, e.g. in the fields of new dielectrics, metal gates, silicon carbide, and printable electronics. For many years, the vocational training as a "microtechnologist" has been offered jointly by IISB and the Chair of Electron Devices (LEB). Employees of IISB assist in courses and internships at the University.

Thus, the following employees of Fraunhofer IISB regularly give lectures at the University of Erlangen-Nuremberg:

**Priv.-Doz. Dr. Peter Pichler**

Reliability and Failure Analysis of Integrated Circuits

**Dr. Jürgen Lorenz**

Process and Device Simulation

**Prof. Dr. Lothar Pfitzner**

Semiconductor Equipment Technics

**Dr. Martin März**

Automotive Electronics - Power Electronics

**Dr. Andreas Erdmann**

Optical Lithography: Technology, Physical Effects and Modelling

**Dr. Michael Jank**

Nanoelectronics, Introduction to Printable Electronics

1 Chair of Electron Devices of the University of Erlangen-Nuremberg: main building and cleanroom laboratory.



## Advisory Board (2010)

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)

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

**Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger**  
retired, former president of the University of Erlangen-Nuremberg,  
former managing director of the Bavarian Research Foundation

**Prof. Dr. Reinhard German**  
Dean of the Faculty of Engineering Sciences of the University of Erlangen-Nuremberg

**Prof. Dr. Johannes Huber**  
Chair of Information Transmission. of the University of Erlangen-Nuremberg

**RD Dr. Ulrich Katenkamp**  
Federal Ministry of Education and Research  
Department 523 Electronics Systems, Elektromobility

**Markus Löttsch**  
Chief Executive of IHK Nuremberg for Central Franconia

**MR Dr. Georg Ried**  
Bavarian Ministry of Economic Affairs, Infrastructure, Transport and Technology  
Department VIII/3 Cluster, Fraunhofer-Gesellschaft

**Dr. Martin Schrems**  
austriamicrosystems AG

**Dr. Karl-Heinz Stegemann**  
Signet Solar GmbH Dresden

**Dr. Thomas Stockmeier**  
SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG

## Contact Informations

**Director**  
Prof. Lothar Frey  
Phone: +49 (0) 9131 761-100  
Fax: +49 (0) 9131 761-102  
info@iisb.fraunhofer.de

**Public Relations**  
Dr. Bernd Fischer  
Phone: +49 (0) 9131 761-106  
Fax: +49 (0) 9131 761-102  
bernd.fischer@iisb.fraunhofer.de

**Administration**  
Hartmut Hermes  
Phone: +49 (0) 9131 761-305  
Fax: +49 (0) 9131 761-304  
hartmut.hermes@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**  
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

## Institute-Specific Offers for Contract Research

According to the Fraunhofer model, Fraunhofer IISB finances itself mostly with third-party funds and does applied contract research and development in close cooperation with its partners as contractual partner of industry and public funding authorities. With its activities in micro- and nanotechnology as well as power electronics, the institute offers a wide range of competencies from basic materials and devices, circuits and processes to overall system development. This is complemented by simulation support, the development of manufacturing devices, analytics, and metrology. Last but not least, the cooperation with the University of Erlangen-Nuremberg is one reason why the whole chain from basic research to prototyping and the transfer in industrial realization can be covered. This wide range of services and flexibility are reflected in the possible constellations of contractual cooperation.

The fields of activities of IISB include, inter alia, the following subjects and offers:

### Nanoelectronics

#### *Semiconductor Technology*

- process steps and methods for very-large-scale integrated circuits on Si (VLSI, ULSI) (cleanroom class 10, wafer sizes of up to 200 mm)
- process technology for SiC
- analysis and repair of prototypes of electronic components (sensors, power electronic devices, passives)
- components for micro- and nanoelectronics, microsystem technology, power electronics and high-temperature electronics on Si and SiC
- implantation of dopants at low and high energy
- production of thin dielectric and metallic layers, in particular MOCVD
- nanostructuring (nanoimprint, "Focused Ion Beam")
- printable electronics based on inorganic nanoparticles
- qualification of gases and chemicals
- analytics and metrology (for example: MOS, I(U), C(U), film resistor, mobility, doping profile, Hall effect, REM, TEM, x-ray analysis, line width, thickness, wafer flatness, and wafer warping)

#### *Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods*

- development, testing, evaluation, qualification, and optimization of semiconductor manufacturing equipment, production technology
- characterization of equipment, components, and materials
- Equipment-Assessment
- control procedures (Feed-Forward, Feedback)
- automation, Advanced Process Control, improved process reproducibility
- optimization of yield, throughput, reliability, safety, energetical, and resource
- accredited analytical laboratory for micro- and nanotechnology (DIN EN ISO/IEC 17025:2005)
- contamination analytics: trace impurities on semiconductor and photovoltaic substrates, in process chemicals, process gases, and clean room environments (TXRF, AAS, ICP-MS, GCMS, FTIR, VPD-AAS)
- 450 mm manufacturing
- software engineering

#### *Technology Simulation*

- development of physical and chemical models, algorithms and powerful simulation software for industrial and academic users
- 2D/3D device simulation, circuit simulation
- process simulation (ion implantation, diffusion, etching, layer deposition)
- powerful lithography simulation by rigorous modeling (Software Dr. Litho)
- investigation of process fluctuations
- coupled electrical, thermal, mechanical, and metallurgical simulations
- coupling of structure and equipment levels

### Energy-Efficient Power Electronics

The IISB develops power electric systems for industrial plants, households, electric mobility, as well as for power engineering and network technology. Here, our aim is to make power electronics more efficient, cost-effective, robust, compact, and system-integratable. This covers a wide range of competencies and applications:

- power conversion
- system integration, mechatronics
- circuit design and simulation, innovative topologies
- smart power ASIC design
- embedded software

## Continuation: Institute-Specific Offers for Contract Research

- circuit and control technology
- thermal management, thermomechanical simulations
- energy efficiency, highest efficiency, highest power density
- energy management
- passive components
- new materials
- packaging
- construction, simulation
- reliability tests and error analysis
- product-related and lifespan-optimizing engineering
- examples for fields of application: frequency converters, electric drives, automation, automotive engineering, high-performance converters, energy storage devices, energy supply, HVDC, local DC-mains, photovoltaics, power supply units, and consumer electronics

### Electric Mobility

For already ten years now, electric mobility is one of the main focuses of the department of power electronics at IISB. With many years of experience, we work together with our partners on the following themes:

- considering the overall system power electronic systems for drives, energy storage devices and board supply networks of electric and hybrid vehicles, especially frequency converters, power converters, storage monitoring, and energy management
- charging stations and systems for grid connection for electric and hybrid vehicles
- space-adapted mechatronic system integration
- development and testing of components and vehicles at the IISB Test Center for Electric Vehicles (test benches for drives, batteries, complete vehicles and EMC)

### Materials for Electronics

High-quality materials with customized properties enable increasing efficiency, reliability and new functionalities. The IISB is a specialist in:

- ultrathin layers for nanoelectronics (dielectrics, metal electrodes, methods: MOCVD, ALD, PVD)
- inorganic nanoparticles for printable electronics
- materials for power electronics (SiC, magnetic materials, interconnect materials, sintering techniques, reliability tests)
- simulation and characterization of material properties

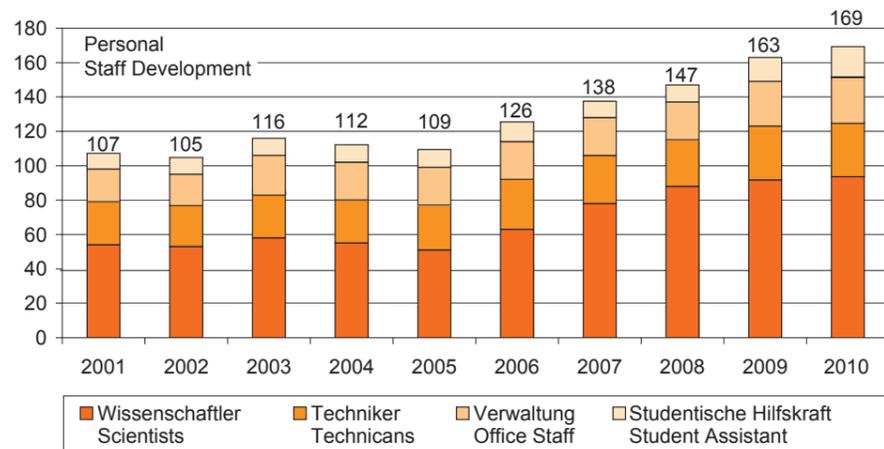
### Crystal Growth

- development and optimization of processes and equipment for bulkgrowth and epitaxy
- mono- and multi-crystalline silicon for microelectronics and photovoltaics
- wide-band-group semiconductors (SiC, GaN) for optoelectronics and power electronics
- compound semi-conductors
- optical crystals (oxides, fluorides)
- detector and laser crystals for medicine, safety and security
- characterization and metrology
- defect engineering
- numerical modeling, software development (CrysMAS)

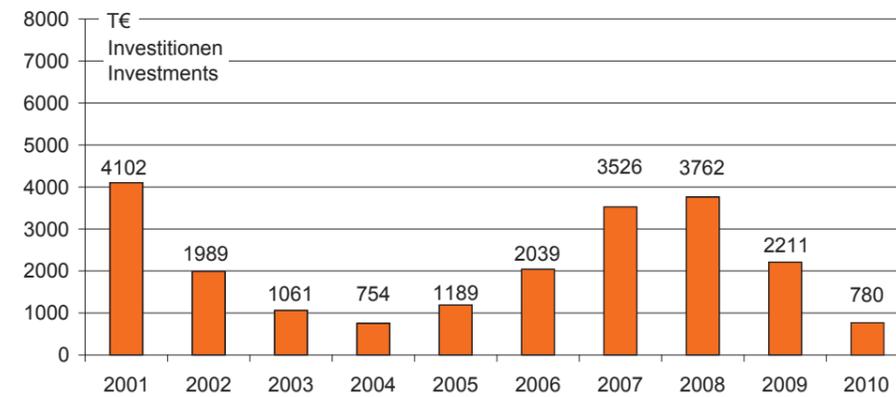
The close cooperation with the University of Erlangen-Nuremberg enables the synergetic use and operation of joint research facilities, coordination of the research activities and application-oriented education and teaching. The broad scientific basis of the IISB is shown also by its membership in networks of the Fraunhofer Group for Microelectronics as well as of the Fraunhofer Energy and Nanotechnology alliances, the relation to numerous regional, national, and international associations and committees as well as by the cooperation with universities, research institutes, and organizations in Germany, in European countries as well as, for example, in the United States, Japan, China, India, and Russia.

# REPRESENTATIVE FIGURES

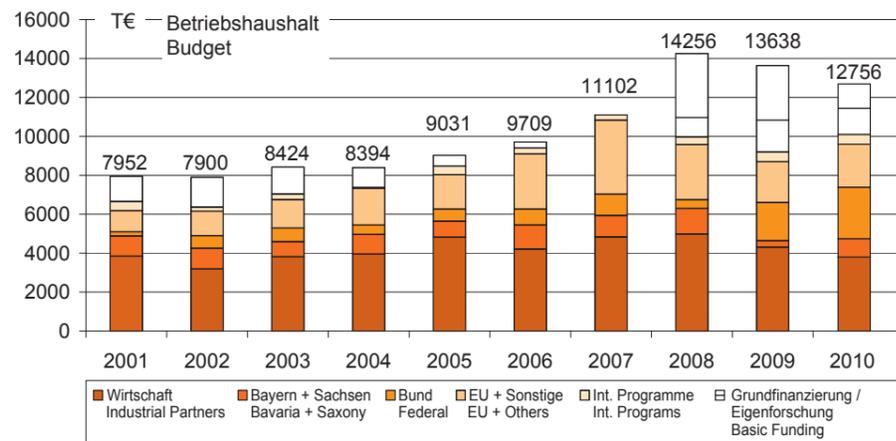
## Staff Development, Budget, and Investments



1 Staff development 2001 - 2010.



3 Capital investment (without basic equipment and special funds) 2001 - 2010.



2 Operating budget according to financing domains 2001 - 2010.

# FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AND "FÖRDERKREIS"

## The Fraunhofer-Gesellschaft

Research of practical utility lies at the heart of all activities pursued by the Fraunhofer-Gesellschaft. Founded in 1949, the research organization undertakes applied research that drives economic development and serves the wider benefit of society. Its services are solicited by customers and contractual partners in industry, the service sector, and public administration.

At present, the Fraunhofer-Gesellschaft maintains more than 80 research units in Germany, including 60 Fraunhofer Institutes. The majority of the more than 18,000 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of €1.66 billion. Of this sum, more than €1.40 billion is generated through contract research. Two thirds of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. Only one third is contributed by the German federal and Länder governments in the form of base funding, enabling the institutes to work ahead on solutions to problems that will not become acutely relevant to industry and society until five or ten years from now.

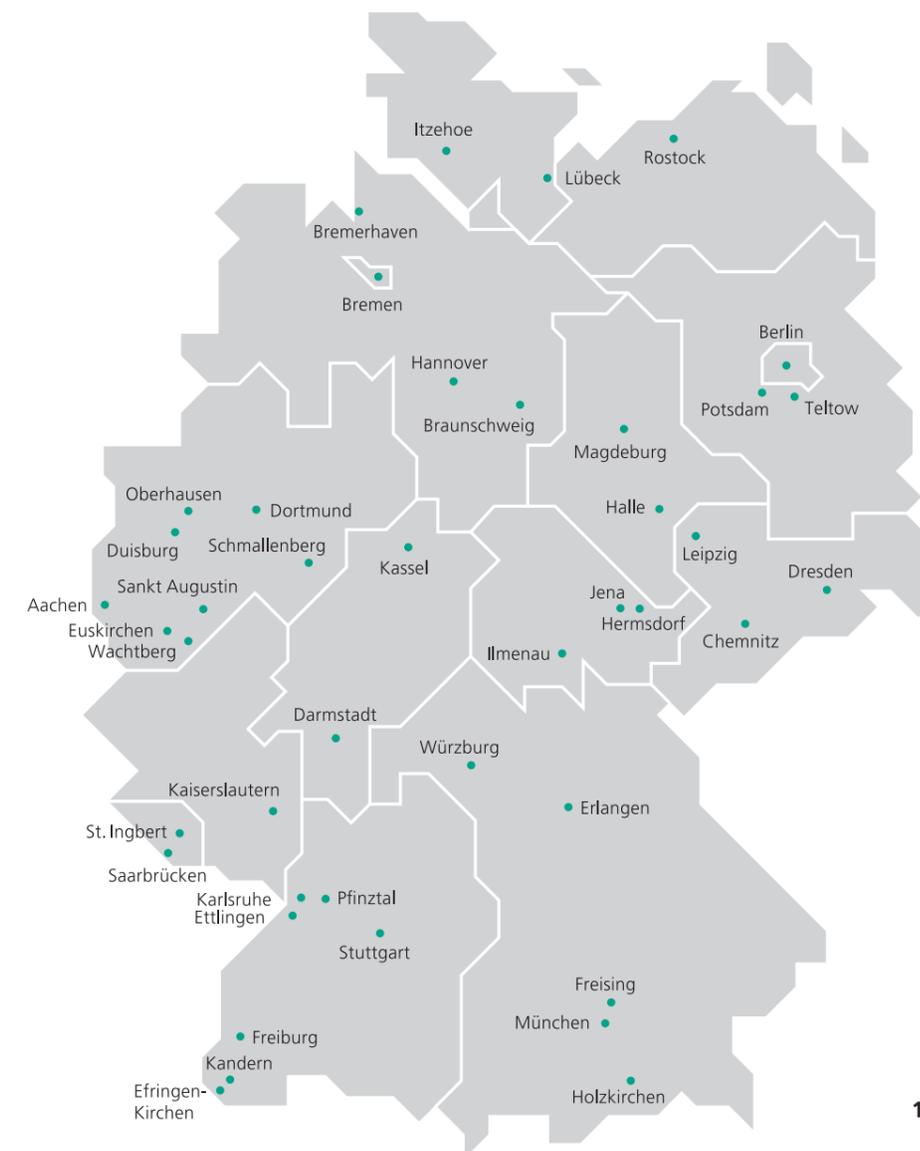
Affiliated international research centers and representative offices provide contact with the regions of greatest importance to present and future scientific progress and economic development.

With its clearly defined mission of application-oriented research and its focus on key technologies of relevance to the future, the Fraunhofer-Gesellschaft plays a prominent role in the German and European innovation process. Applied research has a knock-on effect that extends beyond the direct benefits perceived by the customer: Through their research and development work, the Fraunhofer Institutes help to reinforce the competitive strength of the economy in their local region, and throughout Germany and Europe. They do so by promoting innovation, strengthening the technological base, improving the acceptance of new technologies, and helping to train the urgently needed future generation of scientists and engineers.

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, at universities, in industry and in society. Students who choose to work on projects at the Fraunhofer Institutes have excellent prospects of starting and developing a career in industry

by virtue of the practical training and experience they have acquired.

The Fraunhofer-Gesellschaft is a recognized non-profit organization that takes its name from Joseph von Fraunhofer (1787–1826), the illustrious Munich researcher, inventor, and entrepreneur.



1 Locations of the "Fraunhofer-Gesellschaft" in Germany.

# FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AND "FÖRDERKREIS"



## Groups and Alliances

Fraunhofer IISB is a member of the Fraunhofer Group for Microelectronics as well as of the Fraunhofer Energy and Nanotechnology Alliances.

### Fraunhofer Group for Microelectronics

Founded in 1996 and with a total of approximately 2700 employees, the Fraunhofer Group for Microelectronics ("V $\mu$ E") combines the expertise of thirteen Fraunhofer institutes (plus three guest institutes) dealing with the fields of microelectronics and microintegration. The annual budget of the Group's institutes is approximately 255 million euros. The Group's activities focus on the preparation and coordination of interdisciplinary research projects, on carrying out studies and on supporting strategy development processes. Other focal areas are joint marketing and PR activities as well as the development of joint main topics. Thus, the Group is able to provide innovative medium-sized companies, in particular, with future-oriented research and application-oriented developments in good time and thus to contribute decisively to the competitiveness of those companies. The core competencies of the member institutes are bundled in the Group's business areas:

- Technology – from CMOS to Smart Systems Integration
- Communication Technologies
- Ambient Assisted Living
- Energy-Efficient Systems and eMobility
- Light
- Safety and Security
- Entertainment

The Business Office of the Fraunhofer Group for Microelectronics based in Berlin serves as central coordination office. It advises and assists the Board of Directors of "V $\mu$ E" on questions regarding the contentual coordination and the planning of future professional strategies.

[www.mikroelektronik.fraunhofer.de](http://www.mikroelektronik.fraunhofer.de)

### Fraunhofer Energy Alliance

The Fraunhofer Energy Alliance is the gateway to the R&D services of "Fraunhofer-Gesellschaft" in the fields of energy technology and energy economics. In cooperation with partners from industry, we aim at strengthening Germany's technological leadership with regard to the efficient use of energy and to the development of renewable energy sources. The Fraunhofer Energy Alliance offers simplified access to the expertise of the Fraunhofer institutes particularly to small and medium-sized companies, but also to politics and energy industry. The Business Areas of the Fraunhofer Energy Alliance are:

- Renewable Energies
- Efficiency Technologies
- Buildings and Components
- Smart Grids
- Storage and Micro-Energy Technology

[www.energie.fraunhofer.de](http://www.energie.fraunhofer.de)

### Fraunhofer Nanotechnology Alliance

The activities of the Fraunhofer Nanotechnology Alliance comprise a wide range of topics such as e.g. multifunctional coatings for use in the optical, automotive, and electronics industry. Metallic and oxidic nanoparticles, carbon nanotubes, and nanocomposites are used in actuators, structural materials, and biomedical applications. Moreover, the Fraunhofer Nanotechnology Alliance treats questions regarding toxicology and operational safety when dealing with nanoparticles. This involves the following Business Areas:

- Nanomaterials
- Nanobiotechnology
- Nanooptics and Nanoelectronics
- Nanoprocessing / Handling
- Measuring Methods / Techniques
- Technology Transfer and Consulting

[www.nano.fraunhofer.de](http://www.nano.fraunhofer.de)

1 SpreePalais in Berlin (Mitte),  
location of the business  
office of the Fraunhofer  
Group for Microelectronics.

# FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AND "FÖRDERKREIS"



## Innovation Cluster

In summer 2010, the starting signal for the Fraunhofer Innovation Cluster "Electronics for Sustainable Energy Use" was given. Coordinated by Fraunhofer IISB, research institutions and companies from the metropolitan area of Nuremberg combine their expertise in the new cooperation network and develop innovative products in the fields of power electronics and power engineering. The objective of the Innovation Cluster is to take up existing unique features of our region in an effective way, to enter new markets and thus to safeguard jobs in the long term.

### Electronics for sustainable energy use

Efficient and modern electronics, in particular power electronics, can make an essential contribution to energy saving. Whether in household appliances, consumer electronics or in the office, whether in industrial plants, power supply networks or electric vehicles – potential savings can be found along the entire chain from power generation and power distribution to the end consumer. Due to low-loss components, tailored materials and intelligent systems, devices, vehicles, and industrial plants are not only less energy-consuming and more efficient, they also become more operationally reliable and compact.

In close cooperation with the existing industrial networks and associations, the Innovation Cluster is intended to realize an even closer coordinated linking between local economy and research. Besides Fraunhofer IISB, research partners of the Innovation Cluster are the University of Erlangen-Nuremberg, the University of Applied Sciences in Nuremberg, the Bavarian Laser Centre and Fraunhofer IIS. The Innovation Cluster also works closely together with the "Bayerischer Cluster Leistungselektronik" (Bavarian Cluster for Power Electronics) and the European Center for Power Electronics which is located in Nuremberg. Research is funded by the Bavarian State Ministry for Economic Affairs, Infrastructure, Transport, and Technology and by "Fraunhofer-Gesellschaft" within the framework of the "Joint Initiative for Research and Innovation" of the Federal Government as well as by means of orders from industrial partners.

Guests of honour on the occasion of the kick-off event for the Innovation Cluster on 2<sup>nd</sup> June 2010 were Katja Hessel (Secretary of State at the Bavarian State Ministry for Economic Affairs,

Infrastructure, Transport, and Technology), Dr. Ulrich Katenkamp from the Federal Ministry of Education and Research and Prof. Dr. Ulrich Buller (Fraunhofer Senior Vice President). In lectures given by partners from industry and research, the main topics of the Innovation Cluster were presented:

- energy-efficiency at work and at home
- smart power grids
- electric mobility

### Innovation Cluster

The Innovation Clusters of "Fraunhofer-Gesellschaft" are an initiative within the framework of the Federal Government's "Joint Initiative for Research and Innovation". They are regional, application-oriented topics or project clusters between industry and research with a minimum duration of three years. The objective of the Innovation Clusters is to implement interdisciplinary research with scientific excellence in tangible projects. An Innovation Cluster bundles the existing research and development resources and acts as a driver of innovation and as a transfer interface between partners from university to industry. With this initiative, "Fraunhofer-Gesellschaft" stimulates the further development of regional centers of excellence and supports the regions' expertise. The project work at the research institutions involved is supported by the Federal Land, industry and "Fraunhofer-Gesellschaft".

innovationscluster@iisb.fraunhofer.de

<sup>1</sup> One of the main topics of the new Innovation Cluster electric mobility: (form left to right) Katja Hessel (Secretary of State at the Bavarian State Ministry for Economic Affairs, Infrastructure, Transport, and Technology), Prof. Dr. Lothar Frey (Fraunhofer IISB), Dr. Ulrich Katenkamp (BMBF) and Prof. Ulrich Buller (Fraunhofer Senior Vice President) examine a smart battery modul for hybrid vehicles which was developed at Fraunhofer IISB.

# FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT AND "FÖRDERKREIS"

## "Förderkreis für die Mikroelektronik e.V."

More than 25 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. L. Frey.

The large activities of the "Förderkreis" include:

- promotion of the cooperation between science and industry
- support of technical and scientific events and presentations
- granting of awards

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 euros. 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), Dr. Martin März and Stefan Zeltner (2005, together with Semikron), Dr. Anton Bauer with Dr. Volker Häublein (2006, together with Infineon), Dr. Mathias Rommel and Holger Schmitt (2008, with Süss MicroTec and S.E.T. SAS) and Dr. Jochen Friedrich (2009, together with SolarWorld Innovations).

Furthermore, the Förderkreis has recognized the importance of protecting 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.

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.

Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.  
Chief Executive Officer: Dr. sc. techn. h.c. Dietrich Ernst  
Office: IHK Nürnberg for Middle Frankonia

### Contact

Managing Director  
Knut Harmsen  
Phone: +49 (0) 911 1335-320  
harmsen@nuernberg.ihk.de  
www.foerderkreis-mikroelektronik.de



## Focal Areas of Research and Development, Trends, and Potentials

The simulation of semiconductor fabrication processes, devices, and circuits strongly contributes to the reduction of development costs in micro- and nano-electronics. Among others, this has been confirmed in the International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS), which in its 2010 issue estimated this time and cost reduction at about one third for cases of best practice. The Technology Simulation department contributes to this by the development of physical models and programs for the simulation and optimization of semiconductor fabrication processes and equipment. Furthermore, it supports the development of processes, lithography masks, devices, and circuits by providing and applying simulation and optimization tools.

While process and device simulation meanwhile has been largely established in industry as an indispensable tool for the development and optimization of highly scaled devices ("More Moore"), fields like power electronics, photovoltaics, microsystems technology, and the whole domain of "More than Moore" offer a large variety of additional applications. Here, on the one hand, the offer of commercial tools is by far not yet comparable to traditional fields such as the simulation of CMOS transistors. On the other hand, especially these new fields of application often require the combination of heterogeneous competencies, because not only electronic, but also thermal, mechanical, optical, and chemical effects occur. This gives rise to an additional demand for research.

For the department of Technology Simulation, this gives rises to both the necessity and also the opportunity for a systematic extension of its activities to the "More than Moore" sector and the interdisciplinary work required. However, when developing the physical models which are the core of each simulation activity, it inevitably gets obvious that the successful development of simulation for "More than Moore" is not at all possible without solid expertise in simulation for "More Moore". A comparable situation also occurs in industrial production itself: The application of advanced technologies from the "More Moore" sector also leads to improved and more cost-effective products in the "More than Moore" sector.

Some recently finished or newly started projects of the Technology Simulation department highlight the mutual dependence between technologies for advanced scaling and the generation of new applications among others in the "More than Moore" sector: IISB has contributed to the

EC project "ATHENIS", finished by the end of 2010 and coordinated by austriamicrosystems, in which a system-on-chip (SoC) platform for high-voltage applications especially for automotive electronics has been developed. A summary of this project is given elsewhere in this annual report. Within "ATHENIS", the activities of the department of Technology Simulation were based on the result and knowledge from projects on the development of aggressively scaled devices (e.g. in the EC project "PULLNANO") and on the development of advanced models for the activation and diffusion of dopants (e.g. in the EC project "ATOMICS", coordinated by IISB – see the 2009 Annual Report). The project "MobiSiC" on carrier mobility in SiC devices, which started in September 2010, also utilizes this background work and will contribute especially to the extension of the cooperation between Fraunhofer and the French Carnot institutes. The EC project "ATEMOX", started in July 2010 and coordinated by IISB, is also based on "ATOMICS". Here, physical process and device models are developed for applications e.g. in the low-power and smart power sectors, and for image sensors. Within the project "Dr.LiTHO", funded until July 2010 with own resources of the institute, a very accurate and versatile lithography simulator has been developed which is very efficient in terms of computation times and which has started to be used at pilot customers in industry and research. Based on "Dr.LiTHO", IISB contributes to the CATRENE project "EXEPT" on Extreme Ultraviolet (EUV) lithography since November 2010, which is coordinated on the European level by ASML and for its German part by Zeiss. Furthermore, as explained in another contribution to this report, "Dr.LiTHO" is also used in the project "MALS" on the simulation on proximity lithography for microsystems technology. Further applications in photovoltaics are in preparation.

The department will continue its approach to perform focused work on physical models and algorithms in order to develop the necessary skills and tools on the one hand and to transfer these results to industrial applications on the other hand. Here, a close and trustful cooperation based on sharing the work according to the individual competencies and requirements of the partners has been a key element of the success obtained for many years.

### Contact

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

1 Dr. Jürgen Lorenz,  
head of the department.

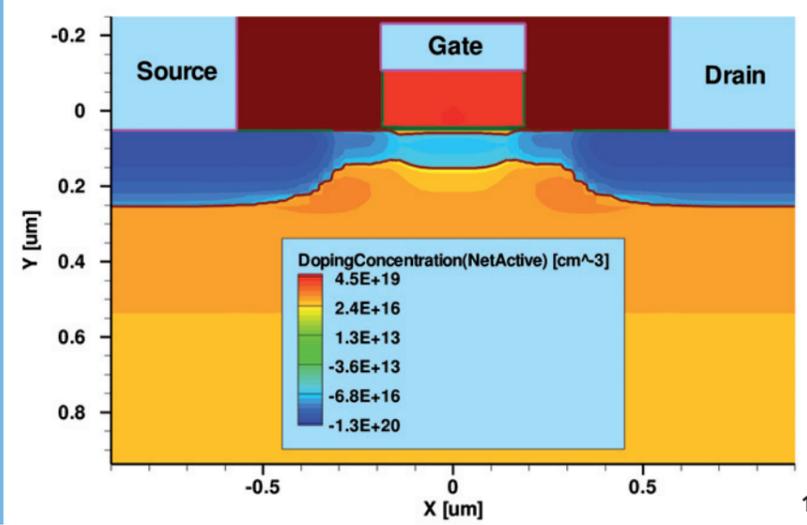
## TCAD for Automotive Electronics

Already now, 20 percent of the value of a car comes from embedded electronics. Further integration of electronic components such as low- and high-voltage devices and memory elements on a single chip (System-on-a-chip SOC) is needed to reduce costs and make room for additional functionality. However, up to now, there was no cost-effective solution, compatible with harsh automobile environments, to integrate power train integrated circuits into a SOC.

The aim of the project "Automotive Tested High-Voltage and Embedded Non-Volatile Integrated System-on-Chip" (ATHENIS), funded within the Seventh Framework of the EU, was to provide a proof of concept for such an SOC. For the optimization of the technology used within the project, numerical simulation (Technology Computer Aided Design, TCAD) is an indispensable tool. It allows exploring many technological possibilities without the cost and time needed to run a real process. The simulation of MOS transistors with different gate oxide thicknesses on the same chip was particularly needed: They are made by means of a complex process, which involves a combination of many steps like atom implantation, annealing, and oxidation. For cost and time reason, the number of steps renders optimization through experiment impractical.

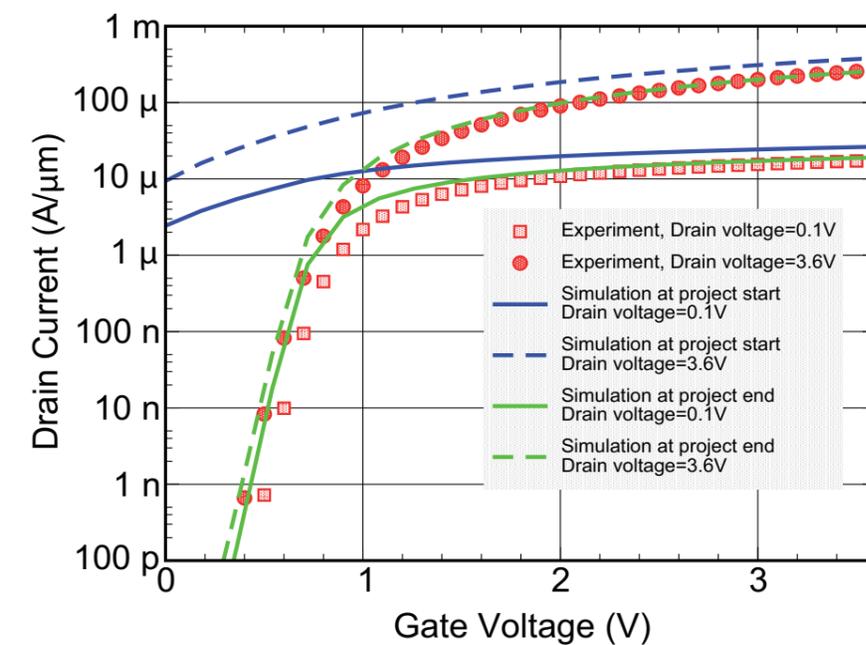
In TCAD, all the fabrication steps are simulated instead, and the outcome is the structure of the MOS transistor. The structure resulting from such a simulation is shown in figure 1. Knowing this structure, the electrical behavior can then be simulated. However, it was not possible to simulate the electrical characteristics correctly at the beginning of the project, see figure 2. Particularly for the pMOS transistor, major deviations from the measurements remained. The problem was found to be the lack of knowledge about diffusion and segregation of the doping element boron at the silicon/silicon-dioxide interface.

Therefore, in the "ATHENIS" project, the distribution of boron at the silicon/silicon-dioxide interface was measured by our partner FBK-irst by means of Secondary Ion Mass Spectroscopy (SIMS). We then evaluated the segregation models available in literature in light of this knowledge. A suitable model was found and a calibration was proposed which allows simulating boron diffusion and segregation at the silicon/silicon-dioxide interface. It is now possible to simulate the fabrication of MOS transistors with different gate oxide thicknesses on one chip with one parameter set and to use this simulation result to accurately predict the electrical characteristics of the transistor.



1 Simulated structure of a PMOS transistor.

This new model was transferred to the industrial partner austriamicrosystems, which has the possibility now to optimize the process. For a target application, process parameters can now be established so that transistors meet the requirements of harsh automobile environments, while keeping the costs of the process low.



2 Simulated electrical characteristics of the PMOS transistor.

### Contact

Dr. Stéphane Koffel  
 Phone: +49 (0) 9131 761-375  
 stephane.koffel@iisb.fraunhofer.de

## Simulating Next-Generation Mask Aligners

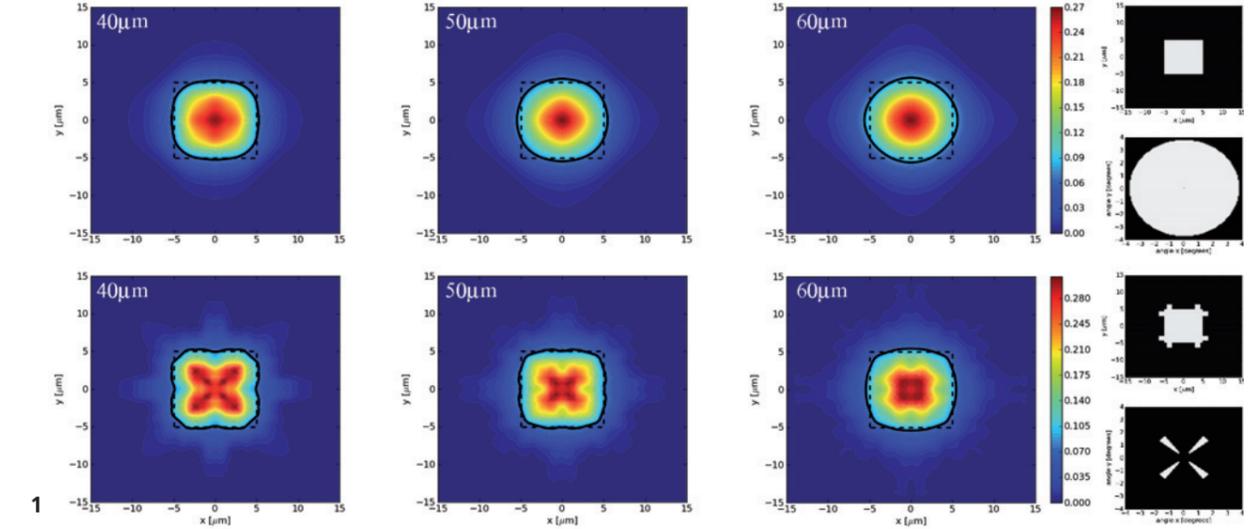
Due to their flexibility and cost-effectiveness, mask aligners are used for a wide range of applications in the manufacturing of microstructures with applications reaching from the creation of small lattice structures that increase the efficiency of LEDs to the creation of line patterns that span across the entire wafer for the so-called plasma dicing technology. Recently, a new generation of mask aligners has entered the market, providing not only improved mechanical precision, but also a flexible illumination system. Experimental studies show that optimized illumination settings can improve process stability and resolution, especially when used in conjunction with optimized mask layouts. Numerical simulation and optimization algorithms can be used to identify the best illumination settings and mask layouts. The development and application of such algorithms is being funded by the Bavarian Research Foundation within the framework of the project "Mask Aligner Lithography Simulation" (MALS).

Diffraction effects are a major problem in mask aligner lithography, especially if the distance between the mask and the wafer (the proximity gap) has to be large due to manufacturing constraints. These can be suppressed by choosing an illumination with an adequate angular spectrum. A large angular spectrum means good suppression of diffraction effects, but unfortunately it also leads to a decrease in contrast and resolution. An optimized illumination setting brings these conflicting requirements into balance.

While the illumination is used to attenuate undesired diffraction effects, the light diffracted by small "assist features" on the mask can help to improve the results of a mask aligner print. These features are too small to print themselves (i.e. they are not visible in the developed photoresist), but they can be used to enhance the contrast or to better resolve small structures.

The shape, size and position of assist features depend on the angular spectrum of the illumination and on the proximity gap. Therefore, the best results are obtained by using an optimized combination of illumination and assist features on the mask. This is known as "Source Mask Optimization" (SMO).

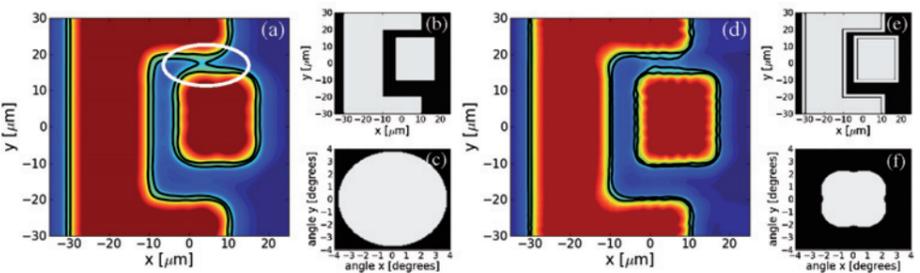
The application of SMO to square structures of 10  $\mu\text{m}$  printed with proximity gaps of around 50  $\mu\text{m}$  and a light source with wavelength of 405 nm is shown in fig. 1. Without customized il-



lumination or assist features, the printed structures look rather circular at larger gaps. Moreover, the shape will strongly vary as the gap varies, as shows the top row of fig. 1. In order to come to printing results that look more like the targeted square shape and that are more robust against gap variations, it is necessary to add assist features on the mask and to use a customized illumination. The results of our optimization are shown in the bottom row of fig. 2. The simulations show that the light distribution is much closer to the desired square shape over the entire gap region between 40  $\mu\text{m}$  and 60  $\mu\text{m}$ .

Fig. 2 shows how SMO can be used to reduce the sensitivity regarding dose and gap variations for a more complex structure. The 'conventional' mask and illumination are shown in (b) and (c), respectively, while (a) shows the resulting intensity distribution at a proximity gap of 70  $\mu\text{m}$  and the largest deviations of the footprints of the developed photoresist obtained when varying the gap between 60 and 80  $\mu\text{m}$  and varying the dose by  $\pm 15$  percent. The same is shown in (d), but this time using the optimized mask and illumination shown in (e) and (f), respectively. The optimized solution reduces the variation of the edge positions from 1.2  $\mu\text{m}$  to 0.8  $\mu\text{m}$  and prevents the formation of a connection between the two separate parts of the structure (shown in the circle of fig. 2(a)).

The introduction of SMO to mask aligner lithography can increase the manufacturing yield and will create an increased interest in simulation software. The results of the "MALS" project will help to meet the demands for numerical tools that can be used in the optimization of mask aligner lithography processes.

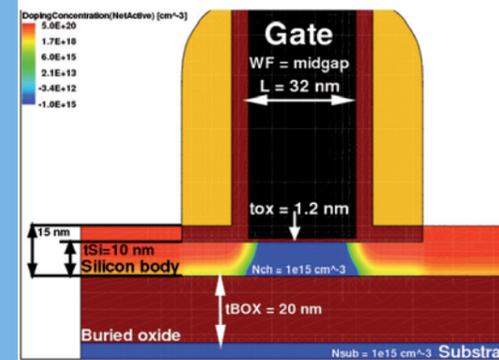


### Contact

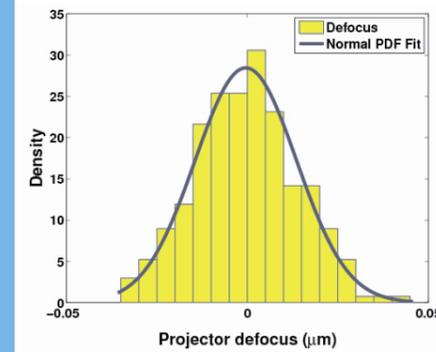
Dr. Kristian Motzek  
Phone: +49 (0) 9131 761-276  
kristian.motzek@iisb.fraunhofer.de

1 Intensity distribution without (top row) and with (bottom row) optimized mask and illumination at gaps of about 50  $\mu\text{m}$  when printing 10  $\mu\text{m}$  square vias. The mask layout and illumination are shown at the right for both cases.

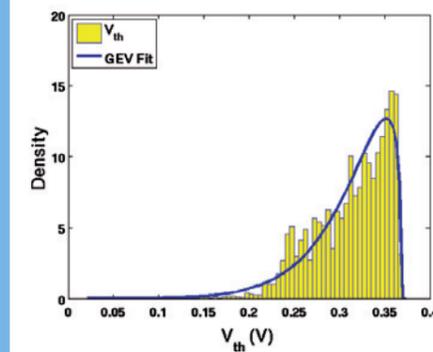
2 Printing of a more complex structure without (left) and with (right) SMO.



1



2



3

## Fraunhofer Research on the Simulation of Process Variations

At the transition from micro- to nanoelectronics, the further scaling of semiconductor devices and systems following Moore's law is being endangered by physical limits approaching. Besides the difficulties to achieve the desired nominal device performance, statistical variations are becoming increasingly crucial which may lead to a larger and larger fraction of the devices or systems falling out of specifications and thus being no more usable. In the project „HIESPANA“, five Fraunhofer institutes are developing a hierarchical simulation system for the investigation and minimization of this problem.

The systematic experimental characterization of the impact of process variations is hardly possible due to the large number of process steps used and especially because these variations cannot be generated in a controlled manner. Compared with this, computer simulation in principle allows for a comprehensive and cost-effective investigation of this problem: Through process and device simulation, the electrical behavior of devices which were fabricated with a certain process sequence can be predicted. From this, circuit parameters can be extracted and the circuit behavior can be simulated. Furthermore, the impact of changes of process steps on the behavior of devices and circuits can also be quantified by simulation. Therefore, the use of simulation, which is currently already indispensable during the development of novel technologies, devices and systems, has the potential to additionally provide crucial contributions to the optimization of the fabrication of nanoelectronic devices and systems through the assessment and minimization of the impact of variations.

In order to realize this potential, the Fraunhofer Institutes IISB, IIS/EAS, IMS, ITWM and SCAI have developed, implemented, and demonstrated such a simulation approach in the project "Hierarchical simulation of nanoelectronic systems for control of process variations" (HIESPANA). This is visualized in the figure on the right page. "HIESPANA" is being funded from February 2008 to April 2011 within the Fraunhofer internal programs and is being coordinated by IISB. For the integrated chain of programs ranging from process to device and up to circuit and system simulation on the one hand, simulation programs commercially available at the market are being used as far as possible and useful. On the other hand, the institutes develop new or enhanced programs to close critical gaps in this simulation chain. Therefore, the simulation system is compatible with simulators currently used in industry. This facilitates the transfer of the project results into industrial applications and enables the institutes to use the simulation system early and successfully

in industrial and compound projects and to license their own proprietary software to end users. Critical gaps were closed among others for the efficient and accurate simulation of lithography and etching (programs "Dr.LiTHO" and "ANETCH" by IISB), for the integration between device and circuit simulation (program "MECS" by SCAI) and for the extension of behavioral modeling by the treatment of variations (program "Analog Insydes" by ITWM). The concept and software have been evaluated and demonstrated using demonstrator chips by IMS. The figures at the top of this page show an application example.

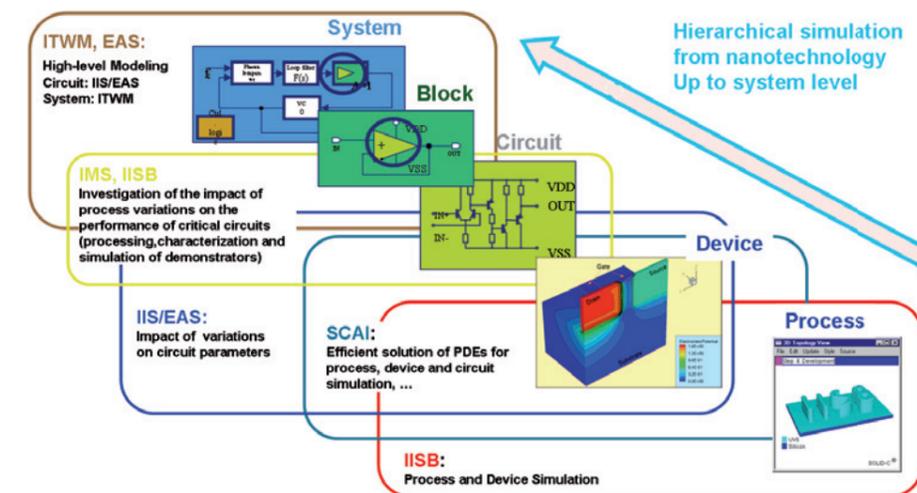
Already before the end of the project, its scientific level has been demonstrated by numerous publications and some PhD theses. Its industrial relevance has been proven by the participation of the institutes in research projects funded by third parties, and by software licenses issued. The cooperation of the five institutes, established in "HIESPANA", opens up several promising prospects for the future.

1 Example for the simulation of CMOS transistors with technology-induced variations. Cross-section of a 32 nm FD SOI transistor.

2 Example for a process variation: typical distribution function for the defocus of a lithographic process.

3 Typical highly asymmetric distribution function of the threshold voltage of a fully depleted (FD) SOI transistor.

4 Simulation levels addressed by „HIESPANA“ and institutes involved.



4

### Contact

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



## Focal Areas of Research and Development, Trends, and Potentials

The research focus of the Crystal Growth department is to clarify – in close collaboration with its industrial partners – how the material properties of bulk crystals as well as those of thin epitaxial or other functional layers correlate with their respective production conditions. The chosen strategy of IISB is the optimization of crystal growth processes through a combination of thorough experimental process analysis and modeling. For that purpose, IISB is provided with a well-suited infrastructure as well as powerful and user-friendly simulation tools. These software codes which are tailored to the applications in the field of crystal growth are continuously maintained and enhanced in performance with regard to the needs of industrial partners.

In 2010, the Crystal Growth department of Fraunhofer IISB has consolidated its position as a worldwide acknowledged centre of competence in the field of crystal growth.

In the field of crystallization of solar silicon, IISB together with its subsidiary in Freiberg, the Fraunhofer Technology Centre for Semiconductor Materials THM, and its partners from industry and academia has successfully finished its R&D activities on the prevention of the formation of harmful precipitates in multicrystalline silicon.

In direct collaboration with industrial partners, IISB has started to analyze the generation and prevention of crystal defects which limit the minority carrier life time and thus the efficiency of solar cells in multicrystalline silicon ingots and ribbons. The evaluation of alternative crucible materials is another focus of IISB's research in the field of directional solidification.

After an intensive and smooth construction phase, the infrastructure at THM in Freiberg is now ready for the installation of equipment and metrology which started in early 2011. The crystal growth facilities for silicon and other materials are designed as tailored R&D furnaces equipped with a variety of actuators and sensors. This will ensure that IISB together with THM can investigate phenomena occurring during crystal growth on a pilot plant scale for its industrial partners.

In the field of wide band gap semiconductors, IISB together with its industrial partners has successfully finished the work on the prevention of crystal defects in SiC in such a way that a material quality was achieved by means of optimized epitaxial processes which will not limit the long-

term reliability of high-power devices.

In the field of GaN, valuable knowledge could be gained about the structural properties of free-standing GaN and of bulk crystals by using the high-resolution analytic tools available at IISB.

Within the framework of the BMBF cluster of excellence "Solarvalley Mitteldeutschland" IISB, could make significant progress in the software and model development. Now, a faster, more robust and more accurate computation of the melt convection and of the cooling-down procedure during Czochralski growth of monocrystalline silicon is possible by running a combination of "OpenFOAM" and "CrysMAS" on IISB's high-performance computation cluster.

Research awards to IISB strengthened the international reputation of the Crystal Growth department. Dr. Christian Reimann received the SolarWorld Junior Einstein Award for his investigations of the precipitate formation in multicrystalline silicon. Dipl. Ing. Sebastian Polster was honored with the Hugo-Geiger Award for his complementary investigations of dislocations in SiC by x-ray topography and etching. Several invited talks during international conferences as well as the collaboration in different national and international expert panels in the field of crystal growth underline the reputation of the Crystal Growth department as well. Further elements of the networking process are the events which were organized by IISB. For example 60 participants mainly from industry were introduced in the art of crystal growth during the 2<sup>nd</sup> school on crystal growth of silicon for photovoltaics. Moreover, the Crystal Growth department works closely together with different research institutions and maintains national, but also international cooperations with industry.

<sup>1</sup> Dr. Jochen Friedrich,  
head of the department.

### Contact

Dr. Jochen Friedrich  
Phone: +49 (0) 9131 761-270  
jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

## Dislocations as Limiting Factor of Solar Cell Efficiency in Multicrystalline Silicon

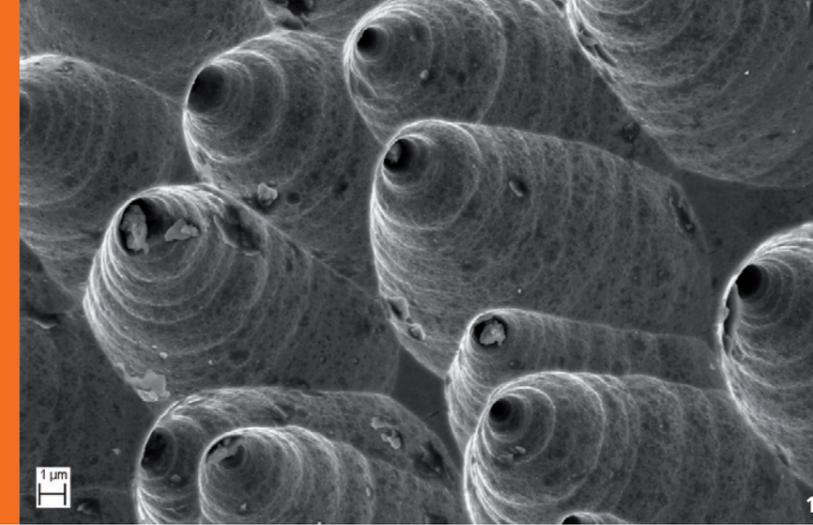
Wafer-based silicon solar cells are dominating the absorber market (~90 percent) for photovoltaic applications today and in the next decade. For the manufacturing process, cost-effective silicon crystals with customized properties are used which are cut into thin silicon wafers for solar cell production.

Directional solidification techniques are widely used for the production of multicrystalline silicon ingots. A silicon melt with temperatures around 1500 °C is contained in a square-shaped crucible. The crystallization process starts due to controlled heat transport across the crucible bottom. Heterogeneous nucleation at the crucible bottom is responsible for the growth of the multicrystal before the axial crystal growth proceeds.

Unfortunately, the grown material contains structural defects like grain boundaries and dislocations. These defects can act as recombination centres for minority charge carriers when they are decorated with metals. This results in a limitation of the as-grown charge carrier lifetime and the solar cell efficiency respectively. Therefore, a disadvantage exists compared to monocrystalline wafers for photovoltaic applications produced by means of the Czochralski (Cz) technique which are nearly free of such structural defects and thus have a higher cell efficiency of about 1.5 percent in absolute values. To close the gap between high-quality monocrystalline Cz wafers and cheaper multi-crystalline ones, it is necessary to investigate the crystal defect structure to further improve the crystallization techniques, the wafer quality, the solar cell performance, and finally to reduce production costs.

This is the starting point for the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology. Research is carried out in close cooperation with the industry on the origin and development of detrimental defect clusters in multicrystalline silicon ingots.

Within the framework of a research and development project, it could be shown on laboratory-scale crystals that the dislocation density in multicrystalline silicon ingots is very inhomogeneous. Areas with low defect densities in the range of  $10^3$  dislocations/cm<sup>2</sup> are neighbouring areas with a very high defect density in the range of  $10^5$  to  $10^6$  dislocations/cm<sup>2</sup>. Silicon wafers from the bottom of the ingot show lower defect densities than wafers from the top. Critical for the solar cell performance are defect densities above  $10^4$  dislocations/cm<sup>2</sup>. The results show that areas with high defect densities consist of so-called "defect clusters".

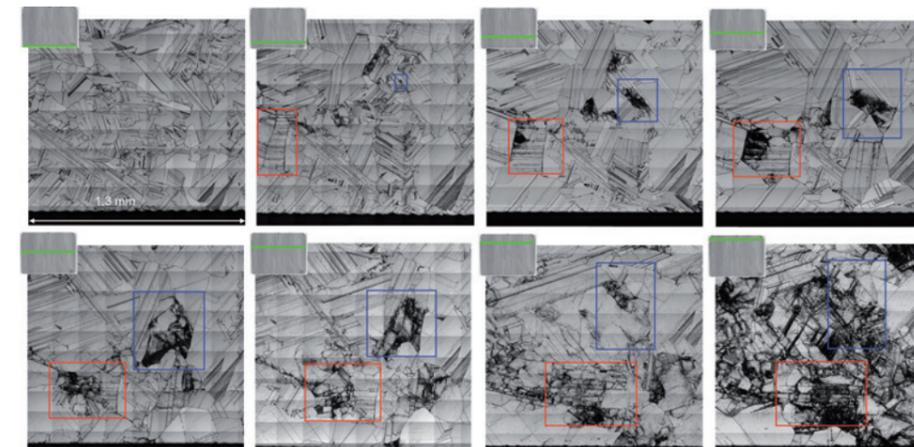


The bigger part of detrimental dislocation clusters is formed in the lower part of the silicon ingots. The origin of the dislocation formation is due to special grain boundary configurations with occurring high stresses as well as foreign phases.

A further dislocation multiplication and movement during the crystallization and cooling process leads to the formation of large areas with a very high defect density in the range of  $10^5$  to  $10^6$  dislocations/cm<sup>2</sup>.

The research and development activities are funded partly by the European Regional Development Fund (ERDF) and by the Saxony State Ministry for Economic Affairs, Labour and Transport.

1 SEM image of etched dislocations in multicrystalline silicon.

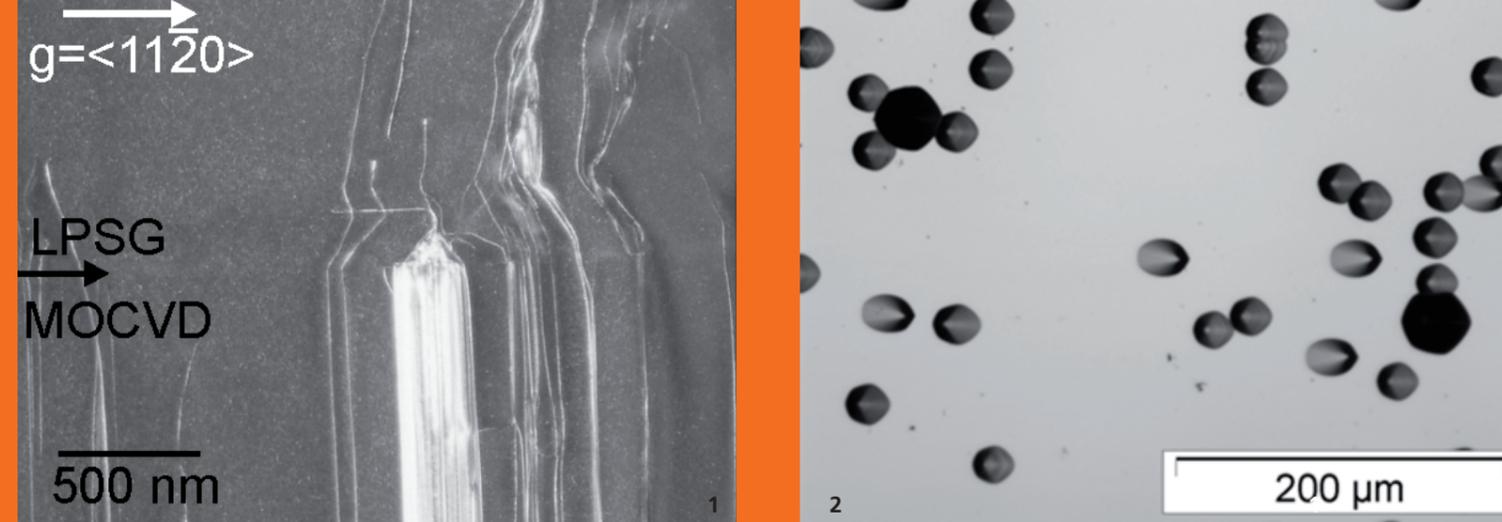


2 Reflected light microscopy images of the identical wafer area for different crystal heights (from bottom to top), which show the development of the dislocation clusters (red and blue box).

2

### Contact

Dr. Christian Reimann  
Phone: +49 (0) 9131 761-272  
christian.reimann@iisb.fraunhofer.de



## Analysis of Dislocations and Other Crystal Imperfections in GaN and SiC

The crystal lattice of real crystals usually is not perfect. It may contain a variety of crystal defects which directly influences the optical or electrical properties of the material as well as the reliability and performance of electronic devices.

Presently, the so-called wide band gap semiconductors (GaN, AlN, SiC), which are indispensable in today's new technologies, are most important. Without GaN-based LEDs, for example, the new energy saving LED lighting technology would not be possible. SiC replaces silicon-based components more and more in the power electronics branch and helps to attain higher switching powers with reduced electrical loss.

However, the need for scientific research is still high due to the fact that those compound semiconductors have a much higher dislocation density than classical silicon. Especially the epitaxy of GaN on foreign substrates results in a high number of dislocations at the interface between the two materials. The analysis of the dislocations and defects occurring in a crystal or epitaxial layer is essential with regard to the optimization of crystal growth processes for low-defect crystals suitable as substrate material for homoepitaxy. Also for the further development of epitaxy processes themselves, the knowledge about the presence and type of dislocations is most important. Dislocations which can move to the active zone of a device during its operation will lower the performance or finally destroy the device.

For many years, the department of crystal growth at IISB is active in that field of research. During the last years, a lot of intensive research has been carried out, studying the dislocation microstructure in 4H-SiC epitaxial layers and their influence on the electrical properties of SiC power electronic devices as well as the defect structure of GaN layers and volume crystals with regard to the optimization of their production process.

The current work strongly focuses on the further development of analytical methods for the investigation of defect structures. The main challenge is in the scaling of the analytical methods which are applied and expected to determine the nature of defects on the atomic scale, but in parallel should allow conclusions with regard to distribution, density or orientation in the total volume of the crystals on a millimeter or centimetre scale.

The available methods are a variety of direct imaging techniques like defect-selective etching, cathodoluminescence imaging, transmission electron microscopy or white-beam x-ray topography at a synchrotron source, but also indirect measures, e.g. high-resolution x-ray diffraction techniques like the analysis of rocking curve line widths.

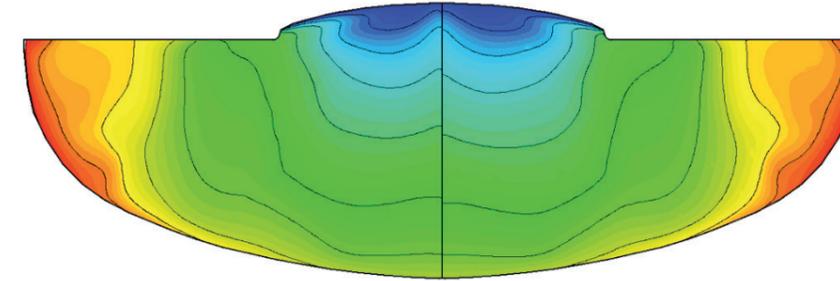
In an ongoing work on the optimization of the structural quality of GaN produced by the hydride vapour phase epitaxy (HVPE), it was possible e.g. to clarify the origin of the so-called V-pits which can form on the growth surface of the crystal. The V-pits have a pyramidal shape and are faceted depressions which can form at surface steps on the growth front and hinder the further defect-free growth of the crystal. The nature and origin of these defects could be determined by the combination of microscopical, spectroscopical and wet chemical methods. Through respective optimization of the related growth process, it is now possible to avoid the formation of those defects and to produce a pit-free and low-defect material. Other techniques like the dark spot counting for the determination of the dislocation density in GaN are widely applied in industry owed to the fact that this method offers the possibility of a non-destructive analysis of the dislocation density and distribution. This method is based on the assumption that any dislocation in an optically active semiconductor exhibits a place for a non-radiative recombination action. However, for semi-insulating GaN:Fe, this method is no longer applicable, if the overall recombination processes including surface recombination dominate so that discrete recombination centres are no longer visible. A sound evaluation of the dark spot counting, compared to conventional defect-selective etching in molten salts was performed. As a result, it was possible to clearly define the areas of application where each of the two methods can be reliably applied even for semi-insulating material.

However, in the last years, the study of the GaN microstructure was predominantly performed on GaN layers with the aim to reduce the abundance of deleterious dislocations in the epitaxial layer. Important mechanisms leading to an annihilation of dislocations could be clarified. In contrary, a comparably solid picture of the situation of dislocations in bulk GaN does not exist due to the very restricted availability of real GaN volume crystals. Actually, the department of crystal growth at IISB is trying to delve into this topic in order to gain a better understanding of the origin and the evolution of dislocation networks in HVPE bulk GaN and to help to develop a growth process for defect-reduced HVPE GaN crystals.

### Contact

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

- 1 *Transmission electron micrograph of GaN. At the interface between the seed (MOCVD) and the epitaxial layer (here LPSG), the reaction of the present dislocations (white lines) is visible.*
- 2 *A typical microscopical image of etch pits on a 4H-SiC surface after defect-selective etching.*



1

## Optimization of the Czochralski Method for Silicon Single Crystals for Photovoltaics

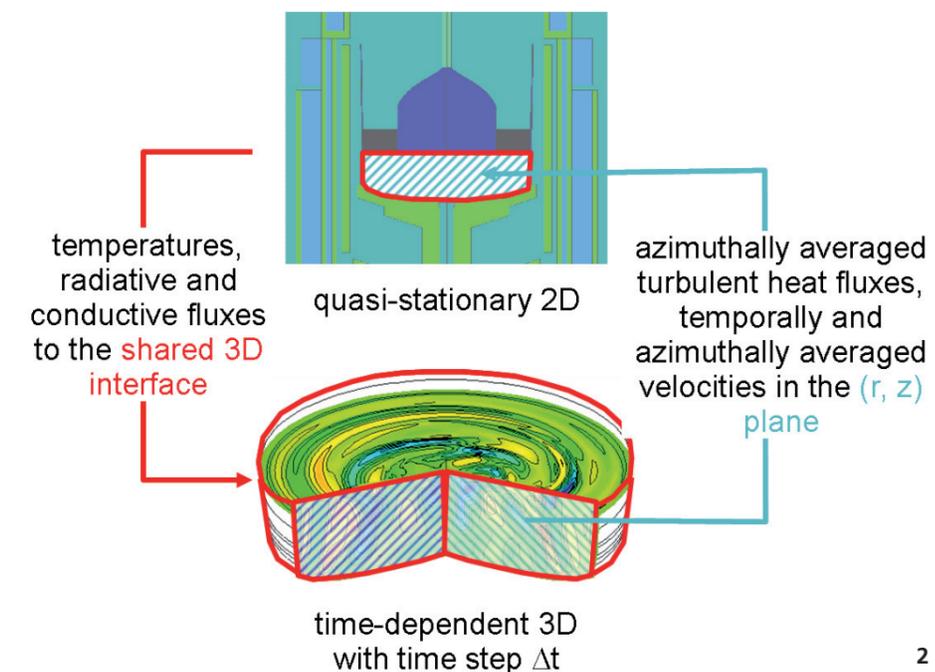
Mono crystalline silicon crystals for photovoltaics are industrially grown by means of the Czochralski method where the crystal is slowly pulled upwards out of a melt.

Crucibles used in the process typically have a diameter of about 60 cm, containing an initial melt weight of more than 100 kg. Flows driven by buoyant forces, combined with the influence of rotation of crucible and crystal, result in complex, partially laminar, partially turbulent flow patterns which cannot be modelled adequately using simplified axisymmetric models. However, a good knowledge of the flow is important e.g. to understand the temperature distribution at the crucible, the related rate of dissolution of the crucible, and the resulting transport of oxygen, the concentration of which has to be kept low in the growing crystal. Due to the large variations of temporal and spatial scales, simulation of these flows still poses a challenge: The present fluctuations require the use of time steps in the order of hundreds of seconds, while the entire system has settling times in the order of minutes to hours. Furthermore, in a system of dimensions of meters, boundary layers at the crucible and the crystal have to be resolved with an accuracy of 0.01 – 0.1 mm. Altogether, only for the calculation of the melt flow, systems consisting of several  $10^6$  unknowns have to be solved for a number of also some  $10^6$  time steps. At IISB, these flow problems are being solved using the software "OpenFOAM" in combination with "CrysMas". Calculations are performed on our own cluster.

As a complete solution of the entire furnace is still too costly, we couple the local, three-dimensional, time-dependent solution of the flow problem iteratively to an axisymmetric global solution of the entire furnace. Coupling is achieved in one direction passing temperature boundary conditions from the global model to the local 3D model and in the other direction by transferring the time-averaged flow velocities and additional turbulent heat fluxes from the 3D model to the global model (fig. 2). The turbulent heat fluxes are obtained from a so-called Reynolds averaging of the governing equations: Temperature and velocity fields are decomposed into a constant average value and a fluctuating part. For the temperature equation this results in additional heat flux terms containing the time average of the product of fluctuations of velocity and temperature. Classical turbulence models try to model these turbulent fluxes e.g. as a function of local velocity gradients, but, at the current state of development, are not able to adequately describe the behavior of Czochralski melts. Instead, the approach used here obtains these fluxes directly from averaging the direct solution of the transport equations in the 3D flow model. As shown

in fig. 1, using this approach, the time-averaged results of the 3D calculation can be reproduced very accurately in a stationary, axisymmetric model making an effective analyse and optimization of the Czochralski method possible.

The work is performed within the joint research project "CzSil" (FKZ 03SF0379C), which is part of the BMBF Leading-Edge Cluster "Solarvalley Central Germany".



- 1 *Left: Temperature field in the melt from global simulation, taking into account averaged flow velocities and additional turbulent heat fluxes from 3D simulation*  
*Right: cut of the averaged result for temperature from 3D simulation.*
- 2 *Sketch of the coupling from global, axisymmetric furnace model (top) to local 3D melt simulation (below).*

### Contact

Dr. Thomas Jung  
Phone: +49 (0) 9131 761-264  
thomas.jung@iisb.fraunhofer.de

# SEMICONDUCTOR MANUFACTURING EQUIPMENT AND METHODS



## Focal Areas of Research and Development, Trends, and Potentials

The core competence of the department "Semiconductor manufacturing equipment and methods" is the multidisciplinary research and development for manufacturers of equipment, materials, and semiconductor devices. The decisive factor for this is the expertise in process development, metrology, analytics, software, simulation, and device integration combined to develop tailor-made solutions together with customers.

For this approach, a wide-ranging of expertise is essential which manifests itself in the competence area regarding equipment, advanced process control, manufacturing control, productivity, contamination, and materials. Experts from the fields of electrical engineering, materials science, physics, chemistry, and computer science work together on the issues that will sustainably influence efficiency in the construction of manufacturing equipment, the production of materials for manufacturing, and IC manufacturing itself.

The scope of developments ranges from lead research for novel processes and measurement methods to the application of new research results in cooperation with corporate partners and to the assessment and optimization of equipment in an industry-compliant environment. Essential for a conclusive and comprehensible assessment is the successful accreditation of IISB's testing laboratory in 2009 according to DIN EN ISO 17025 (described in more detail below). For this, the participation in the European distributed laboratory "ANNA", a project which will be completed in 2011, was essential.

Preliminary research in the reporting period includes, for example, the development for UV-based measurement of thinnest layers under vacuum conditions or the development of a polishing head equipped with sensors for characterizing CMP processes. During the reporting period, the successor of the successful "SEA-NET" project was launched: the EU project "SEAL" again aims at developing and evaluating innovative process and metrology equipment in a European network of 35 equipment suppliers, device manufacturers and research institutions and to make them ready for series production.

The ENIAC project "IMPROVE", which aims at research in the field of cutting-edge methods for increasing the efficiency of domestic and European semiconductor manufacturing, is almost finished. Research approaches and first results are presented in a separate report. Reaching far into

the future, the ENIAC project "EEMI 450" works on the specification and preliminary development of equipment and materials for the upcoming production on 450 mm silicon wafers (see separate report).

<sup>1</sup> Prof. Lothar Pfitzner,  
head of the department.

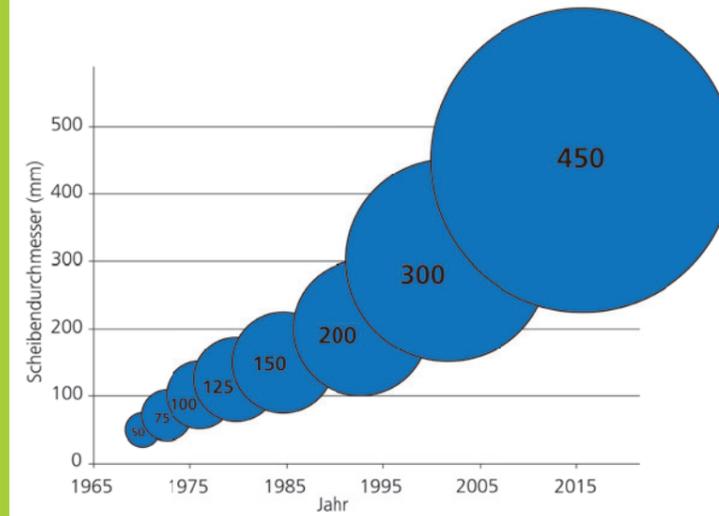
Successfully completed collaborations like "NANOCMOS", "PULLNANO" or "SEA-NET", as well as ongoing projects such as "ANNA", "SEAL", "IMPROVE" and "EEMI 450" set highest demands – especially in the European context – on knowledge and communication skills of the researchers involved: automated process control, integrated and virtual metrology, yield optimization, predictive maintenance, throughput optimization, device integration, 450 mm processes, and devices as well as simulation of manufacturing equipment and components are just some of the challenges that can only be met successfully in a multidisciplinary approach. Research projects of this kind as well as bilateral development projects with industrial partners confirm the broad approach of the department which is well-positioned for the future due to its variety of topics.

The described research activities are complemented by the involvement in local and international committees and panels: staff members of the department are active in several committees and sections of the „VDI/VDE-Fachgesellschaft GMM“ and take leadership roles in the development of SEMI standards and the ITRS, the International Technology Roadmap for Semiconductors.

### Contact

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

# SEMICONDUCTOR MANUFACTURING EQUIPMENT AND METHODS



## European Research on the Next Generation of Semiconductor Wafers with a Diameter of 450 mm

Components for micro- and nanoelectronics are produced on silicon wafers; the diameter of which has increased from few centimeters to meanwhile 300 mm during the past decades. After meanwhile a production on 300 mm wafers has been established for all new manufacturing plants, now the objective worldwide is to tackle the next step to increase productivity: production on semiconductor wafers with a diameter of 450 mm. Thus, the surface area available for components would be more than doubled. This will involve a significant increase of the number of chips produced per wafer and thus a further reduction of production costs.

In order to achieve this objective, considerable research has to be done in advance – not only with regard to the manufacturing of semiconductor wafers with a diameter of 450 mm for future process technologies, but also regarding handling robots and manufacturing devices required to carry out the necessary processes in view of the technology for 22 nm and below. For the device, automation and material manufacturers located in Germany and Europe, it is now time to extend their worldwide recognized expertise to the field of 450 mm wafers.

For this reason, 27 European companies and research institutions from the fields of semiconductor industry, device manufacturing and materials have joined forces in the joint project „EEMI450“ (European Equipment & Materials Initiative for 450 mm). The objective of the project is to safeguard the 450 mm technology and know-how for Europe, particularly in the fields of wafer manufacturing, materials, automation, process and metrology equipment. The entire European project consortium is coordinated by ASM International.

The German part of the project consortium consists of 10 project partners: Aixtron AG, Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering (IOF), Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology (IISB), Mattson Thermal Products GmbH, NanoPhotonics AG, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), PVA TEPLA AG, SemiQuarz GmbH, Siltronic AG and Vistec Electron Beam GmbH. It is coordinated by Siltronic AG. On 1st June 2010, the project partners started their work for a term of 22 months.

The Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology (IISB) in Erlangen is involved in the development of new automation systems, plasma technology, and metrology

(particularly virtual metrology) and also assumes coordination tasks. For example, IISB examines the purity and particle release of materials used in a 450 mm platform with regard to their suitability for a 22 nm technology. In cooperation with partners from industry, the institute specifies a standardized innovative module for X-ray metrology and virtual measuring technology which can be integrated into a 450 mm platform. Another important topic within the framework of the project is plasma simulation for 450 mm. Moreover, IISB coordinates all specifications for 450 mm and is in charge of integrating the specifications of the partners. The Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering (IOF) in Jena works on device components for lithography.

On the one hand, the project is funded by the EU within the framework of „ENIAC“ (European Nanoelectronics Initiative Advisory Council) and on the other hand, it is funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) on the basis of the its High-tech Strategy „IKT2020“ (information and communication technologies 2020) for German participants. In the medium-term, funding program of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is to strengthen and to further develop the competitiveness of Germany as a location for research, production and employment in the field of information and communication technologies (ICT). This similarly applies to the entire European joint research project with regard to Europe as a location for semiconductors including materials and semiconductor manufacturing equipment.

- 1 *Historical development of the size of silicon wafers.*
- 2 *Wafer with a diameter of 450 mm.*

### Contact

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

# SEMICONDUCTOR MANUFACTURING EQUIPMENT AND METHODS



## IMPROVE – Research for the Semiconductor Manufacturing of Tomorrow

Besides the technology of integrated circuits, also their production represents a growing challenge: The produced components become more complex, which on the one hand increases the demands on the production processes. On the other hand, the cost pressure on the European semiconductor industry in global competition has been rising continuously.

In this area of competing priorities, Fraunhofer IISB has done research since 2009 in the 3-year joint project “IMPROVE” together with 30 European partners (semiconductor manufacturers, research institutes, universities, equipment suppliers and service providers) towards the strategic goal of sustainably increasing the efficiency of European semiconductor manufacturing.

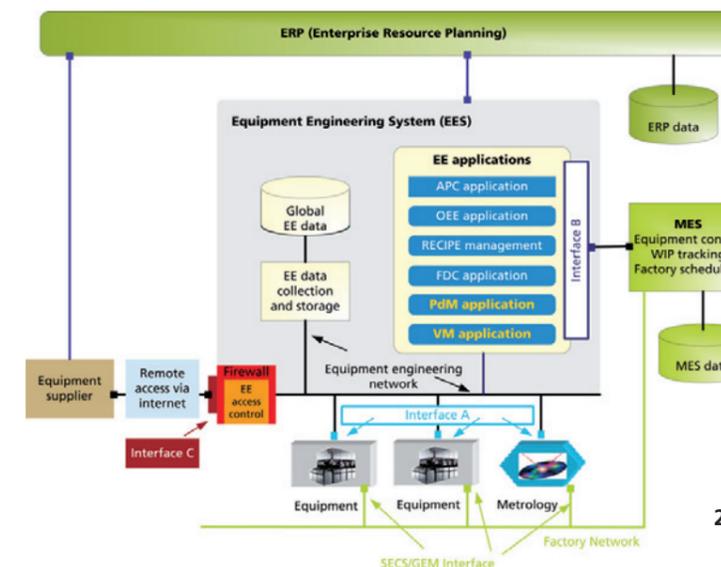
There are ten manufacturing locations involved in the project. Thus, it was an important task in the early stages to survey the individual state-of-the-art as well as the specific expectations and constraints. In a first step, members of the IISB determined this initial situation in on-site workshops. The survey results directly influenced specifications and software architecture development (see figure 2) for the three research areas of the project:

1. Virtual Metrology: Staff members of Fraunhofer IISB intensively explore the correlation between available data from process and equipment and wafer or device parameters, which are normally obtained by using metrology. Where such a clear correlation can be proven and transferred to a calculation model, real measurements may be replaced by actually calculating desired quality parameters – the virtual measurement. In a concrete application, the trench depth achieved by etching was determined by a “virtual measurement” based on equipment parameters such as pressure and high-frequency data and logistic parameters, e.g. recipe and equipment number, with a deviation of less than one percent.
2. Predictive Maintenance: Available process and equipment data are analyzed to identify correlations with known failure or maintenance modes of an equipment in order to develop models for the prediction of actual failures or maintenance events. The idea is to replace, for example, time-based maintenance plans by event-based maintenance instructions and thus to achieve an optimum production time for equipment. In a specific production scenario, the best time for a change of the filament of an implantation system was determined from

equipment parameters using Bayesian networks. This approach would replace a standard maintenance plan merely based on time and throughput.

3. Adaptive Control Planning: The purpose of this area of research is the optimization of measurement intervals and the minimization of time-consuming measuring steps to reduce the total throughput time in production and thus to lower costs. In one application of adaptive planning, the number of samples for defect density measurements was reduced by 56 percent, while the risk of examining an insufficient number of wafers was reduced by 94 percent.

As these new approaches for optimized production make new demands on the suppliers of semiconductor manufacturing equipment, Fraunhofer IISB established a so-called “Equipment Forum” in which the specifications of “IMPROVE” can be discussed directly with the equipment companies.



1 Research for efficient and competitive semiconductor manufacturing in Europe.

2 Architecture of the fab-wide control framework in “IMPROVE”.

### Contact

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

# SEMICONDUCTOR MANUFACTURING EQUIPMENT AND METHODS



## Accredited Analytical Laboratory at Fraunhofer IISB

The Analytical Laboratory for Micro- and Nanotechnology at the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology (IISB) received its accreditation as a testing laboratory according to DIN EN ISO/IEC 17025:2005 in December 2009. The testing laboratory carries out tests in the fields of physical, physico-chemical, and chemical analysis of substrates, media, and materials for micro- and nanotechnology. The accreditation of the testing laboratory in Erlangen demonstrates the competence and pioneering role of Fraunhofer IISB in the area of material and trace analysis for micro- and nanoelectronics.

Within a three-year preparation phase time, in close cooperation with other European partners and funded by the EU in the project "ANNA", a quality management system has been implemented and all quality-related processes within the laboratory have been documented in accordance with the ISO standards.

A so-called quality manual has been created as the key document in which the management describes its commitments and measures to assure and continuously improve the quality of the laboratory. It comprises the description of the set-up and the process-oriented organization, defines responsibilities and authorizations and refers to compulsory procedures, specifications and documents. Specific procedures for every method and every equipment have been created to ensure the correct and reproducible operation and handling of the equipment. For every method, significant parameters have been identified which reflect the current condition of the hardware and other parameters. Based on this data, control charts were set up to guarantee the generation of reliable and traceable measurement data and results. For the ion chromatography method, for example, one standard solution of chloride as reference sample with a known concentration is analyzed per working day. The result is compared with the expected value and only when the measured value lies within certain defined limits, unknown samples from customers are analyzed and quantified.

By doing this, errors in the preparation of calibration solutions or through dissolutions as well as hardware problems can be detected at an early stage or prevented at all. Furthermore, the participation in round-robin test is mandatory for every analyzing method of an accredited laboratory to verify the method in comparison with other facilities and institutes.

In the field of ultra-trace analysis, in particular for the field of micro- and nanotechnology, there are only a few institutions which are accredited. The number of participants in round-robin tests is therefore limited.

For all members of staff of the accredited laboratory, training measures are mandatory and their planning obligatory. Accomplishment or attendance of training measures must be documented to continuously qualify the personnel and to improve the know-how within the analytical laboratory. One person has been trained and officially appointed as quality manager to coordinate the implementation and the maintenance of the quality management system.

On 8<sup>th</sup> December 2009, the first audit was carried out at Fraunhofer IISB by two experts contracted by the "Deutsches Akkreditierungssystem Prüfwesen GmbH" (DAP). They audited the functioning of the quality management system, the processes within the laboratory as well as the technical documentation, records and analysis reports. On 22<sup>nd</sup> December 2009, the accreditation certificate according to DIN EN ISO/IEC 17025:2005 for the Analytical Laboratory for Micro- and Nanotechnology at Fraunhofer IISB was issued. Reaccreditation is required after five years in case the accredited status should be maintained. Within the five-year period, annual internal and external audits will be performed with respect to the quality management system and the technical procedures to evaluate and optimize internal processes.

In December 2010, an auditor, delegated by the accreditation body, visited the analytical laboratory at Fraunhofer IISB for a mandatory review. The inspection revealed only minor deviations from the standard. The next inspection is scheduled for summer 2012.

### Contact

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

1 *Cleanroom area of the Analytical Laboratory for micro- and nanotechnology at Fraunhofer IISB in Erlangen.*



## Focal Areas of Research and Development, Trends, and Potentials

Above all, technology stands for research, but also for services for the development of electronic devices on all dimensional scales. From nano-technology to printable macroelectronics, the technology department is your contact for the realization and characterization of single process steps, devices, and prototypes. Based on comprehensive cleanroom facilities, the silicon as well as the silicon-carbide processing forms the backbone of the technology. Examples for current activities are highly dissolved electrical characterization of novel dielectric layers, the development of tailored ion implantation processes, advanced integrated power devices, printing methods for inorganic materials or the preparation of nanostructures with focused ion beam technology. Increasingly, the heterogeneous integration of various technologies gains more and more importance.

For this purpose, IISB and the Chair of Electron Devices of the University of Erlangen-Nuremberg operate joint cleanroom facilities of 600 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 of up to 200 mm. An industrial CMOS process transferred from industry to IISB 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 sputter and chemical vapour deposition tools on the basis of ALD and MOCVD for the deposition of high-k and metallic layers. Adaptation of the process 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. 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 have been established (e.g. commercial tools have been modified to be able to implant several wafer diameters and manifold elements at elevated temperatures).

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. In the meantime, the IISB can perform nearly all manufacturing steps on SiC substrates. Devices, which are under development, are chemical gas sensors on a MOSFET basis with attached logic gates for high-temperature applications and power devices like vertical and lateral DMOS.

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 failure analysis during the processing of semiconductor devices or the tracing of failure causes. The spectrum for electrical characterization has been further increased (e.g. lifetime measurements).

Another focal area of the department's work is the processing of structures in the range of a few nanometers as well as the repair and analysis of prototypes of electronic devices with focused ion beam (FIB) techniques and electron beams. In addition to that, nanoprobe 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. Based on these experiences, models have been developed describing the collateral modifications of the substrates outside the purposely irradiated areas.

The focus of the activities in the field of printable electronics is the investigation and development of manufacturing methods for solution processing of inorganic thin-films for electronics. A special focus is set on the interaction of processing and the resulting electrical properties of the application. Based on inks with semiconducting, conducting, and insulating nanoparticles, thin-film transistors (TFTs) comprising printed features are realized and the properties of functional thin-films made by means of liquid processing are analyzed in detail.

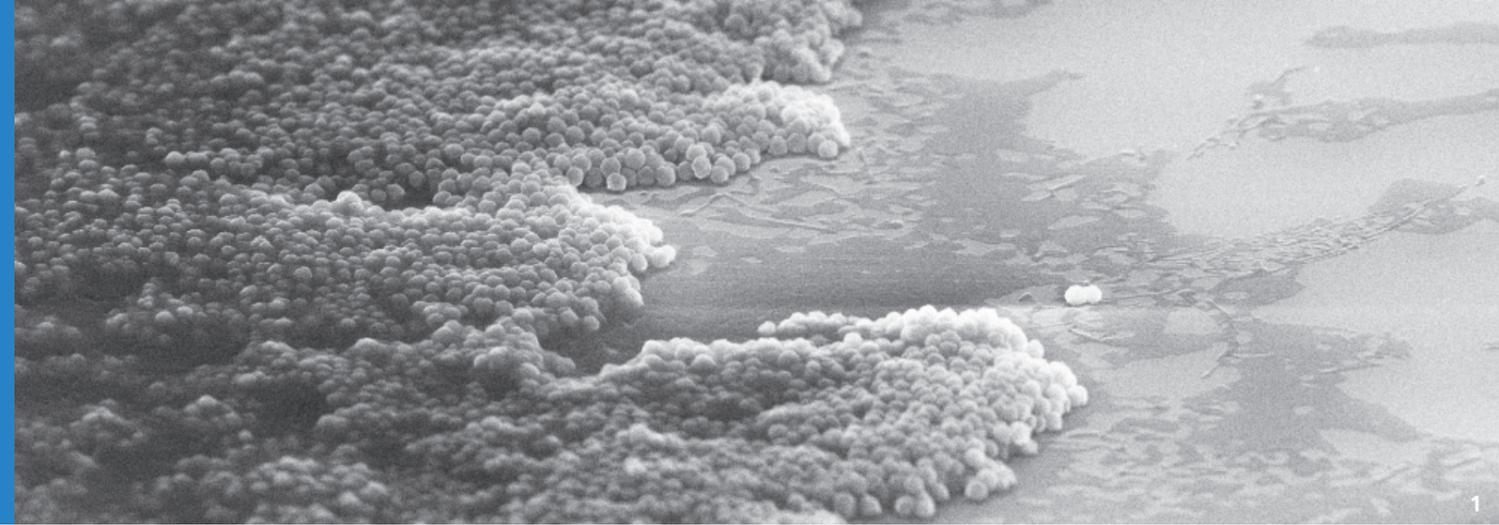
### Contact

Dr. Anton Bauer

Phone: +49 (0) 9131 761-308

anton.bauer@iisb.fraunhofer.de

1 *Dr. Anton Bauer,  
head of the department.*



## Synthesis of Nanoscale Materials

Inks for liquid processing of electronic materials are typically composed of the precursors, solvents, and additives. The most important precursor species are either molecules or nanoparticles of the target material. Together with its partners, IISB pursues several approaches for the synthesis of inorganic nanopowders.

Liquid processing of functional electronic films promises tremendous cost benefits compared to classical silicon or vacuum-based thin-film technologies. The application of additive deposition techniques omits photolithographic masking as well as etching techniques and allows the material-saving production of large-area applications like displays, photovoltaic cells, and solid-state light sources (e.g. OLEDs). Problems with the assembly of tiny chips also make printed circuits an alternative to conventional silicon technology when addressing low-complexity applications like RFID tags. At present, function and performance of liquid processed devices is mainly defined by the quality of the materials used. Focusing on inorganic materials, IISB works in the field of ink development for future layer systems, devices, and application developments.

The precursors, comparable to dye pigments in graphical printing, are mixed with solvents and several additives (e.g. stabilizing, rheological and wetting agents) to yield the final inks. Ingredients in general are supplied as molecular precursors or nanoscale particles. For molecular precursors, the materials formation is done in situ after deposition resulting in a thermal exposure of the substrate. In contrast, particle precursors are exposed to thermal load before ink preparation and layer deposition. The substrate is subjected to a minor thermal load necessary for solvent / additive evaporation and improvement of particle contacts. Thus, the use of powder precursors offers the possibility of low-temperature processing, allowing for the use of cheap and flexible plastic substrates. IISB pursues different approaches for the synthesis of nanoscale materials together with partners from the University of Erlangen-Nuremberg.

Facilities for the gas-phase synthesis of silicon nanoparticles have been set up in the cleanroom in cooperation with the Institute of Particle Technology. The pyrolysis of the precursor gas leads to nucleation of silicon. Further ripening of the particles can be controlled by the retention time in the hot zone of the reactor which is typically in the order of a few hundred milliseconds. The joint experiences in process and semiconductor technology enabled the production of extremely pure powders with tailored volume and surface properties. The successful collaboration is con-

tinued within the Cluster of Excellence „Engineering of Advanced Materials“ at the University of Erlangen-Nuremberg. Recent achievements are the processing of powders into inks and test devices under exclusion of oxygen. The devices are characterized by the Chair of Electron Devices (LEB) with respect to their suitability for printed electronics. In addition to this work, a second multi-stage furnace was built. In the future, this facility will allow for the preparation of more complex particles (e.g. gas-phase surface functionalized).

A complimentary technique for particle synthesis is precipitation where growth is taking place directly in solution. Typical reactions are hydrolysis of metal salts in an acidic or alkaline environment. Stabilizing ligands can be introduced during synthesis and also act as a limiter for particle growth. Deduced from frequently used recipes for synthesis of ZnO semiconductor structures, IISB and LEB jointly work on the realization of alternative metal-organic semiconductor materials.

Besides the mentioned bottom-up approaches, nanostructures can also be produced by top-down techniques (e.g. by patterning of layers or grinding). Researchers at IISB have developed a technique that allows for the manufacture of nanoparticles from sputtered layers. As the stoichiometry of the sputtered layer determines the composition, particles can be designed independently of chemical equilibria. Together with the versatile sputter equipment at IISB, this represents a powerful route for the assessment of novel materials and compositions.

1 *Semiconducting metal-oxide nanoparticles synthesized by precipitation.*

### Contact

Dr. Michael Jank  
 Phone: +49 (0) 9131 761-161  
 michael.jank@iisb.fraunhofer.de

## Exhaust Sensors on Silicon Carbide

Silicon carbide (SiC) is an ideal material for high-power as well as for high-temperature electron devices due to its wide band gap, its high thermal conductivity and the fact that its critical field strength is ten times higher than that of silicon. Since the quality of the wafer material is continuously being improved, SiC is gaining more and more attention.

In the project „InoSens“<sup>1</sup>, which was launched in May 2010, the high-temperature capabilities of SiC are being used more than its power capabilities. During this project, the IISB is working on the development of MOS-based exhaust sensors and electron devices for logic circuits. Due to their compactness and temperature stability, the aim is to be able to put the sensors together with a simple evaluation unit directly in the exhaust in order to measure noxious gas levels without the need for an expensive packaging technology.

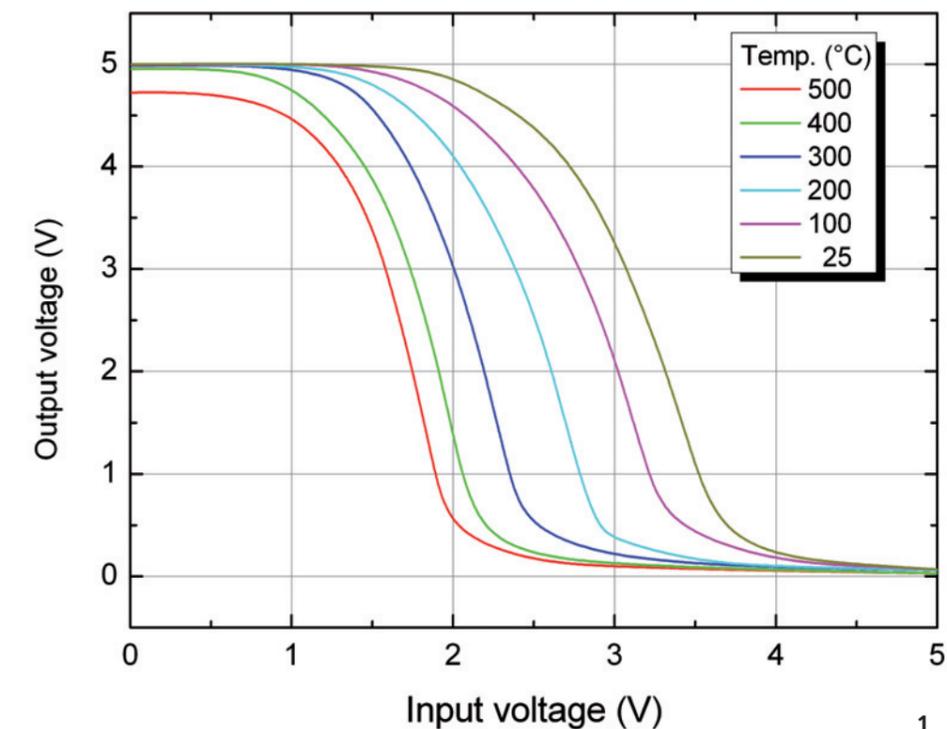
As regards the development of the sensors and electron devices, the IISB is able to draw upon many years of experience in the field of SiC technology (notably doping by ion implantation, high-temperature annealing or oxide growth). Since a complete SiC processing line is available, almost all process steps for the fabrication of the sensors, electron devices, and test structures will be performed by the IISB.

In many respects, the work to be performed makes very high demands. The processing of the sensors and electron devices with more than ten mask layers and more than 200 process steps is quite complex and requires the process steps to be performed with utmost accuracy, reproducibility and a sophisticated process control. The high operating temperatures intended require the optimization of key process steps such as gate oxide growth or the development of a temperature-stable and well-adhering metallization.

As regards the fabrication process steps of the sensors and electron devices, process modules were developed and established such as dry etching modules for the structuring of SiC and SiO<sub>2</sub> layers, or an annealing module for the electric activation of the implanted ions.

<sup>1</sup> „InoSens“: Integrierte elektronische Halbleiterabgassensoren. The project is funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). Support code: 03X3544C. In addition to silicon carbide, gallium nitride is considered as potential base material.

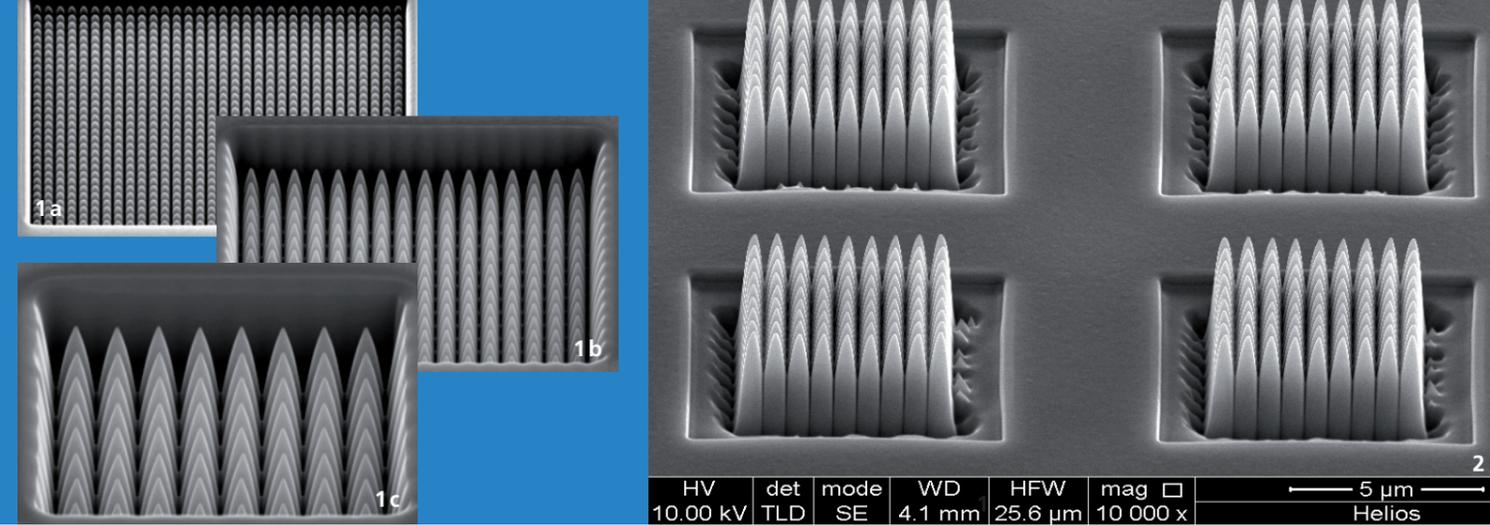
In first process runs for the fabrication of active and passive high-temperature electron devices, MOS transistors as well as resistors and capacitors have been realized. In addition, first logic gates (NOT and NAND) in NMOS technology have been fabricated successfully. The figure below shows the transfer characteristics of an inverter operated at temperatures from 25 °C up to 500 °C. For all temperatures, the characteristics indicate stable switching behavior. At an operating voltage of 5 V, almost ideal low and high levels of 0 V and 5 V, respectively, are reached for temperatures of up to 400 °C.



<sup>1</sup> Transfer characteristics of an NMOS inverter as a function of temperature.

### Contact

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



## Nano-Structured Electrodes for Future Cochlear Implants

Hearing implants belong to the best-developed systems in medical technology. However, the efficiency of such implants decreases significantly with time as their electrodes will be covered by stromal cells. The aim of the biennial project entitled "Nano-structured electrodes for the electrical manipulation and characterization of cells" funded by the BMBF (ID INMT09-17) is to selectively prevent stromal cells from growing on cochlear implants. Cochlear implants are being used for deaf persons whose acoustic nerves are still being functional, but where conventional sound-amplifying hearing devices are not sufficient. The naming of the implants comes from the fact that their electrodes, which stimulate the nerve cells, are directly implanted into the Cochlea inside the ear. Removing stromal cells from the electrodes will be realized by very short pulses of high electrical fields at the surfaces of the electrodes. In order to achieve such high fields with small voltages, field amplification by means of nano-structured electrodes will be used here.

The principle-based research project is being coordinated by the Institute for Bioprocessing and Analytical Measurement Techniques (iba) in Heilbad Heiligenstadt. Further project partners are the IISB, the Hannover Medical School (MHH), and the Dr. Langer Medical GmbH, Waldkirch, as an associated partner.

Most critical questions, which should be addressed within the project, are:

- Can stromal cells be removed effectively from the electrodes by the application of electrical stimuli?
- Are implanted micro-electrodes capable of differentiating between nerve and stromal cells?
- How does the electrode structure influence the growth behavior of cells?

The isolation and growth of Cochlear-specific nerve and stromal cells is the task of the MHH whereas the iba is responsible for electrical characterization and manipulation of the cells.

The IISB develops a specifically designed test chip with periodically arranged nanostructures. Each chip has 25 electrodes with 16 nano-structured elevated pads with a base area of approximately 25  $\mu\text{m}^2$ . Each electrode is electrically insulated and can be contacted individually. Silicon is being

used as electrode material and except the nanostructuring the whole chip is being processed using conventional semiconductor technology.

With respect to the manipulation of the relevant cells, both the optimum shape and periodicity of the nanostructures have to be determined within the framework of the project. Therefore, FIB (focussed ion beam) as a direct writing patterning method has been chosen for the manufacturing of the nanostructures: FIB allows the very flexible generation of nanostructures with a wide range of different shapes and dimensions without the need of various masks for each different design.

For many years, the IISB has a strong and growing competence in the development and manufacturing of single tips with diameters well below one micrometer and high aspect ratios or other customer-specific requests. Above all, such structures are being used in scanning probe microscopy. FIB processing time for such structures typically is in the range of minutes. Within the project, the challenge in the nanostructuring of the electrodes is the manufacturing of a multitude of periodically arranged tips with a small distance between them (see fig. 1). As each electrode consists of 1250 – 15000 single nanostructures, the development of very effective processing strategies and automation of FIB processing is essential.

In the first six months of the project, comprehensive and systematic development and optimization was performed of both FIB nanostructuring and designing as well as processing of the chips in the cleanroom which is jointly operated by the University of Erlangen-Nuremberg and the IISB. As a result, first nano-structured test chips could already be successfully realized (see fig. 2). The nano structuring – automatized for each chip – takes about 4 minutes for the four electrode pads shown. These results clearly demonstrate the gain in experience and competence of IISB obtained within the framework of the project in the field of FIB-based nanostructuring.

- 1 FIB-modified silicon surfaces (SEM images, sample tilted by 52°) with nanostructures of different periodicity:
  - a) 150 nm
  - b) 300 nm
  - c) 600 nm
- 2 Detail of a nanostructured electrode from a fully processed test chip (SEM image, sample tilted by 52°).

### Contact

Dr. Mathias Rommel  
 Phone: +49 (0) 9131 761-108  
 mathias.rommel@iisb.fraunhofer.de



## Focal Areas of Research and Development, Trends, and Potentials

Ten years of power electronics at IISB – against this background, the year 2010 was characterized by quite a number of significant events.

On 1<sup>st</sup> February, the new working group „Energy Management“ under the direction of Dr. Vincent Lorentz took up its work. The group’s field of activity comprises hardware and software development for electric energy storage systems and energy-efficient converters as well as smart power ASIC design.

From 8<sup>th</sup> to 12<sup>th</sup> March 2010, the first “DRIVE-E Academy” took place in Erlangen – a joint initiative of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and “Fraunhofer-Gesellschaft” hosted by Fraunhofer IISB. Sixty, mostly correspondingly educated students from all over Germany experienced a week, characterized by electric mobility with professional lectures of well-known speakers, excursions, and the award ceremony for the “DRIVE-E Students’ Awards”.

On 3<sup>rd</sup> May, the first sod was turned for the extension of the existing building of the institute in Erlangen. An additional usable area of 1500 m<sup>2</sup> will provide the area urgently required for the strong growth of our activities in the fields of electric mobility and energy efficiency. Another highlight of this event was the successful maiden voyage of our Hybrid TT with the Bavarian State Minister for Economic Affairs, Dr. Martin Zeil, as a test driver. The development of the entire hybrid equipment of the vehicle – the electric drive unit, the intelligent battery system, the charging technology as well as the integration of all hybrid components in a series production vehicle with regard to hardware and software – was carried out completely by the department of Power Electronic Systems of IISB which thus impressively proved its systems expertise.

On 2<sup>nd</sup> June, the kick-off event for the Fraunhofer Innovation Cluster “Electronics for sustainable Energy Use” took place. Guests of honour were Katja Hessel (Secretary of State at the Bavarian State Ministry for Economic Affairs, Infrastructure, Transport, and Technology), Dr. Ulrich Katenkamp from the Federal Ministry of Education and Research as well as Prof. Dr. Ulrich Buller (Fraunhofer Senior Vice President). The objective of the Innovation Cluster is to bundle research and development potentials already existing in Northern Bavaria as well as to act as a driver of innovation and as a transfer interface between partners from research and industry. The project focuses on megawatt power electronics, on electric mobility, and on energy-efficient system solutions for home and office.

On 20<sup>th</sup> July, we had the pleasure of officially inaugurating our test center for electric vehicles. With an investment of almost 4 million euros, mainly from the national economic recovery plan (“KoPa I”), an infrastructure for testing electric vehicles was established at IISB, which is unique in Germany in this form. In this test center, all components of an electric power train as well as complete electric vehicles can be characterized and the system components can be subject to electrical and thermal reliability tests.

On 18<sup>th</sup> October, we started a series of colloquia on power electronics in cooperation with the Bavarian Cluster “Power Electronics”. Once a month, the respective colloquium focuses on a concrete professional subject, which is dealt with by renowned experts from university, research, and industry and which subsequently provides a platform for discussion. The objective of the event, which primarily addresses interested people from the metropolitan area of Nuremberg, is to inform about current topics, to bring together the protagonists of power electronics in the metropolitan area of Nuremberg as well as to promote the exchange of ideas and to stimulate innovations. With an average of sixty participants (fourth quarter of 2010, first quarter of 2011), the feedback with regard to this new offer exceeded our expectations by far.

On 21<sup>st</sup> October, our field of activity “Electric mobility” was awarded with the title “Selected Landmark 2010” within the framework of the federal competition “365 Landmarks in the Land of Ideas” under the patronage of the Federal President of Germany. With an all-day series of lectures on current research topics and research results, an “open day” at the test center for electric vehicles and an attractive exhibition with demonstrations, we simultaneously celebrated this day as the institute’s annual meeting and as an anniversary ceremony looking back on “10 Years of Power Electronics at Fraunhofer IISB”.

The series of events 2010 was concluded by a roadshow of the Fraunhofer “Forum Elektromobilität e.V.” (Forum for Electric Mobility) on 9<sup>th</sup> December in Erlangen.

All these activities took place additionally to the on-going research projects, which in 2010 entailed an excellent economic result with an industry yield of more than 30 percent once again. At this point, sincere thanks are given to all colleagues of the department and to all supporters from the institute.

### Contact

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

1 Dr. Martin März  
head of department.

## Distributed Power Conversion in Smart Photovoltaic Solar Panels – Cooperation on the European Scale

This research project is named “Distributed Power Conversion in Smart Photovoltaic Solar Panels” and is based on a frame contract of the Heterogeneous Technology Alliance. A robust, reliable and future-proof topology for photovoltaic solar arrays is developed, which will guarantee the best possible utilization of solar energy. The essential component of this project is an intelligent power converter which enables the interconnection of solar panels independently of their electrical characteristics. The objectives will be achieved in a binational cooperation between Fraunhofer IISB in Erlangen and CEA-Leti (Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives) in Grenoble, France.

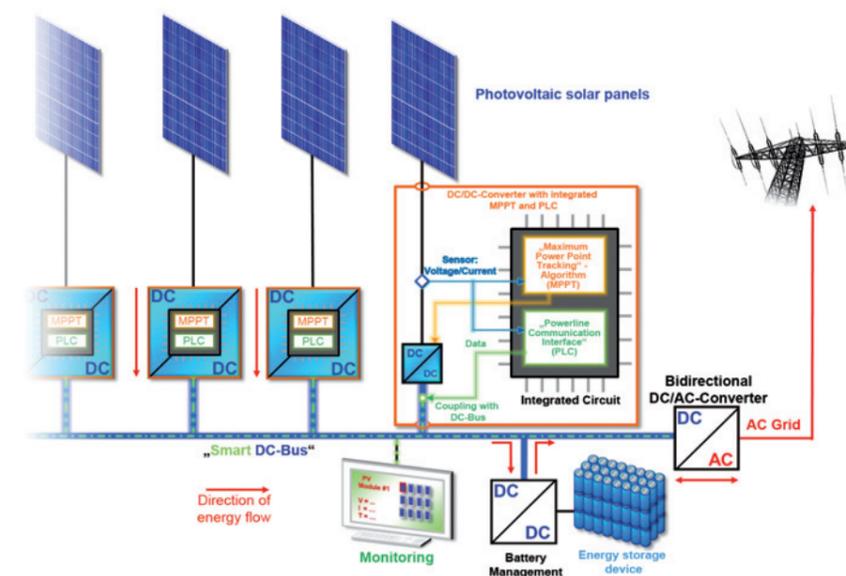
Usually, the solar panels of a solar array are connected in series to achieve a higher output voltage which enables a more efficient conversion to the specific grid voltage. However, this topology has several major disadvantages. Whenever one solar panel in the series connection is not able to supply its maximum power, it limits the current flow of the whole series, which means that all other solar panels are not able to operate at their maximum power point as well. Additionally, only solar panels with similar electrical parameters are able to be connected in such a series connection. Given the long lifetime of solar arrays, the availability of replacement panels in case of a defect has to be considered. A solution for these problems is the use of a modular topology for the solar array. This means that all solar panels are equipped with a separate voltage converter. In the topology utilized in this project, the voltage converters first feed into a DC bus with a constant DC voltage which in turn is connected to the power grid by means of a central DC/AC converter. The topology depicted in the figure also enables – in addition to an individual maximum power point tracking (MPPT) – monitoring of each individual solar panel. For this purpose, each voltage converter is equipped with an interface for communication over the DC-bus. The wires, which were originally designed only for the transmission of electrical energy, can now additionally be used to transmit information. This method is called “Powerline Communication” (PLC). Sensors placed at the solar panels collect data like current, voltage, and temperature and send them to a central monitoring unit via the DC bus.

Due to this modular topology, there is no need to pay special attention to the compatibility of solar panels when arranging the components of a solar array. Furthermore, replacing the solar panels or the central DC/AC converter is not necessary when expanding an already existing solar

array. Additionally, looking ahead to the future, the integration of an electrical energy storage device becomes increasingly attractive, not at least caused by the cut-backs in public subsidies for the feed-in of solar energy. Due to this energy storage device, the own consumption of the generated solar energy can be enhanced. Furthermore, the stored energy can be controlled to be fed to the power grid at times when the grid-sided demand is especially high. Combining this with prospective, demand-oriented variable price models could be very profitable.

To increase the robustness and reliability of the solar modules, an integrated circuit is being developed for the intelligent DC/DC converter. To manufacture this integrated circuit, a high-temperature manufacturing process is utilized. The integration of the system functions makes the solar modules more resistant than a comparable discrete solution and it is cheaper when it is manufactured in high volume.

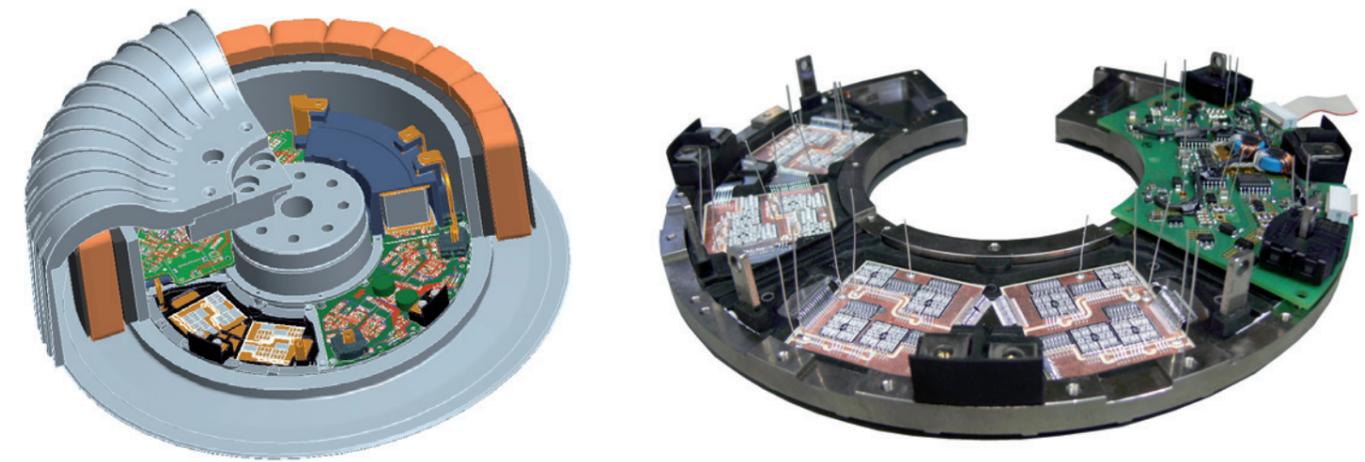
All these measures enable the creation of a future-proof, robust, and efficient concept for solar arrays, which is especially interesting for small-scale arrays because of the addition of an electrical energy storage device.



1 Modular topology of the solar array with an additional energy storage device.

### Contact

Dipl.-Ing. Markus Niedermeier  
Phone: +49 (0) 9131 761-322  
markus.niedermeier@iisb.fraunhofer.de



1

## System Integration of Power Electronics in Electric Vehicles

In the context of the project „FSEM – Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität“, two drive systems are realized in cooperation with different Fraunhofer institutes. For this project, a drive inverter for the application in wheel-hub motors and a universal integrated axle-drive unit have been developed at the Fraunhofer IISB.

### Integrated drive inverter for wheel-hub motors

The drive inverter that is fully integrated into the wheel-hub motor generates a frequency-variable alternating current out of the direct current of the traction battery. Thus, a continuous power of 30 kW and a peak power of 65 kW are available at each motor. The drive inverter located between battery and motor and developed at IISB for this application is integrated without requiring additional construction space into the external rotor motor. The integration of the drive inverter into the motor offers the possibility of a common use of the existing motor cooling circuit. The expected electromagnetic transient emissions should be reduced because of the shielding effect of the metallic motor housing in which the drive inverter is situated. The structure of the system is redundant because of its realization as two three-phase partial machines in one wheel-hub motor. If one motor or one phase fails, the system can be operated with half power.

Special demands concerning construction, contacting, and thermal behavior are made regarding to the integration of power electronics into the motor. High requirements concerning robustness and vibration resistance of the drive inverter are necessary because of the integration into the unsprung area of the vehicle. All loads occurring to the wheel directly affect the drive inverter. To meet these high requirements, the power connections to the DCBs have been realized with wire bonds. By means of thermal simulations of motor and drive inverter during the development phase, the thermal behavior of the system has been characterized and optimized in advance.

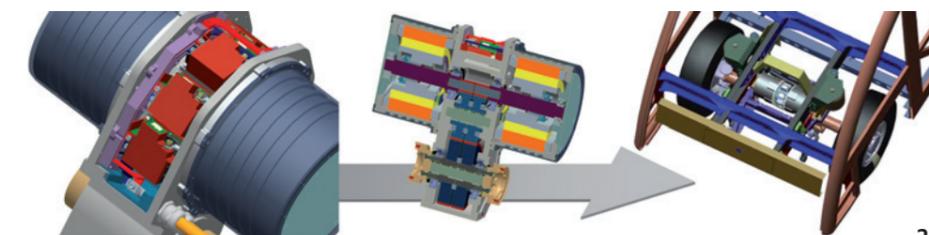
### Integrated axle-drive unit

The axle-drive system developed at Fraunhofer IISB is suited for a wide range of vehicles – e.g. the Fraunhofer „Autotram“, buses, vans, and electric vehicles. The concept is characterized by a direct integration of the drive inverters into the driving unit. The possibility of a free torque allocation to the two driving wheels is realized by two mechanically independent single-wheel

drives and a double drive inverter with separate field-orientated control for the two electric motors. Altogether, a drive power of 2 x 80 kW and a torsional peak torque of 2000 Nm are available at each wheel. The drive inverter system placed in the area of the gearbox consists of six inverter building blocks.

The development of these inverter building blocks with a homogenous material system based on aluminium from the cooling plate up to the power terminals is a further part of the project „FSEM – Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität“ in cooperation with different Fraunhofer institutes. A direct contacting of the phase connectors of the motor as well as the common use of a single cooling circuit for all components are, amongst others, the main advantages of the integration of drive inverters. Coated gear wheels for a reduced tooth flank friction as well as constructive techniques for a minimization of the load-independent gear friction losses have been realized in the double spur-wheel gearbox unit with a gear reduction of 7:1 for an optimized efficiency.

A main focus of the project was the development of an energy-efficient drive system so that most of the costly stored electric energy in the vehicle can be converted to driving power and vehicle range. This aim of optimization calls for a comprehension of the transient interaction of the components electric machine, drive inverter and gearbox in the mechatronic overall system. A simulative modeling of the complete electric drive system realized in this project was used for the choice of the most adequate electric machine considering the aspects of efficiency, power density, and safety in case of failure.



2

1 Drive inverter for „Frecc0“ wheel-hub motors.

2 Integrated axle-drive system with 2x80 kW drive power and single-wheel drive.

### Contact

Dr. Bernd Eckardt  
Phone: +49 (0) 9131 761-139  
bernd.eckardt@iisb.fraunhofer.de

# POWER ELECTRONIC SYSTEMS



## Hybrid Test Vehicle and Test Center for Electric Vehicles

On 3<sup>rd</sup> May 2010, the Audi TT which has been converted to a hybrid test vehicle by Fraunhofer IISB in two years of development work could be presented to the public and test-driven by the Bavarian Minister of State for Economic Affairs, Infrastructure, Transport, and Technology, Dr. Martin Zeil.

### Audi TT – test platform for electric mobility

By means of this development platform for electric mobility, the concept of a through the road coupled parallel hybrid has been realized. For this purpose, as for an all-wheel driven variant, an electric drive unit with two independent electric engines has been installed instead of the rear-axle differential. Besides two asynchronous electric motors with a power of 20 kW each, this compact drive unit is equipped with two planetary gears with a transmission of 6:1. Thus, the rear wheels have a torque of 600 Nm each which also allows electric driving of the vehicle. At the same time, the power electronics intended to drive and control the two motors is integrated into the housing of the drive unit.

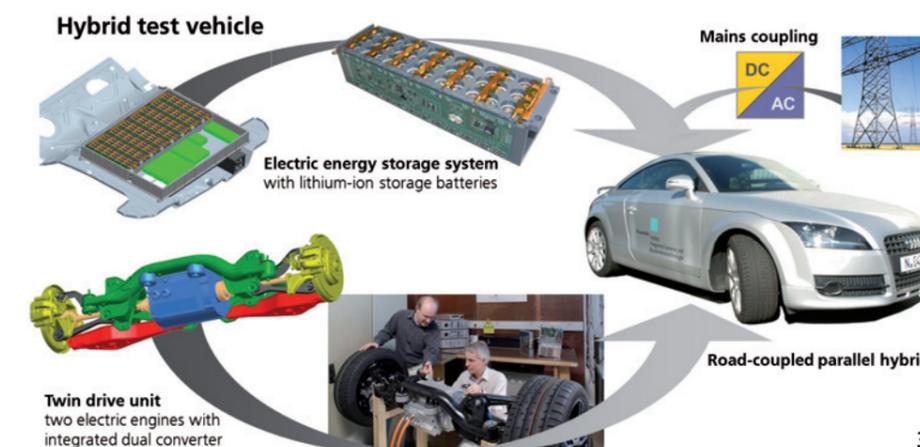
The energy required for electric driving is stored in a lithium iron phosphate rechargeable battery system with a voltage of 317 V and an energy content of 2.2 kWh. In addition to the rechargeable battery cells, an isolating voltage converter from 317 V to 12 V with a power of 2.5 kW, a bidirectional charger with 2 kW and a bidirectional DC-DC converter to increase the battery voltage to up to 430 V for the powertrain have been built into the air-cooled battery system which is located in the trunk of the vehicle. By means of these components and with a hybrid control system developed at Fraunhofer IISB, the front-driven Audi TT could be converted to a fully hybrid vehicle without any limitations of the trunk volume.

### Test center for electric vehicles

Vehicles with an electric powertrain are subject to completely new requirements with regard to measuring and testing technology. Tailored to these requirements, the new test center of Fraunhofer IISB in Erlangen, which was inaugurated in 20<sup>th</sup> July 2010, offers a unique infrastructure by means of which the individual components of electric vehicles and even entire vehicles can be measured and optimized.

The test center comprises test stands for electric drives, energy storage systems, electrical and thermal reliability as well as electromagnetic compatibility. The core element is a roller-type test stand in a temperature-controllable test room. Thus, it is also possible to examine entire vehicles, e.g. regarding their range under extreme ambient conditions. Here, one of the development objectives is to minimize the total energy demand of the vehicles by means of an optimized thermal management, highly efficient power electronics, and energy-efficient auxiliary units.

By means of an engine test bench equipped with two load motors with a maximum power of 275 kW and 3000 Nm each, it is possible to measure entire axle drives of vehicles. For tests of vehicle batteries, a separate fire-protected test container in which vehicle batteries of up to 800 V can be discharged and charged with a maximum current of 500 A. To test the electromagnetic compatibility (EMC), the test center is provided with a fully shielded drive-in test cabin which is equipped with ferrite absorbers. The core piece of the test center for electric vehicles is a temperature-controllable all-wheel roller-type test stand for speeds of up to 140 km/h for testing and optimizing the energy efficiency.



1 Bavaria's Minister of State for Economic Affairs, Martin Zeil, as test driver during the successful maiden voyage of the Hybrid TT.

2 Inauguration of the IISB test center for electric vehicles. From left to right: Prof. Frey (director of the institute), Dr. Martin Zeil (Minister of State) and Ulrich Schüller (head of the directorate-general 4 „Science Systems“ of the Federal Ministry of Education and Research) in front of the test room with the temperature-controllable all-wheel roller-type test stand.

3 Hybrid Audi TT: IISB test platform for power-electronic system components.

### Contact

Dr. Bernd Eckardt  
Phone: +49 (0) 9131 761-139  
bernd.eckardt@iisb.fraunhofer.de

## Selected News

### Electronics for the Future – 25 years of Fraunhofer IISB Opening of the IISB Test Center for Electric Vehicles

The Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology IISB celebrated its 25<sup>th</sup> anniversary. Themed “25 years of Fraunhofer in Erlangen”, on 20<sup>th</sup> of July 2010, the jubilee of the institute was celebrated together with the jubilee of Fraunhofer IIS. The highlight of the event was the official opening of the Test Center for Electric Vehicles at IISB.

The opening of the new Test Center for Electric Vehicles at IISB by the Bavarian Minister for Economic Affairs, Martin Zeil, and the director of the department “Wissenschaftssystem” at the Federal Ministry of Education and Research, Ulrich Schüller, as the guests of honor, symbolized first of all the way into the next quarter of the century. Nevertheless, there was reason enough for Fraunhofer IISB to look back on the successful development of the last 25 years.

It all began in July 1985 as a department for device technology (AIS-B) of the Fraunhofer Working Group for Integrated Circuits under the direction of IISB’s founding director Prof. Heiner Ryszel. At the beginning of 2003, as a result of an unequalled development and growth of microelectronic research in Erlangen, the IISB and its affiliated institute IIS finally became two formally independent Fraunhofer institutes with their respective present-day names. Today, there about 170 employees are working at IISB. Besides to its headquarters in Erlangen, the IISB has two more locations: the Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics ZKLM in Nuremberg and the Technology Centre for Semiconductor Materials THM in Freiberg. An important criterion for the successful development of microelectronics in Erlangen is the close cooperation of Fraunhofer with the University of Erlangen-Nuremberg. Today, Lothar Frey – just as his predecessor Heiner Ryszel – leads the Chair of Electron Devices (LEB) at the University of Erlangen-Nuremberg. The big cleanroom of the university is operated by both IISB and LEB. Employees of the IISB take an active part in the teaching and promotion of young academics. Furthermore, the IISB is partner in the Excellence Cluster “Engineering of Advanced Materials” and in the “Erlangen Graduate School in Advanced Optical Technologies”.

Within the framework of the innovation and investment program “Education and Research” of the Federal Government, the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) allocated about 4 million euros for the test center in Erlangen. Thus, an infrastructure for testing electric

1 *Opening of the IISB Test Center for Electric Vehicles, in front of the temperature-controllable all-wheel roller-type dynamometer: from the left to the right: Prof. Dr. Frey (head of the IISB), Minister of State Martin Zeil and Ulrich Schuelle (head of the department “Science Systems” of the Federal Ministry of Education and Research).*





## Continuation: Selected News

vehicles was built in the metropolitan area of Nuremberg. The new test center is provided with specifically tailored analysis and test equipment for electric drive systems and energy storage devices, electromagnetic compatibility (EMC) and reliability.

The core element is a temperature-controllable all-wheel roller-type dynamometer. Thus, electric vehicles can be tested under arctic conditions as well as under midsummer temperatures. Among other things, efficiency maps of electric vehicles can be determined and control algorithms can be optimized for examining the energy consumption. Furthermore, the test center is equipped with an EMC test cabin for passenger cars. The essential element of electric vehicles, the battery, is also in the focus of the Erlangen researchers: Here large test facilities allow electric and thermal tests of single battery cells as well as of the whole electric vehicle battery systems.

Within the Fraunhofer System Research for Electromobility, the new test center is part of a test stand master plan in order to cover all aspects of electric mobility. This contains, besides the facilities of the IISB, test stands for acoustics in Stuttgart, for operational stability in Darmstadt and crash-safety in Freiburg.

Just in time for its 25<sup>th</sup> anniversary, the IISB extended its portfolio and made another significant step towards the future as a premium research partner for power electronics and electric drive technology. Under the slogans "Nanotechnology for Electronics" and "Electronics for Sustainable Energy Use", the successful development of IISB is going on. Besides the test center, the institute will get an extension, building the first stage of which will be finished until the end of 2011. "With our fields of activity, we are addressing important basic needs of the people. This includes for example a clean environment, safe energy supply, and individual mobility", said the head of the institute, Prof. Frey: "Modern electronics often are not visible for the user and their functionality is often taken for granted. Though they are still the driving force for our further technical development – with its research activities, the IISB will contribute to that developments also in the future."

### Breaking Ground for the Extension of the Fraunhofer IISB Building

On the 3<sup>rd</sup> May 2010, the start of construction for the extension of the institute was celebrated

symbolically with the ground-breaking ceremony at the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology. The Bavarian Minister of Economic Affairs Martin Zeil, Maximilian Metzger from the Federal Ministry of Education and Research, Mayor of the City of Erlangen Dr. Siegfried Balleis as well as Prof. Dr. Christoph Korbmacher from the board of the University of Erlangen-Nuremberg were the guests of honor. A highlight was the test drive of the hybrid sports car of the IISB by the Minister of Economic Affairs.

Micro- and nanoelectronics, material development for electronics, power electronics, and electric mobility - that's what Fraunhofer IISB stands for. Founded in 1985, its number of employees increased considerably in the last few years. About 170 employees work and research at the meanwhile three locations of the institute in Erlangen, Nuremberg and Freiberg. The successful development is honored with an extension of the headquarters of the institute in Erlangen. With an area of 2500 m<sup>2</sup> (usable area of 1600 m<sup>2</sup>), the new building will offer space for 54 new employees, offices, laboratories, and storage area from the end of 2011 on.

The extension building will be basically used for the field of power electronics, which is gaining more and more importance for example for future electric energy supply or electric mobility. With numerous power electronics and energy companies as well as automotive suppliers in the region, there is a strong industrial environment for the topic.

The extension of the IISB points the way for growths and innovation in the metropolitan area. It also provides the regional economy with extended opportunities for cooperation with local research. Thus, the successful cooperation of the IISB with the University of Erlangen-Nuremberg can be further developed. The building project, having a total volume of 8 million euros including basic equipment, is financed by the national economic recovery plan ("KoPa II").

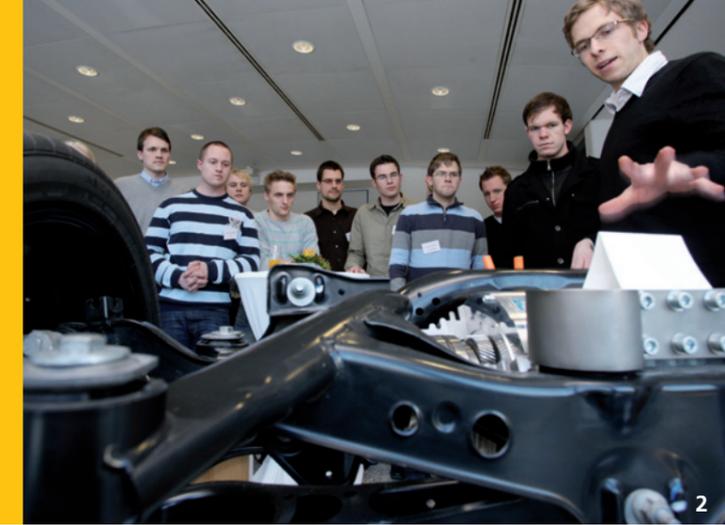
Minister of Economic Affairs Martin Zeil took his visit as an occasion to get informed about the hybrid vehicle, based on an Audi TT, which was developed by Fraunhofer IISB. The low-emission car serves as technology platform for the power electronic developments of the IISB in the field of electric mobility. Examples are the electric drive unit or the battery system. In this case, IISB succeeded in converting a series-production vehicle, as modularly as possible and without affecting the mechanical structure of the car, into a fully adequate hybrid vehicle.

The Bavarian Minister for Economic Affairs announced on the occasion of the ground-breaking ceremony: "Electric mobility is a significant technology for the future. It is environmentally friendly, efficient and competitive."

With the wide range of aspects covered by the "Zukunftsoffensive Elektromobilität", the Bavarian government wants to strengthen the competencies of the Bavarian industry and research

1 *Breaking ground for the extension of the Fraunhofer IISB building on 3<sup>rd</sup> May in Erlangen: (from left to right) Markus Scheben (head of the construction department of "Fraunhofer-Gesellschaft"), Martin Zeil (Bavarian Minister of Economic Affairs), Maximilian Metzger (head of the subdivision Information and Communication Technologies, New Services at the German Federal Ministry of Education and Research) and Prof. Dr. Lothar Frey (Head of Institute of Fraunhofer IISB).*

2 *Dr. Martin März (second from the right) and Prof. Dr. Lothar Frey (right, head of IISB) explaining the characteristics of the vehicle's battery module to the Bavarian Minister for Economic Affairs Martin Zeil (second from the left) and to Maximilian Metzger from the BMBF.*



## Continuation: Selected News

facilities, to promote networking and to support the technology transfer between industry and research: "I am very pleased that we can contribute to the expansion of the main research area 'Electric Mobility' at Fraunhofer IISB with our funding of the new building."

### Power Electronics for the Mobility of Tomorrow – Fraunhofer IISB is successful at the Competition "365 Landmarks in the Land of Ideas"

With its work on power electronics for electric mobility, the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Devices (IISB) is prize winner in the nationwide innovation competition "365 Landmarks in the Land of Ideas".

Efficient power electronics are the essential element for the control of electric energy flows in the vehicle. It makes the electric motors turn, manages the energy flow of the batteries, supplies the 12 V internal power supply, and enables wireless loading of the vehicle.

For many years now, Fraunhofer IISB sets priorities in the research landscape and makes an important contribution for making Germany the lead market for electric vehicles. A sustainable mobility and independence from fossil fuels are objectives of the scientists. Dietmar Amend of the Deutsche Bank decorated the power electronics department of the institute in Erlangen as "Selected Landmark 2010". Thus this research area was one of the 365 award winners, which are chosen every year by the regional initiative "Germany – Land of Ideas" and by Deutsche Bank under the patronage of the Federal President.

On the occasion of the award ceremony, Dietmar Amend underlined: "It is a central challenge to use energy efficiently and to save the environment and resources at the same time. Power electronics are an outstanding example for the spirit of research, the creativity, and the commitment existing in Germany."

The IISB took the tribute as "Selected Landmark 2010" for reason to present its work, the meaning of electric mobility and the electric power supply of the future to public with an event. At the same time, with its annual conference the IISB celebrated the tenth anniversary of the department of power electronics at the institute. In lectures, technically interested people could

inform themselves about the current developments in the fields of electric mobility, electric power supply, and smart grids. In experiments and exhibitions, electric and hybrid vehicles were presented and the new test center of the IISB was demonstrated. It was also possible to make a test run on electric motorbikes. Interested students could get informed about possible theses and open topics in the fields of electric mobility and power electronics.

From more than 2.200 applications handed in, the Power Electronics department of IISB convinced the independent jury and represents Germany with this sustainable concept as "Land of Ideas". The "Selected Landmarks 2010" present the innovative and creative power of Germany in multifaceted ways: "Every day, we see how the nationwide network of ideas is growing due to the enormous potential existing in this region" Dietmar Amend justified the commitment of Deutsche Bank.

### DRIVE-E Academy: The Best for the Car of Tomorrow

Most of the experts agree: In the future, we will drive with electricity. To make the electric drive economically suitable for mass use a lot of research and development work is required. Therefore, the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) and the "Fraunhofer-Gesellschaft" have created a project for the support of young talents, which is unique so far: the DRIVE-E program. The objective of the DRIVE-E program, which is designed for several years, is the targeted promotion of young talents in the top-level research.

The DRIVE-E program started with the first DRIVE-E Academy, taking place in Erlangen from 8<sup>th</sup> to 12<sup>th</sup> March 2010. The one-week program of the Academy offered the participants an unique possibility to inform themselves about the main research topics and developments in the field of electric mobility.

The particular relevance of the DRIVE-E Academy was quickly identified by students of the universities. Despite the short deadline, a large number of students from all over Germany applied for participation. By an independent jury, 60 particularly motivated and qualified students were chosen. They were looking forward to a top-class and multi-faceted program from 8<sup>th</sup> March 2010 on. Besides lectures held by leading experts from research and industry, practical workshops, and excursions offered the chance to test the latest developments. Moreover, projects which have already been successfully implemented were presented by two pioneers of electric mobility within a solemn evening event on 11<sup>th</sup> of March 2010.

The first DRIVE-E Academy took place at the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology in Erlangen. This venue was not chosen by accident. With its expertise and ac-

1 *Bestowal of the award "Selected Landmark 2010" by Dietmar Amend of Deutsche Bank Nuremberg (middle) with head of the department Dr. Martin März (left) and head of the institute Prof. Lothar Frey.*

2 *Maximilian Hofmann (right), employee of the department of Power Electronic Systems, explaining the concept of an electric drive for passenger cars developed at Fraunhofer IISB to participants of the "DRIVE-E Academy 2010" .*



## Continuation: Selected News

tivities in research and development for electric mobility in Germany, “Fraunhofer-Gesellschaft” plays a leading role, last but not least with the nationwide joint project “Fraunhofer System Research for Electric Mobility”, which is funded by the BMBF. The IISB is a leading partner in the “Fraunhofer System Research for Electric Mobility” and it is one of the international pacemakers in the field of power electronic systems for electric and hybrid vehicles. Thank to its excellent technical equipment, the IISB is best suited to give the participants an impressive outlook on a new era of mobility.

### Accredited Analytical Laboratory for Micro- and Nanotechnology at Fraunhofer IISB

The Analytical Laboratory for Micro- and Nanotechnology at the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology (IISB) in Erlangen was accredited by the “Deutsche Gesellschaft für Akkreditierung” according to DIN EN ISO/IEC 17025:2005. The test laboratory in Erlangen carries out tests in the fields of physical, physico-chemical, and chemical analysis of substrates, media, and materials for micro- and nanotechnology. The accreditation of the test laboratory demonstrates the expertise and pioneering role of Fraunhofer IISB in the field of trace and material analysis for micro- and nanoelectronics.

The IISB characterizes semiconductor processes and investigates samples of semiconductor wafers, ultra-clean chemicals, consumables, and construction materials. They are used in key industries, such as the chip industry, microsystems technology or photovoltaics. Furthermore, it supports manufacturers and suppliers of high-tech manufacturing equipment and metrology-based monitoring systems. A further area of expertise is the control of ambient conditions and contamination in ultra-clean rooms and so-called minienvironments. This is also especially beneficial for small and medium-sized companies, which either cannot afford or do not want to afford an own laboratory infrastructure.

The accreditation is an internationally accepted proof of competence concerning the methodology of testing, instrumentation, and infrastructure. In addition, impartiality is guaranteed. Besides the calibration of metrology and the validation of analytical techniques, the accreditation also guarantees confidentiality regarding the handling of test results. Reliability of document management is certified, as well.

Accreditation according to ISO 17025 is a step beyond certification according to ISO 9001. It is an additional proof of technical expertise. The accreditation guarantees the traceability of analysis results to SI units as well as a known measurement uncertainty, assuring the comparability of analysis results between different laboratories. The operation of a testing laboratory according to the guidelines of ISO 17025 also guarantees the continuous development and improvement of analytical methods.

Accreditation is essential in quality-driven industries, as, for example, automotive industries, microelectronics and pharmaceutical industries. Also in the new field of nanotechnologies, the availability of accredited laboratories is of increasing importance. Due to its long-standing expertise in the fields of analytical techniques, metrology and calibration, Fraunhofer IISB is the ideal partner in R&D for universities, research institutes, and industry at an international level.

### GMM Award for Professor Heiner Ryszel

Prof. Dr. Heiner Ryszel, former head of the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology (IISB) in Erlangen and of the Chair of Electron Devices at the University of Erlangen-Nuremberg, received the GMM Award of the VDE/VDI Association for Microelectronics, Microsystems and Precision Engineering (GMM).

The GMM Award is the highest award of the GMM. Every three years, it is granted to outstanding characters in the field of microelectronics and microsystem technology. Heiner Ryszel got the award for his numerous merits and his longlasting commitment for GMM. The prize winner is active in several committees of the GMM. He is, for example, member of the advisory board of the GMM and he leads the department no. 1 “Micro- and Nanoelectronics – Production”. The bestowal of the GMM Award took place on 28<sup>th</sup> September 2010 on the occasion of the VDE/VDI Symposium Microelectronics in Berlin.

For almost four decades now, Prof. Dr.-Ing Heiner Ryszel is one of the pioneers and leading experts in the field of semiconductor technology in Germany. After studies of Electrical Engineering and the conferral of a doctorate at the TU Munich, he worked at the Fraunhofer Institute for Solid State Technology in Munich until his habilitation. 1985, he was appointed to the University of Erlangen-Nuremberg as head of the Chair of Electron Devices (LEB). In the same year, he became head of the Fraunhofer Institute for Integrated System and Device Technology (IISB) in Erlangen. Both facilities do a great job today, with a total of about 200 employees. From the basics to applied research, there are multiple awarded, worldwide accepted papers done in areas of the micro-, nano-, and power electronics. A special emphasis has to be given to Heiner Ryszel’s big commitment in teaching, which includes besides multifaceted lectures at the university also

1 Prof. Heiner Ryszel, with the GMM-Award of the VDE/VDI-Association for Microelectronics, Microsystems-Technology and Light Engineering.



## Continuation: Selected News

lectures at the “Virtuelle Hochschule Bayern”. He also played a significant role regarding the modernization of the course of studies “Electrical Engineering – Electronics – Information Technology” as well as concerning the introduction of the study course “Mechatronics” in Erlangen. Since 1<sup>st</sup> October 2008, Heiner Rysse is in retirement, but he still supports the IISB and LEB in a consulting capacity.

### Perfect Silicon as the Basic Material for Photovoltaics

The “SolarWorld Junior Einstein Award 2010” was given to Dr. Christian Reimann from the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology (IISB) in Erlangen. The mineralogist developed a method to increase the material quality of directionally solidified blocks of silicon – the basic material for photovoltaics. Thus, the efficiency of solar cells can be increased and the costs for solar power can be reduced.

The “SolarWorld Junior Einstein Award” is awarded since 2006 to young scientists who achieved excellence results in their final paper about photovoltaics or adjacent areas. Christian Reimann received the award for his dissertation “Installation of O, N and C during the directional solidification of multicrystalline silicon ingots for photovoltaic.”

Nowadays, the production of photovoltaic electricity mostly uses silicon solar cells. For their production, silicon wafers are needed, which should have the highest possible material quality, but also should be as cheap as possible. Multicrystalline silicon crystals represent a good compromise between these requirements. They are grown out of silicon melt by the principle of directional solidification. Sliced from these crystals, the quality of the silicon wafers depends to a high degree on the heat and mass transport processes occurring during crystallization and cooling.

Due to the interaction of the silicon raw material, or the silicon melts and the material used for the crucible, the crucible coating and the surrounding gas atmosphere, material defects can occur. They are described as precipitations of materials like silicon dioxide (SiO<sub>2</sub>), silicon nitride (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>), and silicon carbide (SiC), occurring during the production of the silicon crystal. They can affect the following sawing process, can involve unwanted electrical activity, and they can lead to the formation of short circuits. All in all, this affects the properties of the solar cells. Therefore, it is

extremely important to reduce or to control the contents of oxygen, nitrogen and carbon, and to prevent the formation of precipitations caused by these elements.

Christian Reimann analyzed the influence of the solidification velocity and a specially developed gas purging unit on the material quality of the silicon blocks. In his work, he proved that the surface of the silicon melt can be mixed through by a specific gas purge at the surface of the silicon melt. This, in turn, leads to the fact that, despite of a high concentration of foreign substances, it is possible to produce silicon crystals without precipitations.

“For the industrial crystallization, this result is so innovative and promising that it has led to a patent application,” explains Prof. Dr. Georg Müller, who supervised the thesis. Christian Reimann has also created a simulation model which can simulate the parameter variations examined in the experiment. Compared with the experimental results, it turned out to be sustainable.

In 2010, the jury of the “SolarWorld Junior Einstein Award” could examine numerous excellent papers from all fields of solar energy research. “Mr. Reimann was nominated as winner, because he was able to explain the formation of precipitates in a very detailed way in his work and he worked very systematically. This led to the elimination of this phenomenon, which is very important for industry. Mr. Reimann is an outstanding scientist in the field of solar energy research”, the jury explained the decision.

Christian Reimann studied mineralogy at the Johannes Gutenberg University Mainz and at the University of Cologne. He works at Fraunhofer IISB since 2005. He received the “SolarWorld Junior Einstein Award” on the occasion of the “25<sup>th</sup> European Photovoltaic Solar Energy Conference” in Valencia.

### With Material Know-how to a Prizewinning Degree

Mr. Dipl.-Ing. Sebastian Polster was awarded with the 2<sup>nd</sup> Hugo Geiger Prize 2010 for his diploma thesis about characterization methods for the semiconducting material silicon carbide – the ideal material for power electronics – which was written at the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology (IISB) in Erlangen.

Endowed with a total of 1.000 euros, the Hugo Geiger Prize is awarded annually away by the Bavarian Ministry for Economic Affairs, Infrastructure, Transport, and Technology within the framework of the promotion of young scientists. Outstanding diploma or master theses, developed at a Fraunhofer Institute, are awarded with this prize. With his diploma thesis “Structural Defect Characterization of 4H-SiC Substrates and Epitaxial Layers Using X-Ray Topography and

1 Dr. Christian Reimann with a pilot plant for the crystallization of solar silicon in his laboratory at Fraunhofer IISB in Erlangen.



## Continuation: Selected News

X-Ray Diffractometry”, Sebastian Polster could achieve considerable progress with regard to the evaluation of irregularities in the structure of silicon carbide crystals. This achievement was honoured with a prize value of 3.000 euros. The research results are already used in industry at the production for improved silicon carbide substrates.

In the field of control and conversion of electric energy, electronic components made of silicon carbide (SiC) offer an enormous potential for saving energy. SiC is a semiconducting material, the physical properties of which are superior to those of conventional silicon with regard to this field of application. With devices made of silicon carbide, extremely effective power converters can be realized. They are needed, for example in electric vehicles or for network supply of wind or solar energy. Furthermore, devices made of silicon carbide are working very reliably at high temperatures. Although already first devices made of SiC are commercially available, the quality of the crystals needed for production is insufficient for more complex electronic devices. Material defects in the lattice, so-called dislocations, cause big problems, because they affect future electric properties of the devices.

In his diploma thesis at Fraunhofer IISB in Erlangen, Sebastian Polster especially dealt with methods for detection and determination of the type and number of dislocations in silicon carbide. The method for the quantification of dislocation types, which was established so far – etching in melted potassium hydroxide – turned out to be unreliable under specific conditions. By means of a direct detection method – synchrotron x-ray topography – Sebastian Polster was able to identify the dislocation budget in SiC crystals at the synchrotron light source (at the Karlsruhe Institute of Technology KIT). By a comparison with conventional etching figures, it was possible to eliminate existing uncertainties regarding the interpretation of dislocation types by means of the etching method. With his research, Sebastian Polster made an important contribution to improving the material properties of silicon carbide and to develop new fields of application in power electronics.

**With Training Cooperation to Success – Bavaria’s Best Young Microtechnologist was Educated at the University Erlangen-Nuremberg and at Fraunhofer IISB**

Jonas Strobelt, assistant at the Chair of Electron Devices (LEB) of the University of Erlangen-

Nuremberg was honored as “Bavarian Champion” in the job training “Microtechnologist” as the best in the exams of 2010.

The president of the Nuremberg Chamber of Commerce and Industry for Central Franconia, Dirk von Vopelius, personally awarded the best graduated of the final exams 2010 the coveted certificate. On 29<sup>th</sup> October 2010, there was a ceremony at the CCI Academy Central Franconia, with a subsequenzed solemn reception for trainees and their trainers.

After his graduation, Jonas Strobelt continues working at LEB as a microtechnologist. After a journey to Asia, he plans to start studies in “Nanotechnologies” in the winter term 2011/12 at the Faculty of Engineering at the Friedrich-Alexander University of Erlangen-Nuremberg.

Since 1999 – already one year after introduction of the vocational training – the Chair of Electron Devices (LEB) and the Fraunhofer IISB in Erlangen were committed to the training of microtechnologists. In semiconductor industry, the job of the microtechnologist represents the link between a pure “operator” and a process engineer. The technically challenging job requires solid expertise and high flexibility. With multifaceted task such as in the production of computer chips, power electronics, sensors, and light emitting-diodes, the future prospects of the graduates are excellent. During the triannual period of training, the trainees become specialists for equipment, process steps, materials, and nanotechnologies for the production and development of electronic devices and integrated systems. The percentage of female trainees at the LEB and IISB is on average 50 percent.

Due to a cooperation agreement between the University and IISB, the joint training was put onto a formal basis in the year 2004. Thus, the number of available training positions could be increased. The trainees have access to a unique technological infrastructure and large expertise provided by both IISB and LEB. Numerous synergies result from the model of success of the close cooperation between University and Fraunhofer. Those are reflected regularly in excellent graduations of the Erlangen microtechnologists.

**Smart Batteries on the Fast Lane – Fraunhofer Develops Electric Mobility Research in the Metropolitan Area of Nuremberg**

With the creation of a new working group, the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology (IISB) developed its research capacities in the field of electric energy storage systems in Erlangen and Nuremberg.

In future electric vehicles, no other component will represent more value added than the battery.

1 *Materials research for more efficient power electronics: Dipl.-Ing. Sebastian Polster analyzing silicon carbide substrates in the crystal-growing laboratory at the Fraunhofer IISB in Erlangen.*

2 *CCI President Dirk von Vopelius hands the certificate of approval “Bayerischer Landesbester im Ausbildungsberuf Mikroelektronik” to Jonas Strobelt.*



## Continuation: Selected News

Highest demands related to safety, operational life, and costs are made on the battery. The focus of the researchers at IISB is on the step from the single cell to vehicle-suited storage systems.

Already today, IISB plays a pioneering role in this field. In the Europe-wide largest research project for the development of electric vehicles, "E3Car" (Nanoelectronics for an Energy Efficient Electrical Car), the IISB works together with a network of 33 companies of the automotive industry and research facilities, from eleven countries aiming at making vehicles with an electrical motor more efficient by up to 35 percent. Here, the IISB developed the electronics which monitors each single cell of up to a few hundred cells, which adjusts their states of charge and ensures maximum safety and life time. The results of the "E3Car" project are supposed to make Europe the leading location worldwide for the development and production of electric vehicles. The total budget of the "E3Car" project is about 44 million euros. Within the Joint Technology Initiative "ENIAC", half of the money comes from the EU and the involved states; the other half comes from industry partners. One of the main investors is the German Federal Ministry of Education and Research. Within the framework of the research project "Flottenversuch Elektromobilität" (fleet test electric mobility), funded by the Federal Ministry for the Environment (BMU), the IISB works together with VW and other Fraunhofer institutes, including the IIS from Erlangen, to find new battery system solutions for plug-in hybrid vehicles.

In cooperation with the European Center for Power Electronics (ECPE), the IISB developed smart chargers. Besides charging the vehicle battery from the public power supply system, they also allow feeding energy back into the grid and they offer a fully loadable 230 V power socket at the vehicle. From the vacuum cleaner, do-it-yourself tools to the electric barbecue, all devices, known from the household, can be operated network-independently at the car.

Already today the Fraunhofer IISB runs a solar filling station at its headquarters in Erlangen. In cooperation with the Fraunhofer IIS, more stations are planned at the Fraunhofer locations in the metropolitan area. These stations are not only available for those electric and hybrid company cars which are already used, but for all visitors of IISB.

The IISB presented an innovative smart energy storage system for hybrid and electric vehicles at the conference "Power Plant Battery – Solutions for Automotive and Energy Supply" from 1<sup>st</sup> to 2<sup>nd</sup> February 2010 in Mainz. This includes – apart from the drive electronics – the entire power and control electronics needed for such vehicles. This is another milestone towards system inte-

gration, which means less space required for installation, lower costs and higher functionality. The activities regarding electric energy storage systems, which were spread all over the institute so far, have been bundled under the supervision of Dr. Vincent Lorenz in new working groups. They started work on 1<sup>st</sup> February 2010. Thus, the competence spectrum concerning the electric power train was extended and the further expansion of the electric mobility research in the metropolitan area of Nuremberg was pushed.

### German-French Research Cooperation – Smart Electronics for the Application of Renewable Energy Sources

A new binational cooperation, which is unique so far, was initiated by the French „Commissariat à l’Energie Atomique - Laboratoire d’Electronique et des Technologies de l’Information“ (CEA-LETI) in Grenoble and the IISB in Erlangen. With the exchange of scientists, research will be further developed at the European level in the field of efficient use of renewable energy sources.

The core piece of the recently signed agreement is the thesis of Markus Niedermeier. It is funded by both sides and supervised together with the Chair of Electron Devices at the University of Erlangen-Nuremberg. In the next years, Markus Niedermeier will spend half of his time in Erlangen and the other half in the French city of Grenoble and he will work alternately at the two scientific institutions. The objective is also to promote the exchange of further scientists and to initiate future joint research projects.

In his thesis, entitled "Distributed Power Conversion in Smart Photovoltaic Solar Panels", Markus Niedermeier will develop new system architectures for solar systems together with his colleagues in Erlangen and Grenoble. At the same time, a smart energy management system, including communication between the individual solar modules will be developed. Thus, all system components will be included in an integrated circuit. A significant increase of flexibility, efficiency, and reliability as well as robustness of photovoltaic plants shall be achieved.

Moreover, with the integration of an electrical energy storage device, e.g. a rechargeable battery system in the cellar of a house, it should be possible to store solar energy over a longer period of time.

International research cooperation is becoming more and more important. Cooperation models, like the thesis of Markus Niedermeier contribute to solving common problems like the energy supply of the future. The partnership between the two research institutes could serve as model for future European cooperative research.

1 *Development of module batteries for hybrid vehicles at the Fraunhofer IISB.*



## Continuation: Selected News

### The "Förderkreis für Mikroelektronik e.V." in Nuremberg Awarded the 10<sup>th</sup> "Youth Prize of Microelectronics"

Grammar school pupils and pupils of specialized secondary schools from all over Bavaria were invited to hand in works about the subject of microelectronics. The jury chose three winners: Maximilian Gaukler of "Albert-Schweitzer-Gymnasium Erlangen" Jan Preuß of "Pestalozzi-Gymnasium Munich" and Benjamin Hanrieder of "Feodor-Lynen-Gymnasium Planegg". On the occasion of a ceremony on the 22<sup>th</sup> of July at Fraunhofer IISB, the chairman of the "Förderkreis", Dr. Dietrich Ernst, awarded the prize to the winners.

### Meeting of Former Directors and Heads of the Institutes ("EVI") in Erlangen

From 24<sup>th</sup> to 26<sup>th</sup> June 2010, the Erlangen Fraunhofer institutes IIS and IISB hosted the 8<sup>th</sup> Annual Meeting of the former directors and heads of the institutes of "Fraunhofer-Gesellschaft" (German abbreviation: "Fraunhofer EVI").

The platform, which has been founded on a private initiative, allows retired executives to keep in touch with "Fraunhofer-Gesellschaft" in a network on a continuing basis and to contribute their experience of many years to the promotion of applied research. Thus, the participants of the Annual Meeting not only get information on the activities of the hosting institutes, they are also informed about the current developments at Fraunhofer by an acting member of the Board of Directors.

In guided tours at IISB, the former heads of the institutes and directors could experience e.g. the capabilities of the new IISB Test Center for Electric Vehicles and could make a test drive with the hybrid Audi TT. This year as well, the programme of the event (which has been coordinated by the former director Dr. Hans-Ulrich Wiese since the platform was founded) not only comprised scientific topics, but also the cultural, culinary, and scenic amenities of the region. Thus, excursions were made to the historic city center of Nuremberg, to the "Germanisches Nationalmuseum" and to Franconian Switzerland.

### IISB Research and Development Awards

On 16<sup>th</sup> December 2010, IISB's Research and Development Awards were conferred for the first time. These awards are conferred by the Board of Directors to employees who have made outstanding contributions to the success and advancement of IISB.

The award winners of 2010 were Dr. Simon Lukas for the development of a process for self-preserving surface modification of nanoparticles as well as the "Team Hybrid-TT" consisting of Müsfik Akdere, Dr. Bernd Eckardt, Maximilian Hofmann, Marianna Nomann, Marcus Grieneisen Pivatto, Hubert Rauh, and Arno Schneiderhan for the development and successful road testing of a hybrid Audi TT.

1 Award winner Dr. Simon Lukas (right) during the award ceremony with Prof. Lothar Frey (head of the IISB).

2 Dr. Bernd Eckardt of IISB (left) explaining measuring equipment for power electronics to participants of the "EVI" meeting.

## Gastwissenschaftler / Guest Scientists

**Alastalo, Dr., A.:**

15.6. - 16.6.2010

Finnland

Helsinki University of Technology, Espoo

*Printed functional solutions - VTT activity in printed electronics*

**Carini, G.:**

15.09. - 17.12.2010

USA

Brookhaven National Laboratory, Upton, New York

*Ortsaufgelöste Röntgendetektoren für Röntgenimpulse im Femtosekunden-Bereich*

**Fodor, B.:**

23.11. - 17.12.2010

Ungarn

MFA Budapest

*Characterization of gate stacks by ellipsometry*

**Fried, M.:**

23.11. - 26.11.2010

Ungarn

MFA Budapest

*Characterization of gate stacks by ellipsometry*

**Guan, D.:**

01.01. - 25.11.2010

China

Chinese Academy of Sciences, Beijing

*Thermal analysis of heat sinks in power electronics*

**Horntrich, C.:**

31.1. - 4.2.2010

Österreich

MFA Budapest

*Charakterisierung von TXRF Referenzproben*

**Iglesias, V.:**

15.9. - 20.12.2010

Spanien

Universidad Autonoma de Barcelona (UAB)

*Characterization of high-k dielectric reliability by electrical SPM method*

**Juhasz, Dr., G.:**

23.11. - 26.11.2010

Ungarn

MFA Budapest

*Characterization of gate stacks by ellipsometry*

**Kozma, P.:**

23.11. - 26.11.2010

Ungarn

MFA Budapest

*Characterization of gate stacks by ellipsometry*

**Major, C.:**

23.11. - 26.11.2010

Hungary

MFA Budapest

*Characterization of Gate Stacks by Ellipsometry*

**Nemeth, A.:**

23.11. - 26.11.2010

Ungarn

MFA Budapest

*Characterization of gate stacks by ellipsometry*

**Ouyang, Y.:**

01.01. - 09.11.2010

China

Chinese Academy of Sciences, Beijing

*Sensorless control of induction motors*

**Paskaleva, Dr., A.:**

17.5. - 15.8.2010

Bulgarien

Bulgaria Academy of Sciences, Sofia

*Trapping and degradation phenomena in advanced nanoscale metal gate high-k dielectric stacks*

**Petrik, Dr., P.:**

4.2. - 9.2.2010

Ungarn

MFA Budapest

*Characterization of gate stacks by ellipsometry*

**Polgar, Dr., O.:**

23.11. - 26.11.2010

Ungarn

MFA Budapest

*Characterization of gate stacks by ellipsometry*

**Radhakrishna, U.:**

7.5. - 29.7.2010

Indien

Indian Institute of Technology IIT, Madras

*Characterization of metal oxide-based thin film transistors*

**Roll, G.:**

1.8. - 30.9.2010

Deutschland

Namlab gGmbH

*Leckstrom und Defektcharakterisierung moderner Transistoren*

**Volk, Dr., J.:**

29.11. - 1.12.2010

Hungary

Research Institute for Technical Physics and Materials Science, Hungarian Academy of Sciences

*Engineered ZnO nanowires for sensing applications*

**Windl, Prof. Dr., W.:**

14.6. - 18.6.2010

Deutschland

Ohio State University

*Durch Arsen verursachte Spannungen in Silicium*

## Patenterteilungen / Patents

### **Berberich, S., März, M.**

*Schaltungselement und Verfahren zum Sichern einer Lastschaltung*

Erfindungsmeldung 12.7.2005

US 2007/0159745 A1

### **Berberich, S., März, M.**

*Integrated snubber device on a semiconductor basis for switching load reduction, voltage limitation and/or oscillation attenuation*

Erfindungsmeldung 29.7.2007

US 2007/0274014 A1

### **Burenkov, A.**

*An interconnection network between semiconductor structures, integrated circuit and method for transmitting signals*

Erfindungsmeldung 2.7.2008

EP, EP 1 939 657 A1

### **Burenkov, A.**

*Verbindungsnetzwerk zwischen Halbleiterstrukturen, integrierte Schaltung und Verfahren zur Übertragung von Signalen*

Erfindungsmeldung 2.7.2008

DE, EP 1 939 657 A1

### **Burenkov, A.**

*An interconnection network between semiconductor structures, integrated circuit and method for transmitting signals*

Erfindungsmeldung 2.7.2008

FR, EP 1 939 657 A1

### **Meißner, E., Birkmann, B.**

*Verfahren zur Herstellung von Gruppe III-Nitrid-Volumenkristallen oder -Kristallschichten aus Metallschmelzen*

Erfindungsmeldung 11.7.2007

EP, EP 1 805 354

### **Meißner, E., Birkmann, B.**

*Verfahren zur Herstellung von Gruppe III-Nitrid-Volumenkristallen oder -Kristallschichten aus Metallschmelzen*

Erfindungsmeldung 4.10.2005

DE, EP 1 805 354

## 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
- Member of the Technical Program Committee of the "40th European Solid-State Device Research Conference" (ESSDERC' 10), Sevilla, Spain, September 13 - 17, 2010
- Member of the Steering Committee of the Workshop of Dielectrics in Microelectronics (WoDiM 2010), Bratislava, Slovakia, June 28 - 30, 2010

### **Erdmann, A.**

- Member of the Program Committee of the "Micro- and Nanoengineering Conference Europe (MNE) 2010", Genoa, Italy, September 2010
- Member of the Program Committee of SPIE Advanced Lithography, San José, USA, February 2010

### **Erlbacher, T.**

- Mitglied im Arbeitskreis „Materialien für nichtflüchtige Speicher“ der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde

## Fortsetzung: Mitarbeit in Fachgremien, Fachverbänden und Komitees / Continuation: Participation in Committees

### Frey, L.

- Mitglied der Studienkommission Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
- Mitglied der Böhmisches Physikalischen Gesellschaft
- Member of the Excellence Cluster "Engineering of Advanced Materials" (EAM) der Universität Erlangen-Nürnberg
- Mitglied der Erlangen Graduate School in Advanced Optical Technologies (SAOT)
- Mitglied des wissenschaftlichen Beirats des Leibniz-Instituts für Innovative Mikroelektronik IHP Frankfurt/Oder
- Member of the Evaluation Panel (NT-L) of the Swedish Research Council
- Representative of the Fraunhofer Gesellschaft / Microelectronics Alliance at the European Semiconductor Industry Association (ESIA)
- Nationale Plattform Elektromobilität, AG1
- Wissenschaftlicher Beirat der NaMLab GmbH in Dresden
- Advisory Board, Res. Inst. for Tech. Phys. and Matl. Sci. (MFA), Budapest, Ungarn
- Kerngutachter in der Auswahlkommission „Kooperative Projekte“ der Fraunhofer Gesellschaft mit dem Max-Planck-Institut
- Wissenschaftlicher Beirat der Gesellschaft für Mikro- und Nanoelektronik GMe, Wien, Österreich

### Friedrich, J.

- Leiter des Arbeitskreises Massivhalbleiter der „Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung“ (DGKK)
- Member of the Organisation Committee of the "International Conference on Crystal Growing" (ICCG-17), Warsaw, Poland
- Advisory Committee of 4th International Workshop on Science and Technology of Crystalline Si Solar Cells (CSC4), Taipei, Taiwan, October 26 – 28, 2010
- Session coordinator "Technologies for Growth of Bulk Wide-bandgap Semiconductors" 5th International Workshop on Crystal Growth Technology, Berlin, Germany, June 26 - 30, 2011
- Reviewer for the „Journal of Crystal Growth“, Applied Physical Letters

### Häublein, V.

- Mitglied der GMM-Fachgruppe 1.2.2.
- Mitglied der ITG-Fachgruppe 8.1.1. „Ionenimplantation“

### Jank, M.

- Mitglied im Arbeitskreis „Materialien für nichtflüchtige Speicher“ der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde

### Lorenz, J.

- Chairman of the Modeling and Simulation International Working Group (ITWG) of the ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors)
- Member of the Technical Committee of the "2010 International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices" (SISPAD 2010), Bologna, Italy, September 4 - 9, 2010
- Member of the Program Committee of the "40th European Solid-State Device Research Conference" (ESSDERC 2010): Sub-Committee "Process and Device Simulation", Sevilla, Spain, September 12 - 17, 2010
- Member of the Electrochemical Society
- Member of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

### März, M.

- Wissenschaftlicher Beirat „Bayerisches Cluster Leistungselektronik“
- Wissenschaftlicher Beirat „Conference on Integrated Power Systems“ CIPS
- Wissenschaftlicher Beirat „Automotive Power Electronics Conference“ APE, Paris
- Stellvertretender Vorsitzender des Fachbereichs Q1 „Leistungselektronik und Systemintegration“ im VDE ETG
- VDE/ETG Fachausschuss A1-Antriebstechnik
- Lenkungsreis „Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität“
- Fachbeirat im „Forum Elektromobilität e.V.“
- Nationale Plattform Elektromobilität, AG1
- Center for Transportation & Logistics Neuer Adler e.V. (CNA), Steuerungskreis Automotive
- DRIVE-E Akademie, Gutachterkreis und Programmkomitee

### Meissner, E.

- Member of the International Steering Committee for Bulk Nitride Semiconductors
- Member of the Publication Committee IWBNS-7
- Reviewer für Journal of Crystal Growth
- Reviewer für Journal of Materials Chemistry and Physics
- Mentorin im ARIADNE Mentoring Programm der Technischen Fakultät der FAU

## Fortsetzung: Mitarbeit in Fachgremien, Fachverbänden und Komitees / Continuation: Participation in Committees

### Nutsch, A.

- Chair of the GMM Yield Enhancement User Group
- Co-chair of the Yield Enhancement International Working Group (ITWG) of the ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors)
- Member of the Defect Detection and Characterisation Working Group (DDC) of the ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors)

### Öchsner, R.

- Member of the "Factory Integration Working Group (FITWG)" of the "International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS)"
- Member of Semicon Europe Semiconductor Technology Programs Committee (STC)
- Member of the Steering Committee European 450mm Equipment & Materials Initiative: EEMI 450
- Mitglied im Kernteam Spitzencluster Automation Valley
- 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: Process Control Systems (PCS)
- Member of SEMI Task Force: Data Quality

### Otto, M.

- Mitglied des Normenausschusses für Materialprüfung (NMP) des DIN Deutschen Instituts für Normung e.V.
- Mitglied des Arbeitsausschusses NA 062-02-21 AA „Prüfung von Prozesschemikalien für die Halbleitertechnologie“ des Normenausschusses für Materialprüfung (NMP) des DIN Deutschen Instituts für Normung e.V.
- Mitglied der "Yield Enhancement International Working Group" und der "Wafer Environment and Contamination Control Group" der ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors) und Mitarbeiter an der YE7 Tabelle der Roadmap für 2010
- Head of the SEMI International Environmental Contamination Control Task Force of the SEMI Equipment Automation Committee
- Mitarbeit an VDI 2083 Blatt 16.2 „Mini-Environments“ (Neueinstellungen) des VDI

### Pichler, P.

- Member of the Board of Delegates of the European Materials Research Society (E-MRS)

### 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 „10th Annual European AEC/APC Conference 2010“, Catania, Italy, 28. - 30. April, 2010
- Member of the Program Committee ISSM 2010 (IEEE „International Symposium on Semiconductor Manufacturing Conference“), Tokyo, Japan, 18. - 20. October, 2010
- Mitglied der VDE/VDI Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik, Fachbereich „Halbleitertechnologie und Halbleiterfertigung“, Leiter des Fachausschusses „Produktion und Fertigungsgeräte“
- Mitglied der VDE/VDI Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik, Fachbereich „Halbleitertechnologie und Halbleiterfertigung“, Leiter der Fachgruppe 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
- Member of the European Planning Group for 450 mm Technology

### Roeder, G.

- Head of the SEMI Integrated Measurement Task Force Europa
- Koordinator der VDE/VDI-GMM-Fachgruppe 1.2.3 „Abscheide- und Ätzverfahren“

### Rommel, M.

- Koordinator der VDE/VDI-GMM-Fachgruppe 1.2.6 „Prozesskontrolle, Inspektion & Analytik“

### Roth, A.

- ZVEI Arbeitskreis „Robustness Validation - Hochtemperatur- u. Leistungselektronik“

### 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“

## Fortsetzung: Mitarbeit in Fachgremien, Fachverbänden und Komitees / Continuation: Participation in Committees

- Mitglied der VDE/VDI Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro und Feinwerktechnik (GMM), 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)
- Mitglied der Böhmisches Physikalischen Gesellschaft
- Life Fellow of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- Editorial Board of "Radiation Effects and Defects in Solids" Taylor & Francis Ltd., Abingdon, U.K.
- Member of the European SEMI Award Committee
- European Sub-Committee of the International Symposium on VLSI Technology, Systems and Applications (IEEE VLSI-TSA), Taiwan
- Member of the International Advisory Committee of the "International Conference Micro- and Nanoelectronics" (ICMNE)
- Fachkollegiat der DFG im Fachkollegium 408 Elektrotechnik (Stellvertretender Sprecher)

### Schellenberger, M.

- Co-Chair der europäischen SEMI PCS-Taskforce
- Mitglied im Programmkomitee und Steeringkomitee der europäischen AEC/APC-Konferenz

### Smazinka, T.

- DKE UK 767.3 EMV - Hochfrequente Störgrößen

## Konferenzen, Workshops und Messebeteiligungen / Conferences, Workshops, Fairs, and Exhibitions

*Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Messtechnik*

IISB, Erlangen, Sommer-/Wintersemester 2010

*Bündnis Studieren in Bayern*

IISB, Erlangen, 1. Februar 2010

*realize your visions*

IISB, Erlangen, 11. Februar 2010

*DASA - Arbeitsweltausstellung*

*„Nano! Nutzen und Visionen einer neuen Technologie“*

Dortmund, 27. Februar - 9. Oktober 2010

*Crysmas User Meeting*

IISB, Erlangen, 8. - 12. März 2010

*Drive-E-Akademie*

IISB, Erlangen, 8. - 12. März 2010

*TECHNOSEUM*

Landesmuseum für Technik und Arbeit in Mannheim

Mannheim, 18. März - 14. November 2010

*„Papa, was ist Strom?“ - Besuch einer Kindergartengruppe am Fraunhofer IISB*

IISB, Erlangen, 31. März 2010

*Anorganische Gedruckte Elektronik: Statustreffen zum III.*

*Präsidialprojekt der Fraunhofer Gesellschaft*

IAO, Stuttgart, 14. April 2010

*Hannover-Messe – Gemeinschaftsstand des Exzellenzclusters Engineering of Advanced Materials der FAU Erlangen-Nürnberg*

Hannover, 19. - 23. April 2010

*Girl's Day*

IISB, Erlangen, 22. April 2010

*10th European Advanced Equipment Control/Advanced Process Control (AEC/APC) Conference*

Catania, Italy, 28. - 30. April 2010

*ENIAC-IMPROVE: Joint Workshop of WP1 and the WP2, WP3 Academic Cluster – ST*

Catania, Italy, 27. April 2010

*Feier zum Spatenstich des Erweiterungsbaus IISB*

IISB, Erlangen, 3. Mai 2010

*PCIM 2010*

Nürnberg, 4. - 6. Mai 2010

*43. Treffen der Nutzergruppen Ionenimplantation*

IISB Erlangen, 6. Mai 2010

*2nd European-Russian Nanoelectronics Technology Conference 2010 on Networking at the Academic University St. Petersburg*

St. Petersburg, Russia, 10. - 11. Juni 2010

*Crysmas User Meeting*

IISB, Erlangen, 10. - 14. Mai 2010

*ECPE-Cluster Seminar „EMC in Hybrid and Electric Vehicles“*

IISB, Erlangen, 18. Mai 2010

## Konferenzen, Workshops und Messebeteiligungen / Conferences, Workshops, Fairs, and Exhibitions

Auftaktveranstaltung Fraunhofer-Innovationscluster "Elektronik für nachhaltige Energienutzung"  
IISB, Erlangen, 2. Juni 2010

2. DGKK Schule „Silizium Kristallzüchtung für die Photovoltaik“  
Apolda, 14. - 16. Juni 2010

12. BAIKA Jahreskongress „Zulieferer Innovativ 2010“  
Ingolstadt, 22. - 23. Juni 2010

Multiphysics Simulation – Advanced Methods for Industrial Engineering  
Bonn, 22. - 23. Juni 2010

EVI-Treffen (Treffen ehemaliger Vorstände und Institutsleiter)  
IISB, Erlangen, 24. - 26. Juni 2010

Feier zum 25-jährigen Bestehen des IISB  
IISB, Erlangen, 1. Juli 2010

Bonding Firmenkontaktmesse  
Erlangen, 5. - 6. Juli 2010

Eröffnung des Prüfzentrums für Elektrofahrzeuge am Fraunhofer IISB  
IISB, Erlangen, 20. Juli 2010

Testing Expo  
Stuttgart, 22. - 24. Juni 2010

VDI-Technikmeile  
Nürnberg, 23. - 24. Juli 2010

Crysmas User Meeting  
IISB, Erlangen, 26. - 30. Juli 2010

ECPE-Tutorial „Thermal Engineering of Power Electronic Systems. Part 1: Thermal Design and Verification“  
IISB, Erlangen, 27. - 28. Juli 2010

12th GMM Yield Enhancement User Group Meeting  
IISB, Erlangen, 9. - 10. September 2010

Tag der emissionsfreien Mobilität  
Nürnberg, 18. September 2010

8th Fraunhofer IISB International Lithography Simulation Workshop  
Hersbruck, 23. - 25. September 2010

Tag der Energie  
Freiberg, 25. September 2010

Tag der Energie  
Nürnberg, 25. September 2010

Cluster-Workshop „Kondensatoren in der Leistungselektronik“  
IISB, Erlangen, 28. - 29. September 2010

Posdru Workshop „Management of collaboration relationships between scientific research and industry“  
Timisoara, Romania, 29. September - 1. Oktober 2010

ENIAC-IMPROVE: WP1/WP5 Workshop  
Agrate, Italy, 4. - 6. Oktober 2010

Otti Fachforum "Getaktete Stromversorgungen"  
Regensburg, 4. - 6. Oktober 2010

IISB-Jahrestagung 2010, 10 Jahre Leistungselektronik, Deutschland – Land der Ideen, Ausgewählter Ort 2010  
IISB, Erlangen, 21. Oktober 2010

Leistungselektronik – Öffentliche Vortragsreihe des Fraunhofer-Innovationsclusters "Elektronik für nachhaltige Energienutzung": Zuverlässigkeit keramischer Substrate  
IISB, Erlangen, 18. Oktober 2010

"Automation and Process Control Session" Semicon Europe 2010  
Dresden, 19. Oktober 2010

ECPE-Tutorial „Thermal Engineering of Power Electronic Systems. Part 2: Thermal Management and Reliability“  
ETZ, Nürnberg, 19. - 20. Oktober 2010

"450mm Session – Progress Review" Semicon Europe 2010  
Dresden, 20. Oktober 2010

"Metrology Session" Semicon Europe 2010  
Dresden, 20. Oktober 2010

„Schüler fragen, IISBler antworten“ Besuch von Schülern des Clavius-Gymnasiums Bamberg  
IISB, Erlangen, 3. November 2010

Workshop "Analytical Trends and Needs for Nanotechnologies"  
Berlin, 8. November 2010

44. Treffen der Nutzergruppen Ionenimplantation  
Reutlingen, 11. November 2010

Leistungselektronik – Öffentliche Vortragsreihe des Fraunhofer-Innovationsclusters "Elektronik für nachhaltige

Energienutzung: Elektromobilität"  
IISB, Erlangen, 22. November 2010

ENIAC-IMPROVE: WP2/WP3 Workshop  
Padua, Italy, 23. - 25. November 2010

SPS/IPC/DRIVES 2010  
Nürnberg, 23. - 25. November 2010

Crysmas User Meeting  
IISB, Erlangen, 22. - 26. November 2010

Firmenkontaktmesse CONTACT 2010  
Erlangen, 24. - 25. November 2010

Preisverleihung des Waeberpreises 2010 des Förderkreises Mikroelektronik  
IISB, Erlangen, 30. November 2010

GMM-VDE/VDI-Fachgruppe 1.2.3, Abscheide- und Ätzverfahren, Fachausschuss 1.2: Verfahren, „Nutzergruppentreffen PVD & PECVD und Ätzen“  
IISB, Erlangen, 7. Dezember 2010

Workshop 2010 der GMM-VDE/VDI-Fachgruppe 1.2.3, Abscheide- und Ätzverfahren, Fachausschuss 1.2: Verfahren, „New developments and process optimization in deposition and etching“  
IISB, Erlangen, 8. Dezember 2010

Posdru Workshop „Collaboration between research and industry“  
IISB, Erlangen, 8. - 12. Dezember 2010

Leistungselektronik – Öffentliche Vortragsreihe des Fraunhofer-Innovationsclusters "Elektronik für nachhaltige Energienutzung": MegaWatt-Leistungselektronik  
IISB, Erlangen, 13. Dezember 2010

## Publikationen / Publications

**Aygun, G., Roeder, G., Erlbacher, T., Wolf, M., Schellenberger, M., Pfitzner, L.:**

*Impact of temperature increments on tunneling barrier height and effective electron mass for plasma nitrided thin SiO<sub>2</sub> layer on a large wafer area*  
Journal of Applied Physics, 108, 073304, 2010  
DOI: 10.1063/1.3481348

**Azizi, M., Meissner, E., Friedrich, J.:**

*Ultrasound measurement of the position of the growing interface during directional solidification of silicon*  
Proceedings, 25th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 1520, 2010

**Baer, E., Kunder, D., Evanschitzky, P., Lorenz, J.:**

*Coupling of equipment simulation and feature-scale profile simulation for dry-etching of polysilicon gate lines*  
Proceedings, SISPAD 2010, 03-B4, 57, 2010  
DOI: 10.1109/SISPAD.2010.5604571

**Baer, E., Kunder, D., Lorenz, J., Sekowski, M., Paschen, U.:**

*Coupling of Monte Carlo sputter simulation and feature-scale profile simulation and application to the simulation of back etching of an intermetal dielectric*  
Proceedings, SIAPAD 2010, 03-B3, 53, 2010  
DOI: 10.1109/SISPAD.2010.5604574

**Bauer, A.J., Friedrichs, P., Krieger, M., Pensl, G., Rupp, R., Seyller, T.:**

*Silicon carbide and related materials 2009: Selected, peer reviewed papers from the International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM) 2009, Nürnberg, Germany, October 11 - 16, 2009, Stafa-Zürich: Trans Tech Publications, 2010*  
(Materials Science Forum 645/648)  
ISBN 978-0-87849-279-4  
ISBN 0-87849-279-8

**Bennett, N.S. Ahn, C., Cowern, N.E.B., Pichler, P.:**

*Review of stress effects on dopant solubility in silicon and silicon-germanium layers*

Proceedings, Gettering and Defect Engineering in Semiconductor Technology XIII (GADEST) 2009, Solid-State Phenomena 156, 173, 2010  
DOI:10.4028/www.scientific.net/SSP.156-158.173

**Burenkov, A., Kampen, C., Bär, E., Lorenz, J.:**

*Impact of technological options for 22 nm SOI CMOS transistors on IC performance*  
Proceedings, Sixth Workshop of the Thematic Network on Silicon on Insulator Technology, Devices and Circuits, EUROSIO 2010, 43, 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1174626

**Clarysse, T., Moussa, A., Parmentier, B., Bogdanowicz, J., Vandervorst, W., Bender, H., Pfeffer, M., Schellenberger, M., Nielsen, P.F., Thorsteinsson, S., Lin, R., Petersen, D.:**

*Photovoltage versus microprobe sheet resistance measurements on ultrashallow structures*  
Journal of vacuum science and technology B. Microelectronics and nanometer structures, 28, 1, C1C8, 2010  
doi/10.1116/1.3292637

**Egelkraut, S., Rauch, M., Schletz, A., März, M., Frey, L.:**

*A Highly integrated EMI filter using polymer bonded soft magnetics as core material*  
Proceedings, IEEE Applied Power Electronics Conference (APEC), 231, 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1488483  
info:doi/10.1109/APEC.2010.5433665

**Egelkraut S., Ryssel H., Frey L., Rauch M., Schletz A., März M.:**

*Polymer bonded soft magnetics for EMI filter applications*  
Automotive meets Electronics, GMM-Fachtagung, 231, 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1488483  
doi/10.1109/APEC.2010.5433665

**Ehrentraut, D., Meissner, E.:**

*A brief review on the Na-flux method toward growth of large-size GaN crystal*  
Technology of Gallium Nitride Crystal Growth, Eds.: D. Ehrentraut, E. Meissner, M. Bockowski, 235, 2010

**Erdmann, A., Shao, F., Evanschitzky, P., Fühner, T.:**

*Mask and wafer topography effects in optical and EUV-lithography*  
ECS Transactions 27, 415-420, 2010  
DOI: 10.1149/1.3360653

## Fortsetzung: Publikationen / Continuation: Publications

**Erdmann, A., Evanschitzky, P., Fühner, T.:**

*Mask diffraction analysis and optimization for extreme ultraviolet masks*  
Journal of micro/nanolithography, MEMS and MOEMS, 9, 1, 013005, 2010  
doi/10.1117/1.3302124

**Erdmann, A., Shao, F., Evanschitzky, P., Fühner, T.:**

*Mask-topography-induced phase effects and wave aberrations in optical and extreme ultraviolet lithography*  
Journal of Vacuum Science and Technology B 28, C6J1, 2010  
DOI: 10.1116/1.3497024

**Erdmann, A., Shao, F., Fuhrmann, J., Fiebach, A., Patsis, G.P., Trefonas, P.:**

*Modeling of double patterning interactions in litho-curing-litho-etch (LCLE) processes*  
Proceedings, SPIE 76740, 76400B, 2010  
DOI: 10.1117/12.845849

**Erdmann, A., Shao, F., Agudelo, V., Fühner, T., Evanschitzky, P.:**

*Modeling of mask diffraction and projection imaging for advanced optical and EUV lithography*  
Journal of Modern Optics First, 1-16, 2010  
DOI: 10.1080/09500340.2010.51575

**Erlbacher, T., Rattmann, G., Bauer, A.J., Frey, L.:**

*Trench gate integration into planar technology for reduced on-resistance in LDMOS devices*  
Poster presented at Symposium on Power Semiconductor Devices & ICs (ISPSD) 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1530233

**Erlbacher, T.; Bauer, A.J.; Frey, L.:**

*Reduced on resistance in LDMOS devices by integrating trench gates into planar technology*  
IEEE Electron Device Letters, 31, 5, 464, 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1314491  
doi/10.1109/LED.2010.2043049

**Evanschitzky, P., Fühner, T., Shao, F., Erdmann, A.:**

*Efficient simulation of three-dimensional EUV masks for rigorous source mask optimization and mask induced imaging artifact analysis*  
Proc. SPIE 7545 (2010) 75450D  
DOI: 10.1117/12.863102

**Fet, A., Häublein, V., Bauer, A.J., Ryssel, H., Frey, L.:**

*Effective work function tuning in high-kappa dielectric metal-oxide-semiconductor stacks by fluorine and lanthanide doping*  
Applied Physics Letters, 96, 5, 053506, 3, 2010  
doi/10.1063/1.3303976

**Fet, A., Häublein, V., Bauer, A.J., Ryssel, H., Frey, L.:**

*Modeling of the effective work function instability in metal/high-kappa dielectric stacks*  
Journal of applied physics, 107, 12, 124514, 5, 2010  
doi/10.1063/1.3391280

**Friedrich, J., Kallinger, B., Berwian, P., Meissner, E.:**

*Interactions of dislocations during epitaxial growth of SiC and GaN*  
Crystal Growth Technology: From Fundamentals and Simulation to Large-scale Production, Eds.: P. Rudolph and P. Capper) 137, 2010

**Fuhrmann, J., Fiebach, A., Erdmann, A., Trefonas, P.:**

*Acid diffusion effects between resists in freezing processes used for contact hole imaging*  
Microelectronic Engineering 87, 951-954, 2010  
DOI: 10.1016/j.mee.2009.11.150

**Richter, Th., Frey, L.:**

*Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie. Leistungen und Ergebnisse. Jahresbericht 2009*  
Erlangen: IISB, 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1438600

**Grieb, M., Noborio, M., Peters, D., Bauer, A.J., Friedrichs, P., Kimoto, T., Ryssel, H.:**

*Comparison of the threshold-voltage stability of SiC MOSFETs with thermally grown and deposited gate oxides*  
Bauer, A.J. et al.: Silicon carbide and related materials 2009: Selected, peer reviewed papers from the International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM) 2009,

## Fortsetzung: Publikationen / Continuation: Publications

Materials Science Forum 645/648, 681, 2010  
doi/10.4028/www.scientific.net/MSF.645-648.681

### Häublein, V.:

*Lanthanoid implantation for effective work function control in NMOS high- $\kappa$  metal gate stacks*  
Proceedings, AIP Conference, 18th International Conference on Ion Implantation Technology (IIT) 2010, 1321, 237, 2010  
doi:10.1063/1.3548359

### Häublein, V.:

*Deep doping profiles in silicon created by MeV hydrogen implantation: Influence of implantation parameters*  
Proceedings, AIP Conference, 18th International Conference on Ion Implantation Technology (IIT) 2010, 1321, 257, 2010  
doi:10.1063/1.3548365

### Hinz, J.:

*Abscheidung und Charakterisierung metallischer Gate-Elektroden für zukünftige CMOS-Technologien*  
Promotion, Universität Erlangen-Nürnberg  
<http://www.leb.eei.uni-erlangen.de/lehrstuhl/dissertationen/index.php?id=2>

### Hinz, J., Bauer, A.J., Frey, L.:

*Analysis of NbN thin film deposition by plasma-enhanced ALD for gate electrode application*  
Semiconductor Science and Technology, 25, 7, Art. 075009, 8, 2010  
doi/10.1088/0268-1242/25/7/075009

### Hinz, J., Bauer, A.J., Thiede, T., Fischer, R.A., Frey, L.:

*Evaluation of NbN thin films grown by MOCVD and plasma-enhanced ALD for gate electrode application in high- $\kappa$  SiO<sub>2</sub> gate stacks*  
Semiconductor Science and Technology, 2, 4, 045009, 8, 2010  
doi/10.1088/0268-1242/25/4/045009

### Hofmann, M., Eckardt, B., März, M., Frey L.:

*Effizienzoptimierung integrierter elektrischer Antriebssysteme für Hybrid- und Elektrofahrzeuge*  
Elektro Mobil Ausstellung (EMA) 2010, European Center for Power Electronics (ECPE)  
urn:nbn:de:0011-n-1488538

### Huang, J., Krishna, U.R., Lemberger, M., Jank, M., Polster, S., Ryssel, H., Frey, L.:

*Effects of oxygen and forming gas annealing on ZnO-TFTs*  
Poster at MRS Fall Meeting 2010, Boston. (Materials Research Society (Fall Meeting))  
urn:nbn:de:0011-n-1513323

### Huang, J., Krishna, U.R., Lemberger, M., Jank, M., Ryssel, H., Frey, L.:

*Impact of forming gas annealing on ZnO-TFTs*  
10th IEEE International Conference on Solid-State and Integrated Circuit Technology, Shanghai, 1548-1550 (2010).  
DOI: 10.1109/ICSICT.2010.5667483

### Jambreck, J.D., Schmitt, H., Amon, B., Rommel, M., Bauer, A.J., Frey, L.:

*Fabrication of metallic SPM tips by combining UV nanoimprint lithography and focused ion beam processing*  
Microelectronic Engineering, 87, 1123, 2010  
doi: 10.1016/j.mee.2009.11.040

### Jambreck, J.D., Yanev, V., Schmitt, H., Rommel, M., Bauer, A.J., Frey, L.:

*Manufacturing, characterization, and application of nanoimprinted metallic probe demonstrators for electrical scanning probe microscopy*  
36th International Conference on Micro and Nano Engineering (MNE) 2010, 36, 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1433286  
DOI: 10.1016/j.mee.2010.12.022

### Jambreck, J.D., Yanev, V., Schmitt, H., Rommel, M., Bauer, A.J., Frey, L.:

*Nanoimprinted metallic probe demonstrators for electrical scanning probe microscopy: Manufacturing, characterization, and application*  
14th European FIB Users Group Meeting (EFUG 2010), 14, 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1433295  
DOI: 10.1016/j.mee.2010.12.022

## Fortsetzung: Publikationen / Continuation: Publications

**Jang, Y.-S., Jank, M., Maier, V., Durst, K., Travitzky, N., Zollfrank, C.:**

*SiC ceramic micropatterns from polycarbosilanes*  
Journal of the European Ceramic Society, 30, 13, 2773, 2010  
doi/10.1016/j.jeurceramsoc.2010.05.019

**Jang, Y.-S.; Zollfrank, C., Jank, M., Greil, P.:**

*Fabrication of silicon carbide micropillar arrays from polycarbosilanes*  
Journal of the American Ceramic Society, Vol.93 (2010), No.11, pp.3929-3934  
DOI: 10.1111/j.1551-2916.2010.03978.x

**Kaiser, R.J., Koffel, S., Pichler, P., Bauer, A.J., Amon, B., Claverie, A., Benassayag, G., Scheiblin, P., Frey, L., Ryszel, H.:**

*Honeycomb voids due to ion implantation in germanium*  
Thin Solid Films, 518, 2323, 9, 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1180232  
DOI: 10.1016/j.tsf.2009.09.138

**Kallinger, B., Polster, S., Berwian, P., Friedrich, J., Mueller, G., Danilewsky, A., Wehrhahn, A., Weber, A.-D.:**

*Threading Dislocations in n- and p-type 4H-SiC material analyzed by etching and synchrotron x-ray topography*  
Journal of Crystal Growth, 2010  
http://dx.doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2010.10.145

**Kallinger, B., Thomas, B., Polster, S., Berwian, P., Friedrich, J.:**

*Dislocation conversion and propagation during homoepitaxial growth of 4H-SiC*  
Materials Science Forum, 645-648, 299, 2010  
DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.645-648.299

**Kampen, C., Burenkov, A., Lorenz, J., Ryszel, H.:**

*FD SOI MOSFET compact modeling including process variations*  
Proceedings, 11th International Conference on Ultimate Integration on Silicon( ULIS) 2010, 173, 2010

**Kampen, C., Burenkov, A., Kunder, D., Baer, E., Lorenz, J.:**

*Determination of across-wafer variations of transistor characteristics by coupling equipment simulation with technology computer-aided design (TCAD)*  
Proceedings Fraunhofer Multiphysics Conference 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1342010

**Kampen, C., Evanschitzky, P., Burenkov, A., Lorenz, J.:**

*Lithography induced layout variations in 6-T SRAM cells*  
Proceedings, International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices (SISPAD) 2010, Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2010, 149, 2010  
doi/10.1109/SISPAD.2010.5604543

**Kampen, C., Burenkov, A., Lorenz, J.:**

*On the influence of flash peak temperature variations on Schottky contact resistances of 6-T SRAM cells*  
Proceedings, European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC) 2010, IEEE, 289, 2010  
info:doi/10.1109/ESSDERC.2010.5618359

**Karade, Y., Madani-Grasset, F., Berger, R., Csiba, V., Rommel, M., Dietzel, A.:**

*Guided phase separation of polymer blend thin films on ion beam-induced pre-patterned substrates*  
Microelectronic engineering, 87, 5-8, 1569, 2010  
DOI: 10.1016/j.mee.2009.11.016

**Knörr, M., Schletz, A.:**

*Power semiconductor joining through sintering of silver nanoparticles: evaluation of influence of parameters time, temperature and pressure on density, strength and reliability*  
Proceedings, 6th International Conference on Integrated Power Electronics Systems (CIPS), ETG-Fachbericht 121, 339, 2010  
DOI: 10.1016/j.jaerosci.2010.05.007

**Knörr, M., Schletz, A., Oertel, S., Jank, M.:**

*Semiconductor joining through sintering of Ag-Nanoparticles: Analysis of suitability of different powders using DSC and TGA measurements*  
Proceedings, The World Congress on Particle Technology (WCPT6) 2010, CD-ROM, 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1488508

## Fortsetzung: Publikationen / Continuation: Publications

**Knoke, I.Y., Berwian, P., Meissner, E., Friedrich, J., Strunk, H.P., Müller, G.:**

*Selective etching of dislocations in GaN grown by Low-Pressure Solution Growth*  
Journal of Crystal Growth 312 (2010) 3040–3045  
DOI: 10.1016/j.jcrysgro.2010.07.011

**Körner, R., Jank, M., Ryssel, H., Schmid, H.-J., Peukert, W.:**

*Aerosol synthesis of silicon nanoparticles with narrow size distribution. Pt. 1: Experimental investigations*  
Journal of Aerosol Science, 41, 11, 998, 2010  
doi/10.1016/j.jaerosci.2010.05.007

**Krieger, M., Beljakov, S., Zippelius, B., Afanas'ev, V.V., Bauer, A.J., Nanen, Y., Komoto, T., Pensl, G.:**

*Detection and electrical characterization of defects at the SiO<sub>2</sub>/4H-SiC interface.*  
Bauer, A.J. et al.: Silicon carbide and related materials 2009: Selected, peer reviewed papers from the International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM) 2009, Materials Science Forum 645/648, 463, 2010  
doi/10.4028/www.scientific.net/MSF.645-648.463

**Kunder, D., Bär, E., Sekowski, M., Pichler, P., Rommel, M.:**

*Simulation of focused ion beam etching by coupling a topography simulator and a Monte-Carlo sputtering yield simulator*  
Microelectronic Engineering 87, 1597, 2010  
DOI: 10.1016/j.mee.2009.11.007

**Kunder, D.:**

*3D simulation of sputter etching with the Monte-Carlo approach*  
Promotion, Universität Erlangen-Nürnberg  
<http://www.opus.ub.uni-erlangen.de/opus/volltexte/2011/2298/>

**Ladas, S., Sygellou, L., Kennou, S., Wolf, M., Roeder, G., Nutsch, A.:**

*An X-ray photoelectron spectroscopy study of ultra-thin oxynitride films*  
18th International Vacuum Congress (IVC-18) Physics Procedia 00 (2010) 000–000

**Laven, J.G., Job, R., Schulze, H.-J., Niedernostheide, F.-J., Häublein, V., Schulze, H., Schustereder, W., Ryssel, H., Frey, L.:**

*The Impact of Helium Co-Implantation on Hydrogen Induced Donor Profiles in Float Zone Silicon*  
ECS Transactions, 33, 11, 51, 2010  
doi 10.1149/1.3485682

**Lazareva, I., Nutsch, A., Pfitzner, L., Frey, L.:**

*Optical inspection of flat reflective surfaces by a wave front sensor*  
Proceedings, SPIE Conference "Reflection, Scattering, and Diffraction from Surfaces II", Vol. 7792, 77920Q, 2010  
doi:10.1117/12.861148

**Lazareva, I., Nutsch, A., Pfitzner, L., Frey, L.:**

*Highly sensitive wavefront sensor for visual inspection of bare and patterned silicon wafers*  
Proceedings, SPIE Conference "Reflection, Scattering, and Diffraction from Surfaces II", 7792, 77181H, 2010  
doi: 10.1117/12.854332

**Le-Huu, M., Schrey, R., Grieb, M., Schmitt, H., Häublein, V., Bauer, A.J., Ryssel, H., Frey, L.:**

*NMOS logic circuits using 4H-SiC MOSFETs for high temperature applications*  
Materials Science Forum 645-648, 1143, 2010  
DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.645-648.1143

**Lemberger, M.:**

*Chemische Gasphasenabscheidung von Metallsilicatschichten aus Einquellen-Ausgangsstoffen für Anwendungen in der Mikroelektronik*  
Promotion, Universität Erlangen-Nürnberg  
URN: urn:nbn:de:bvb:29-opus-16763  
URL: <http://www.opus.ub.uni-erlangen.de/opus/volltexte/2010/1676/>

**Liu, S., Fühner, T., Shao, F., Barenbaum, A., Jahn, J., Erdmann, A.:**

*Topography aware BARC optimization for double patterning*  
Proceedings, SPIE 76740, 76403C, 2010  
DOI: 10.1117/12.846441

## Fortsetzung: Publikationen / Continuation: Publications

**Lorentz, V., Berberich, S.E., März, M., Bauer, A.J., Ryssel, H., Poure, P., Braun, F.:**

*Lossless average inductor current sensor for CMOS integrated DC-DC converters operating at high frequencies*

Analogue Integrated Circuits and Signal Processing, 62, 3, 333, 2010

doi/10.1007/s10470-009-9365-z

**Lorentz, V.:**

*Das letzte Wort*

VμE Nachrichten, 41, 4, 2010

**März, M., Schletz, A., Eckardt, B., Egelkraut, S., Rauh, H.:**

*Power electronics system integration for electric and hybrid vehicles*

Proceedings, 6th International Conference on Integrated Power System (CIPS 2010), ETG-Fachbericht 121, 227, 2010

urn:nbn:de:0011-n-1488588

**Meissner, E., Hussy, S., Friedrich, J.:**

*Low pressure solution growth of gallium nitride*

Technology of Gallium Nitride Crystal Growth, Eds.: D. Ehrentraut, E. Meissner, M. Bockowski, 245, 2010

**Motzek, K., Bich, A., Erdmann, A., Hornung, M., Hennemeyer, M., Meliorisz, B., Hofmann, U., Uenal, N., Voelkel, R., Partel, S., Hudek, P.:**

*Optimization of illumination pupils and mask structures for proximity printing*

Microelectronic Engineering 87, 1164-1167, 2010

DOI: 10.1016/j.mee.2009.10.038

**Müller, G., Friedrich, J.:**

*Optimization and modeling of photovoltaic silicon crystallization processes*

14th International Summer School on Crystal Growth. AIP Conference Proceedings, 1270, 255, 2010

**Niedermeier M., Lorentz V.:**

*Solarenergie für Jedermann*

Etagreen, 5, 4, 2010

<http://www.etagreen.com/news/9,661413/%CE%B7-green-5-2010/Neue-Systemarchitekturen-fuer-flexible-Solaranlagen.html>

**Ngamo, M., Duguay, S., Pichler, P., Daoud, K., Pareige, P.:**

*Characterization of arsenic segregation at Si/SiO<sub>2</sub> interface by 3D atom probe tomography*

Thin Solid Film, 518, 2402-2405, 2010

DOI:10.1016/j.tsf.2009.08.020

**Noborio, M., Grieb, M., Bauer, A.J., Peters, D., Friedrichs, P., Suda, J., Komoto, T.:**

*Characterization of arsenic segregation at Si/SiO<sub>2</sub> interface by 3D atom probe tomography*

Symposium I „Silicon and Germanium Issue for Future CMOS Devices“, Thin solid films, 518, 9, 2402, 2010

doi/10.1016/j.tsf.2009.08.020

**Noborio, M., Grieb, M., Bauer, A.J., Peters, D., Friedrichs, P., Suda, J., Komoto, T.:**

*Electrical characterization and reliability of nitrided-gate insulators for N- and P-type 4H-SiC MIS devices*

Bauer, A.J. et al.: Silicon carbide and related materials 2009: Selected, peer reviewed papers from the International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM) 2009, Materials Science Forum 645, 825, 2010

doi/10.4028/www.scientific.net/MSF.645-648.825

**Nutsch, A., Oechsner, R., Schoepka, U., Pfitzner, L.:**

*Yield model for estimation of yield impact of semiconductor manufacturing equipment*

IEEE International Symposium on Semiconductor Manufacturing (ISSM), 2010

**Nutsch, A., Beckhoff, B., Kolbe, M., Van Den Berg, J., Reading, M.:**

*Interlaboratory comparison and evaluation of analytical techniques for nano- and microelectronics*

Measurement Science and Technology 2010,

**Pichler, P., Burenkov, A., Lorenz, J., Kampen, C., Frey, L.:**

*Future challenges in CMOS process modeling*

Thin Solid Films, 518, 9, 2478-2484, 2010 und Proceedings of the EMRS 2009 Summer Meeting, Symposium I: Silicon and germanium issue for future CMOS devices, 2478, 2010

DOI: 10.1016/j.tsf.2009.09.150

## Fortsetzung: Publikationen / Continuation: Publications

**Rahimi, Z., Erdmann, A., Evanschitzky, P., Pflaum, C.:**

*Rigorous EMF simulation of absorber shape variations and their impact on lithographic processes*

Proceedings SPIE Conference "26th European Mask and Lithography Conference (EMLC)", 7545, 75450C-1, 2010

DOI: 10.1117/12.863595

**Rahimi, Z., Erdmann, A., Pflaum, C.:**

*Characterization of the scattering effect of complex mask geometries with surface roughness*

Proceedings SPIE Conference "Optical Modeling and Design", 7717, 771709-1

DOI: 10.1117/12.853726

**Rambach, M., Bauer, A.J., Rysse, H.:**

*Electrical and topographical characterization of aluminum implanted layers in 4H silicon carbide*

Friedrichs, P.: Silicon carbide. Vol.1: Growth, defects, and novel applications, 181, 2010

**Reimann, C., Trempa, M., Jung, T., Friedrich, J., Müller, G.:**

*Modeling of incorporation of O, N, C and formation of related precipitates during directional solidification of silicon under consideration of variable processing parameters*

Journal of Crystal Growth, 312, 7, 878, 2010

doi/10.1016/j.jcrysgro.2009.11.070

**Reimann, C., Trempa, M., Friedrich, J., Müller, G.:**

*About the formation and avoidance of C and N related precipitates during directional solidification of multi crystalline silicon from contaminated feedstock*

Journal of Crystal Growth, 312, 1510, 2010

**Roeder, G., Wolf, M., Schellenberger, M., Pfitzner, L., Rambach, M., Lerch, W.:**

*Application of optical emission spectroscopy during process development of plasma assisted nitridation of thin thermal silicon dioxide films*

Proceedings, 10th European Advanced Equipment Control/Advanced Process Control (AEC/APC) Conference, 2010

**Roeder, G., Schellenberger, M., Pfeffer, M., Kyek, A., Knapp, A., Mühlberger, H.:**

*Architecture for the Integration of Virtual Metrology and Predictive Maintenance into Existing Fab Systems*

Proceedings, 10th European Advanced Equipment Control/Advanced Process Control (AEC/APC) Conference, 2010

**Rommel, M., Jambrech, J.D., Ebm, C., Platzgummer, E., Bauer, A.J., Frey, L.:**

*Influence of FIB patterning strategies on the shape of 3D structures: Comparison of experiments with simulations*

International Conference on Micro and Nano Engineering (MNE) 2009, 35, 2009

doi/10.1016/j.mee.2009.10.054

und

Microelectronic engineering, 87, 5, 1566

urn:nbn:de:0011-n-1193082

**Rommel, M., Yanev, V., Paskaleva, A., Erlbacher, T., Lemberger, M., Bauer, A.J., Frey, L.:**

*Electrical scanning probe microscopy techniques for the detailed characterization of high-k dielectric layers*

ECS Transactions, 28, 139, 2010

DOI:10.1149/1.3372571

**Rommel, M., Spoldi, G., Yanev, V., Beuer, S., Amon, B., Jambrech, J., Petersen, S., Bauer, A.J., Frey, L.:**

*Comprehensive study of FIB induced lateral damage in silicon by SPM techniques*

Journal of Vacuum Science & Technology B: Microelectronics and Nanometer Structures 28, 595-607 (2010)

http://dx.doi.org/10.1149/1.3372571

**Roth, A., Knörr, M., Ponomarenko, M.:**

*Zuverlässigkeit von Substraten der Leistungselektronik gegenüber Temperaturzyklen im Vergleich*

Fachtagung Elektronische Baugruppen und Leiterplatten (EBL), 2010

**Schellenberger, M., Roeder, G., Öchsner, R., Schöpka, U., Kasko, I.:**

*Advanced process control – lessons learned from semiconductor manufacturing*

Photovoltaics International, 9, 79, 2010

## Fortsetzung: Publikationen / Continuation: Publications

**Schmitt, H., Kett, F., Fader, R., Rommel, M., Bauer, A.J., Hornung, M., Frey, L.:**

*Direct imprinting, post processing, and characterization of functional UV-curing materials*  
9th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology (NNT) 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1433946

**Schmitt, H., Rommel, M., Bauer, A.J., Frey, L., Bich, A., Eisner, M., Völkel, R., Hornung, M.:**

*Full wafer microlens replication by UV imprint lithography*  
Proceedings 35th International Conference on Micro- and Nano-Engineering (MNE) 2009,  
1074-1076, 2010  
doi/10.1016/j.mee.2009.11.069  
und Microelectronic engineering 87, 5-8, 2010  
urn:nbn:de:0011-n-1314919

**Sekowski, M., Burenkov, A., Ryssel, H.:**

*2D angular distributions of ion sputtered germanium atoms under grazing incidence*  
Proceedings, 35th International Conference on Micro- and Nano-Engineering (MNE) 2009,  
Microelectronic engineering 87, 5, 1497, 2010  
doi/10.1016/j.mee.2009.11.068

**Shao, F., Cooper, G.D., Chen, Z., Erdmann, A.:**

*Modeling of exploration of reversible contrast enhancement layers for double exposure lithography*  
Proceedings, SPIE 76740, 76400J, 2010  
DOI: 10.1117/12.846525

**Shao, F., Evanschitzky, P., Motzek, K., Erdmann, A.:**

*Fast and highly accurate simulation of the printing behavior of EUV multilayer defects based on different models*  
Proceedings, SPIE 7748, 7748, 774806, 2010  
DOI: 10.1117/12.866470

**Trempa, M., Reimann, C., Friedrich, J., Müller, G.:**

*The influence of growth rate on the formation and avoidance of C and N related precipitates during directional solidification of multi crystalline silicon*  
Journal of Crystal Growth, 312, 9, 1517, 2010  
doi/10.1016/j.jcrysgro.2010.02.005

**Vom Dorp, J., Erlbacher, T., Lorentz, V., Bauer, A.J., Ryssel, H., Frey, L.:**

*Integrierbare Bauelemente zur Erhöhung der Betriebssicherheit elektronischer Systemkomponenten im Automobil.*  
Automotive meets electronics (AmE) 2010 - GMM-Fachtagung, GMM-Fachbericht 64, 72, 2010

**Walther, S., Schäfer, S., Jank, M., Thiem, H., Peukert, W., Ryssel, H., Frey, L.:**

*Influence of annealing temperature and measurement ambient on TFTs based on gas phase synthesized ZnO nanoparticles*  
Microelectronic engineering, 87, 11, 2312, 2010  
info:doi/10.1016/j.mee.2010.03.009

**Yanev, V., Rommel, M., Bauer, A.J., Frey, L.:**

*Characterization of thickness variations of thin dielectric layers at a nanoscale using Scanning Capacitance Microscopy*  
16th Workshop on Dielectric Materials (WoDiM) 2010, Journal of Vacuum Science & Technology B: Microelectronics and Nanometer Structures 29, 01A401 (2011)  
<http://dx.doi.org/10.1116/1.3532822>

**Zeltner, S.:**

*Insulating IGBT driver with PCB integrated capacitive coupling elements*  
Proceedings, 6th International Conference on Integrated Power System (CIPS 2010), ETG-Fachbericht 121, 131, 2010  
ISBN 978-3-8007-3212-8

**Zorenko, Y., Zorenko, T., Voznyak, T., Mandowski, A., Xia, Q., Batentschuk, M., Friedrich, J.:**

*Luminescence of F+ and F centers in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> oxide compounds*  
IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 15, 012060, 2010  
doi:10.1088/1757-899X/15/1/012060

## Vorträge / Presentations

**Agudelo, V., Evanschitzky, P., Erdmann, A., Limmer, S., Fey, D.:**

*Mask models for the imaging of contact holes in optical projection lithography*  
5th EOS Topical Meeting on Advanced Imaging Techniques  
Engelberg, Schweiz  
29. Juni - 2. Juli 2010

**Azizi, M., Engelaar, E., Faber, A.J., Meissner, E., Friedrich, J.:**

*Ultrasound measurement of the position of the growing interface during directional solidification of silicon*  
Deutsche Kristallzüchtungstagung  
Freiburg  
3. - 5. März 2010

**Azizi, M., Engelaar, E., Faber, A.J., Meissner, E., Friedrich, J.:**

*Ultrasound measurement of the position of the growing interface during directional solidification of silicon*  
16th International Conference on Crystal Growth  
Beijing, China  
8. - 13. August 2010

**Azizi, M., Engelaar, E., Faber, A.J., Meissner, E., Friedrich, J.:**

*Ultrasound measurement of the position of the growing interface during directional solidification of silicon*  
Poster Presentation, 25th EUPVSEC, 2010  
Valencia, Spain  
6. - 10. September 2010

**Bär, E.:**

*Technologiesimulation*  
Informationsveranstaltung der Bayerischen Eliteakademie im Rahmen der Erlanger Techniktage  
Fraunhofer IISB, Erlangen  
22. März 2010

**Bär, E., Kunder, D., Evanschitzky, P., Lorenz, J.:**

*Coupling of equipment simulation and feature-scale profile simulation for dry-etching of polysilicon gate lines*  
SISPAD (International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices) 2010  
Bologna, Italy  
6. - 8. September 2010

**Bär, E., Kunder, D., Lorenz, J., Sekowski, M., Paschen, U.:**

*Coupling of Monte Carlo sputter simulation and feature-scale profile simulation and application to the simulation of back etching of an intermetal dielectric*  
International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices (SISPAD) 2010  
Bologna, Italy  
6. - 8. September 2010

**Bauer, A.J.:**

*Characterization of high-k dielectrics by electrical scanning probe microscopy (SPM) techniques*  
Workshop "Novel High-k Application" bei namlab  
Dresden  
20. Januar 2010

**Berwian, P., Friedrich, J., Ardelean, G.:**

*Global Modeling of Bridgman Growth of CdZnTe Crystals Using CrysMAS*  
EMRS-Fall Meeting  
Warsaw, Poland  
13. - 17. September 2010

**Billmann, M.:**

*Explosion proof housings for wire bonded IGBT modules in HVDC application*  
ECPE Workshop "Advanced Multilevel Converter Systems"  
Västerås, Sweden  
28. - 29. September 2010

**Billmann, M.:**

*Sichere Schaltzellen für Multi-Level-Umrichter*  
Jahrestagung IISB 2010 „10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB – Ausgewählter Ort im Land der Ideen,,  
IISB, Erlangen  
21. Oktober 2010

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

### Billmann, M.:

*Ansteuerung von Hochvolt-IGBTs*

Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Messtechnik von Fraunhofer IISB und LEB in Kombination mit der Veranstaltungsreihe Leistungselektronik  
IISB, Erlangen  
13. Dezember 2010

### Burenkov, A., Kampen, C., Bär, E., Lorenz, J.:

*Impact of technological options for 22 nm SOI CMOS transistors on IC performance*

Sixth Workshop of the Thematic Network on Silicon on Insulator Technology, Devices and Circuits, EUROSOI 2010  
Grenoble, France  
23. - 27. Januar 2010

### Burenkov, A.:

*Anwendungsbezogene Simulationen von nanoskalierten CMOS-Bauelementen*

Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Messtechnik von Fraunhofer IISB und LEB  
IISB, Erlangen  
19. April 2010

### Dadzis, K., Wunderwald, U., Zschorsch, M., Jung, T., Friedrich, J.:

*Melt flow and species distribution in directional solidification of large multi-crystalline silicon ingots with a travelling magnetic field*

Poster Presentation, 25th EUPVSEC  
Valencia, Spain  
6. - 10. September 2010

### Denisov, A.V., Molchanov, A., Punin, Yu. O., Krymov, V.M., Friedrich, J.:

*On the stability of the growth of long single crystalline sapphire ribbons with basic orientation by the Stepanov/IEFG technique*  
Poster Presentation, 16th International Conference on Crystal Growth

Beijing, China

8. - 13. August 2010

### Dobmann, S., Ploss, D., Reibold, D., Erdmann, A., Peschel, U.:

*Extraordinary low transmission of a metamaterial for application in lithography*

Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO/QELS) 2010  
San José, CA, USA  
16. - 21. Mai 2010

### Domes, K.:

*Ansteuerung von Hochleistungsschaltern*

Jahrestagung IISB 2010 „10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB – Ausgewählter Ort im Land der Ideen“  
IISB, Erlangen  
21. Oktober 2010

### Eckardt, B.:

*Gleichspannungswandler hoher Leistungsdichte im Antriebsstrang von Kraftfahrzeugen*

Promotion  
IISB, Erlangen  
2. August 2010

### Eckardt, B.:

*Hybrid-TT – FuE Plattform für Elektromobilität*

Jahrestagung IISB 2010 „10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB – Ausgewählter Ort im Land der Ideen“  
IISB, Erlangen  
21. Oktober 2010

### Eckardt, B.:

*Testzentrum für Elektrofahrzeuge*

Jahrestagung IISB 2010 „10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB – Ausgewählter Ort im Land der Ideen“  
IISB, Erlangen  
21. Oktober 2010

### Eckardt, B.:

*Versuchsplattform Hybrid-TT*

Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Messtechnik von Fraunhofer IISB und LEB in Kombination mit der Veranstaltungsreihe Leistungselektronik

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

IISB, Erlangen  
22. November 2010

### **Eckardt, B.:**

*Elektromobilitäts-Versuchsplattform Hybrid-TT*  
Forum Elektromobilität e.V.: ROADSHOW Forum E-Motion am Fraunhofer IISB  
9. Dezember 2010

### **Egelkraut, S., Rauch, M., Schletz, A., März, M.:**

*A highly integrated EMI filter using polymer bonded soft magnetics as core material*  
Applied Power Electronics Conference (APEC) 2010  
Palm Springs, CA, USA  
21. - 24. Februar 2010

### **Erdmann, A.:**

*Optical lithography: Technology, physical effects, and modeling*  
Vorlesung  
IISB, Erlangen  
WS 2010/2011

### **Erdmann, A., Shao, F., Fuhrmann, J., Fiebach, A., Patsis, G.P., Trefonas, P.:**

*Modeling of double patterning interactions in litho-curing/litho-etch (LCLE) processes*  
SPIE Advanced Lithography  
San Jose, CA, USA  
27. Februar - 3. März 2010

### **Erdmann, A., Shao, F., Evanschitzky, P., T. Fühner, T.:**

*Mask and wafer topography effects in optical and EUV-lithography*  
China Semiconductor Technology International Conference (CSTIC)  
Shanghai, China  
13. - 14. März 2010

### **Erdmann, A., Shao, F., Evanschitzky, P., Fühner, T.:**

*Mask topography induced phase effects and wave aberrations in optical and EUV lithography*  
54th Conference on Electron, Ion and Photon Beam Technology and Nanofabrication (EIPBN)  
2010  
Anchorage, USA  
1. - 4. Juni 2010

### **Erlbacher, T.:**

*Integration von Grabengates in einen planaren LDMIS-Prozess*  
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Messtechnik von Fraunhofer IISB und LEB  
IISB, Erlangen  
21. Juni 2010

### **Erlbacher, T.:**

*Gate oxide reliability at the nano-scale evaluated by combining cAFM and CVS*  
16th Workshop on Dielectrics in Microelectronics (WoDiM) 2010  
Bratislava, Slovakia  
30. Juni 2020

### **Evanschitzky, P., Fühner, T., Shao, F., Erdmann, A.:**

*Efficient simulation of three dimensional EUV masks for rigorous source mask optimization and mask induced imaging artifact analysis*  
European Mask and Lithography Conference (EMLC)  
Grenoble, France  
18. - 20. Januar 2010

### **Fet, A.:**

*Work function engineering for metal/high-k dielectric gate stacks*  
Promotion  
IISB, Erlangen  
3. November 2010

### **Frey, L.:**

*Prozessintegration und Bauelementearchitekturen*  
Vorlesung  
IISB, Erlangen  
Sommersemester 2010

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

### Frey, L.:

*Halbleiter- und Bauelementemesstechnik*

Vorlesung

IISB, Erlangen

Sommersemester 2010

### Frey, L.:

*Halbleiterbauelemente*

Vorlesung

IISB, Erlangen

Sommersemester 2010

### Frey, L.:

*Halbleiterbauelemente*

Vorlesung

IISB, Erlangen

Wintersemester 2010/2011

### Frey, L.:

*Technologie integrierter Schaltungen*

Vorlesung

IISB, Erlangen

Wintersemester 2010/2011

### Frey, L.:

*Produktion in der Elektrotechnik*

Vorlesung

IISB, Erlangen

Wintersemester 2010/2011

### Friedrich, J.:

*Fundamentals and Technology of the Growth of Semiconductor and optical Crystals*

Vorlesung

Institut für Werkstoffwissenschaften 6 der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen  
Sommersemester 2010

### Friedrich, J., Ardelean, G., Berwian, P.:

*Global modeling of bridgman growth of CdZnTe crystals using CrysMAS*

Workshop on Crystal Growth of CdTe and Related Materials

Freiburg

1. - 2. März 2010

### Friedrich, J., Cröll, A.:

*Einsatz von Magnetfeldern in der Kristallzüchtung – von Grundlagenexperimenten im Weltraum  
zur industriellen Produktion*

Deutsche Kristallzüchtungstagung

Freiburg

3. - 5. März 2010

### Friedrich, J., Duffar, T.:

*Gravitational effects on heat and mass transport phenomena in directional solidification of  
upgraded metallurgical silicon for photovoltaic applications – SiSSi*

ESA – ESTEC

Noordwijk, The Netherlands

12. April 2010

### Friedrich, J., Reimann, C.:

*Erstarrung von multikristallinem Silizium für die Photovoltaik*

2. DGKK-Schule „Silizium Kristallzüchtung für die Photovoltaik“

Apolda

14. - 16. Juni 2010

### Friedrich, J., Trempa, M., Reimann, C., Dadzis, K., Wunderwald, U., Zschorsch, M., Jung, T.:

*Factors influencing the formation of SiC and Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> precipitates in directional solidification of  
multi-crystalline silicon*

16th International Conference on Crystal Growth

Beijing, China

8. - 13. August 2010

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

**Friedrich, J., Trempa, M., Reimann, C., Dadzis, K., Wunderwald, U., Zschorsch, M., Jung,**

**T.:**

*Factors influencing the formation of SiC and Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> precipitates in directional solidification of multi-crystalline silicon*

Avantsolar Statusseminar

Berlin

9. September 2010

**Friedrich, J.:**

*Factors influencing the formation of SiC and Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> precipitates in directional solidification of multi-crystalline silicon*

4th International Workshop on Science and Technology of Crystalline Si Solar Cells (CSSC4)

Taipei, Taiwan

26. - 28. Oktober 2010

**Friedrich, J., Kallinger, B., Meißner, E., Berwian, P.:**

*Crystal growth and characterization of SiC and GaN*

Infineon - Innovationsseminar „Leistungselektronik“

Villach, Austria

2. November 2010

**Grieb, M.:**

*Charakterisierung von Metall-Oxid-Halbleiter-Strukturen auf der Silicium- und Kohlenstoffseite von 4H-Siliciumcarbid*

Promotion

IISB, Erlangen

6. August 2010

**Gumprecht, T., Roeder, G.:**

*Introduction to ultra-thin layer characterization by vacuum ultraviolet reflectometry*

GMM – Fachgruppe 1.2.3 Abscheide- und Ätzverfahren, Workshop 2010

IISB, Erlangen

8. Dezember 2010

**Häublein, V.:**

*Lanthanoid Implantation for Effective Work Function Control in NMOS High-k / Metal Gate Stacks*

International Conference on Ion Implantation Technology (IIT) 2010

Kyoto, Japan

6. - 11. Juni 2010

**Häublein, V.:**

*Influence of annealing parameters on surface roughness, mobility, and contact resistance of aluminium implanted 4H SiC*

Poster Presentation, European Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ECSCRM) 2010

Oslo, Norway

29. August - 2. September 2010

**Hinz, J.:**

*Abscheidung und Charakterisierung metallischer Gate-Elektroden für zukünftige CMOS-Technologien*

Promotion

IISB, Erlangen

18. Januar 2010

**Hofmann, M.:**

*Elektrische Antriebe für Fahrzeuge*

Jahrestagung IISB 2010 „10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB – Ausgewählter Ort im Land der Ideen“

IISB, Erlangen

21. Oktober 2010

**Jambrech, J.D., Yanev, V., Schmitt, H., Rommel, M., Bauer, A.J., Frey, L.:**

*Manufacturing, characterization, and application of nanoimprinted metallic probe demonstrators for electrical scanning probe microscopy*

36th International Conference on Micro and Nano Engineering (MNE) 2010

Genoa, Italy

19. - 22. September 2010

**Jambrech, J.D., Yanev, V., Schmitt, H., Rommel, M., Bauer, A.J., Frey, L.:**

*Nanoimprinted metallic probe demonstrators for electrical scanning probe microscopy: Manufacturing, characterization, and application*

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Poster Presentation, 14th European FIB Users Group Meeting (EFUG) 2010  
Gaeta, Italy  
11. Oktober 2010

**Jank, M., Frey, L.:**

*Nanoelektronik*  
Vorlesung  
IISB, Erlangen  
Sommersemester 2010

**Jank, M., Schmidt, K.:**

*Einführung in die gedruckte Elektronik*  
Vorlesung  
IISB, Erlangen  
Wintersemester 2010/2011

**Jank, M.:**

*Low temperature solution processing of inorganic materials*  
27. Treffen der GMM-Nutzergruppe Heißprozesse  
IISB, Erlangen  
5. Mai 2010

**Jung, T., Rudevics, A., Friedrich, J.:**

*Simulation von PV-Cz-Schmelzen: Versuch einer Abschätzung der zu erwartenden Genauigkeit und des nötigen Aufwandes*  
DGKK-Arbeitskreis Simulation  
Burghausen  
23. - 24. November 2010

**Kallinger, B., Thomas, B., Berwian, P., Friedrich, J.:**

*Einfluss von Verkipfungswinkel und -richtung des Substrats auf die Eigenschaften homoepitaktischer 4H-SiC Schichten*  
Deutsche Kristallzüchtungstagung

Freiburg  
3. - 5. März 2010

**Kallinger, B.:**

*Degradation von SiC-Bipolardioden mit Vbr > 2 kV: Status und Perspektiven*  
Infineon - Innovationsseminar „Leistungselektronik“  
München  
19. April 2010

**Kallinger, B., Berwian, P., Friedrich, J., Thomas, B., Weber, A.:**

*Doping-induced mismatch in 4H-SiC homoepitaxy*  
16th International Conference on Crystal Growth  
Beijing, China  
8. - 13. August 2010

**Kallinger, B., Thomas, B., Berwian, P., Friedrich, J., Trachta, G., Weber, A.-D.:**

*4H-SiC Homoepitaxial Growth on Substrates with Different Off-cut Directions*  
European Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ECSCRM) 2010  
Oslo, Norway  
29. August - 2. September 2010

**Kallinger, B., Thomas, B., Berwian, P., Friedrich, J.:**

*Einfluss von Verkipfungswinkel und -richtung des Substrats auf die Eigenschaften homoepitaktischer 4H-SiC Schichten*  
25. DGKK Arbeitskreis Epitaxie, Aachen  
9. - 10. Dezember 2010

**Kampen, C., Burenkov, A., Kunder, D., Baer, E., Lorenz, J.:**

*Determination of across-wafer variations of transistor characteristics by coupling equipment simulation with technology computer-aided design (TCAD)*  
Fraunhofer Multiphysics Conference 2010  
Bonn  
22. - 23. Juni 2010

**Kampen, C.:**

*Evaluation of CMOS architectures below 50 nm gate length by numerical simulations*  
Promotion  
IISB Erlangen  
3. Dezember 2010

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

### **Knörr, M., Schletz, A.:**

*Power semiconductor joining through sintering of silver nanoparticles: Evaluation of influence of parameters time, temperature and pressure on density, strength and reliability*  
6th International Conference on Integrated Power Electronics Systems (CIPS)  
Nürnberg  
16. - 18. März 2010

### **Knörr, M., Schletz, A., Oertel, S., Jank, M.:**

*Semiconductor joining through sintering of Ag-nanoparticles: Analysis of suitability of different powders using DSC and TGA measurements*  
The World Congress on Particle Technology (WCPT6)  
Nürnberg  
26. - 29. April 2010

### **Koffel, S., Burenkov, A., Pichler, P.:**

*Predictive TCAD for automobile electronics*  
ATHENIS Workshop on IC Technology for Harsh Automotive Applications  
Povo, Trento, Italy  
15. Dezember 2010

### **Kunder, D.:**

*3D Simulation des Zerstäubungsätzens mittels der Monte-Carlo Methode*  
Promotion  
IISB, Erlangen  
16. Dezember 2010

### **Langbein, D.:**

*Kostensenkung durch Gleichspannungsnetze*  
Jahrestagung IISB 2010 „10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB – Ausgewählter Ort im Land der Ideen“  
IISB, Erlangen  
21. Oktober 2010

### **Lazareva, I.:**

*Fast assessment of the surface quality in sub-micrometer range with wave front sensing method*  
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Messtechnik von Fraunhofer IISB und LEB  
IISB, Erlangen  
7. Juni 2010

### **Lemberger, M.:**

*Chemische Gasphasenabscheidung von Metallsilicatschichten aus Einquellen-Ausgangsstoffen für Anwendungen in der Mikroelektronik*  
Promotion  
IISB, Erlangen  
9. Februar 2010

### **Liu, S., Fühner, T., Shao, F., Barenbaum, A., Jahn, J., Erdmann, A.:**

*Modeling of exploration of reversible contrast enhancement layers for double exposure lithography*  
SPIE Advanced Lithography  
San Jose, CA, USA  
27. Februar - 3. März 2010

### **Liu, S., Roeder, G., Aygün, G., Motzek, K., Evanschitzky, P., Erdmann, A.:**

*Simulation of 3D inclined/rotated UV lithography and its application to microneedles*  
36th International Conference on Micro- and Nano-Engineering (MNE) 2010  
Genova, Italy  
19. - 22. September 2010

### **Lorenz, J.:**

*CMOS process variability – from technology to circuits and systems*  
ESSDERC 2010 Tutorial “Nanoelectronics: a tool to face the future”  
Sevilla, Spain  
13. - 17. September 2010

### **Lorenz, J.:**

*Hierarchische Simulation nanoelektronischer Systeme zur Beherrschung von Prozeßschwankungen*  
Fraunhofer Symposium „Netzwerk“, München  
8. - 9. Dezember 2010

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

### März M.:

*Automobilelektronik – Leistungselektronik*  
Vorlesung  
Universität Erlangen-Nürnberg  
Sommersemester 2010

### März, M.:

*Mobilität von morgen: Herausforderungen – Fakten – Perspektiven – Szenarien*  
DRIVE-E Akademie 2010  
IISB, Erlangen  
8. - 12. März 2010

### März, M.:

*Soft magnetic polymers – an attractive material for EMI filter applications*  
EPCE-Cluster Seminar "EMC in Hybrid and Electric Vehicles"  
IISB, Erlangen  
18. Mai 2010

### März, M.:

*High efficiency architectures for energy conversion*  
First International Congress of "Associazione Tecnica Dell'Automobile"  
Venaria Reale, Italy  
10. - 11. Juni 2010

### März, M.:

*Ladeinfrastruktur für Elektrofahrzeuge*  
Workshop Netzintegration Elektromobilität des Bayerischen Clusters Leistungselektronik,  
Nürnberg  
29. Juni 2010

### März M.:

*Heat: Basics, Examples, Heat-Exchange*  
ECPE Tutorial "Thermal Engineering of Power Electronics Systems"

IISB, Erlangen  
27. - 28. Juli 2010

### März, M.:

*10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB*  
Jahrestagung IISB 2010 „10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB – Ausgewählter Ort  
im Land der Ideen“  
IISB, Erlangen  
21. Oktober 2010

### März M.:

*Durch Systemintegration zum intelligenten Fahrentrieb*  
Kongress des Forum Elektromobilität e. V.  
Berlin  
16. - 17. November 2010

### März, M.:

*Testzentrum für Elektrofahrzeuge*  
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Messtechnik von Fraunhofer IISB und  
LEB in Kombination mit der Veranstaltungsreihe Leistungselektronik  
IISB, Erlangen  
22. November 2010

### März, M.:

*Energieeffizient vom Stromnetz bis zum Rad*  
Fraunhofer - Symposium 2010 „Netzwerk“, München  
7. - 8. Dezember 2010

### März, M.:

*Testzentrum für Elektrofahrzeuge*  
Forum Elektromobilität e.V.: ROADSHOW Forum E-Motion am Fraunhofer IISB  
IISB, Erlangen  
9. Dezember 2010

### März, M.:

*Bedarfe und Kooperationsthemen aus Sicht des Fraunhofer IISB*  
Forum Elektromobilität e.V.: ROADSHOW Forum E-Motion am Fraunhofer IISB  
IISB, Erlangen  
9. Dezember 2010

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

### Meissner, E.:

*MEET-Kernfachseminar*

Institut für Werkstoffwissenschaften 6 der Friedrich-Alexander-Universität  
Sommersemester 2010

### Meißner, E., Schweigard, S., Friedrich, J.:

*Evaluierung des Dark Spot Countings zur Ermittlung der Versetzungsdichte in HVPE GaN durch  
vergleichende Analyse mittels Defekt-selektivem Ätzen*

DGKK-Arbeitskreis Massivkristalle  
Freiberg  
6. - 7. Oktober 2010

### Meliorizs, B.:

*Simulation of proximity printing*

Promotion  
IISB, Erlangen  
14. Juli 2010

### Motzek, K., Erdmann, A.:

*Optimization of illumination and mask layout for mask aligner lithography Dornbirner Mikro-  
techniktage*

Dornbirn, Austria  
8. - 9. Juni 2010

### Motzek, K., Vogler, U., Hennemeyer, M., Erdmann, A.:

*Computational algorithms for optimizing mask layouts in Proximity Printing*

36th International Conference on Micro- and Nano-Engineering MNE) 2010  
Genova, Italy  
19. - 22. September 2010

### Nomann, M.:

*Zuverlässigkeit keramischer Substrate Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie  
und Messtechnik von Fraunhofer IISB und LEB in Kombination mit der Veranstaltungsreihe*

Leistungselektronik  
IISB, Erlangen  
18. Oktober 2010

### Nutsch, A.:

*Moderne analytische Methoden der Physik*

Veranstaltung 3237 L 373, TU Berlin – Analytische Methoden zur Charakterisierung von  
Waferoberflächen  
Berlin  
15. Mai 2010

### Nutsch, A.:

*Quantification Issues of total reflection X-Ray fluorescence for ultra trace surface analysis*

European Conference on X-Ray Spectrometry  
Figueira da Foz  
23. Juni 2010

### Nutsch, A.:

*Comparison of X-Ray and mass spectroscopy based analytical methods for detection of organic  
contamination*

Denver X-Ray Conference  
Denver, USA  
6. August 2010

### Nutsch, A.:

*Comparison of techniques for ultra trace analysis of organic compounds on substrate surfaces*

Poster Presentation, Intel Research and Innovation Conference (ERIC)  
Dublin, Ireland  
13. September 2010

### Nutsch, A.:

*Yield model for estimation of yield impact of semiconductor manufacturing equipment*

Poster Presentation, Intel Research and Innovation Conference (ERIC)  
Dublin, Ireland  
13. September 2010

### Nutsch, A.:

*Reference samples for ultra trace analysis of organic compounds on substrate surfaces*

10th International Symposium on Ultra Clean Processing of Semiconductor Surfaces

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Ostende, Belgium  
22. September 2010

### **Nutsch, A.:**

*Yield model for estimation of yield impact of semiconductor manufacturing equipment*  
IEEE International Symposium on Semiconductor Manufacturing (ISSM) 2010  
Tokyo, Japan  
19. Oktober 2010

### **Nutsch, A.:**

*European Equipment & Materials Initiative for 450mm*  
IEEE International Symposium on Semiconductor Manufacturing (ISSM) 2010  
Tokyo, Japan  
19. Oktober 2010

### **Nutsch, A.:**

*Interlaboratory comparison and evaluation of analytical techniques for nano- and microelectro-  
nics*  
Nanoscale 2010, Brno, Czech Republic  
28. Oktober 2010

### **Otto, M.:**

*Analytik für die Photovoltaikindustrie am Fraunhofer IISB*  
Workshop bei DeutscheSolar, Solarworld, Solarworld Innovations GmbH  
Freiburg  
4. Februar 2010

### **Otto, M.:**

*Assessment of FOUP conditioning equipments*  
Open Conference on Contamination/Decontamination  
Annecy, France  
13. September 2010

### **Otto, M.:**

*Organic contamination in semiconductor manufacturing*  
Workshop am Fraunhofer-Forschungszentrum für Silicium-Photovoltaik CSP  
September 2010

### **Otto, M.:**

*Assessment of a FOUP conditioning equipment for advanced semiconductor application*  
Symposium on Ultra Clean Processing of Semiconductor Surfaces (UCPSS)  
Oostende, Belgium  
22. September 2010

### **Öchsner, R.:**

*Risk Assessment and Contingency Plan*  
SEAL Hearing, Brüssel, Belgien  
12. Januar 2010

### **Öchsner, R.:**

*Work in EEMI450 of IISB*  
Pre-Kick-off EEMI450, Almere, Niederlande  
13. Januar 2010

### **Öchsner, R.:**

*Management Procedures in SEAL*  
SEAL Kick-off, IISB, Erlangen  
1. Juni 2010

### **Öchsner, R.:**

*Overview Workpackage WP2*  
EU-RU.NET Kick-off, Brüssel, Belgium  
2. Juni 2010

### **Öchsner, R.:**

*Introduction IISB*  
Besuch von der Ben-Gurion- Universität (Israel)  
IISB, Erlangen  
2. September 2010

### **Öchsner, R.:**

*Vorstellung IISB und Arbeiten zu APC*

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Besuch bei der Firma Siegert, Cadolzburg  
4. November 2010

**Öchsner, R.:**  
*Management Procedures in SEAL*  
SP1 Meeting SEAL  
IISB, Erlangen  
5. November 2010

**Öchsner, R.:**  
*Leveraging of Metrology for Semiconductor Manufacturing*  
Workshop: Analytical Trends and Needs for Nanotechnologies, Berlin  
8. November 2010

**Öchsner, R.:**  
*Aktivitäten im Bereich von APC*  
Besuch der Firma Osram  
IISB, Erlangen  
11. November 2010

**Öchsner, R.:**  
*Energieeffizienz in der Halbleiterfertigung*  
Kooperationsforum Energieeffizienz in Produktionsprozessen, München  
24. November 2010

**Öchsner, R.:**  
*Vorstellung IISB*  
Besuch von der Firma Brose  
IISB, Erlangen  
29. November 2010

**Öchsner, R.:**  
*Vorstellung Spitzenclusterwettbewerb*

Besuch bei der Firma Bosch  
IISB, Erlangen  
13. Dezember 2010

**Öchsner, R.:**  
*Management Procedures in SEAL*  
General Assembly Meeting SEAL  
IISB, Erlangen  
16. Dezember 2010

**Pfeffer, M.:**  
*Overview Discrete Event Simulation Activities at IISB*  
Besuch von der Ben-Gurion- Universität, Israel  
IISB, Erlangen  
2. September 2010

**Pfeffer, M., Roeder, G., Schellenberger, M., Mattes, A., Pfitzner, L., Knapp, A., Mühlberger, H.:**  
*Development of a Generic Architecture for Integration of Virtual Metrology and Predictive Maintenance into Fabrication Environments*  
European Research and Innovation Conference  
Leixlip, Ireland  
12. - 14. Oktober 2010

**Pfeffer, M.:**  
*Content management System LiveLink in SEAL*  
General Assembly Meeting SEAL  
IISB, Erlangen  
16. Dezember 2010

**Pichler, P.:**  
*Zuverlässigkeit und Fehleranalyse integrierter Schaltungen*  
Vorlesung und Übung  
IISB, Erlangen  
WS 2010/2011

**Pichler, P.:**  
*WP5: High-voltage process and reliability simulation*  
ATHENIS Review Meeting

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Brussels, Belgium  
11. Februar 2010

### **Pichler, P.:**

*Frontiers of Si, Ge and SiGe Nanoelectronics*  
LENS (Light and Energy from Novel Semiconductors) Summer Research School  
Sundvolden, Norway  
27. - 29. August 2010

### **Qi, H., Wang, J., Erdmann, A., Jin, Y., Shao, J., Fan, Z.:**

*Innovations in structured thin film design and fabrication for optical applications*  
International Conference on Thin Film Physics and Applications  
Shanghai, China  
März 2010

### **Rahimi, Z., Erdmann, A., Pflaum, C., Evanschitzky, P.:**

*Rigorous EMF simulation of absorber shape variations and their impact on the lithographic process*  
European Mask and Lithography Conference (EMLC)  
Grenoble, France  
18. - 20. Januar 2010

### **Rahimi, Z., Erdmann, A., Pflaum, C.:**

*Characterization of the scattering effect of complex mask geometries with surface roughness*  
SPIE Photonics Europe 2010  
Brussels, Belgium  
12. - 16. April 2010

### **Reimann, C., Trempa, M., Meissner, E., Friedrich, J.:**

*Systematische Untersuchung der Versetzungsentwicklung in multikristallinem Silizium für die Photovoltaik*  
Deutsche Kristallzüchtungstagung, Freiburg  
3. - 5. März 2010

### **Reimann, C.:**

*Einbau von O, N und C bei der gerichteten Erstarrung von multikristallinem Silicium*  
Promotion  
IISB, Erlangen  
17. Juni 2010

### **Reimann, C., Trempa, M., Meissner, E., Friedrich, J.:**

*Systematic investigation on dislocation formation during directional solidification of multi-crystalline silicon*  
Poster Presentation, 25th EUPVSEC  
Valencia, Spain  
6. - 10. September 2010

### **Reimann, C.:**

*Influencing the SiC and Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> precipitate formation to reduce local stress states in multicrystalline silicon ingots*  
2nd Symposium "Mechanical issues in manufacturing & application of solar cells and modules"  
Halle  
27. - 28. September 2010

### **Reimann, C., Trempa, M., Friedrich, J.:**

*Systematic investigation on dislocation formation during directional solidification of multi-crystalline silicon and the reduction of the dislocation density due to post temperature treatment*  
4th International Workshop on Science and Technology of Crystalline Si Solar Cells (CSSC4)  
Taipei, Taiwan  
26. - 28. Oktober 2010

### **Roeder, G., Liu, S., Evanschitzky, P., Erdmann, A., Aygün, G., Schellenberger, M., Pfitzner, L., Frey, L.:**

*Determination of the Dill parameters of thick positive resist for use in modeling applications*  
5th International Conference on Spectroscopic Ellipsometry  
Albany, NY, USA  
23. - 28. Mai 2010

### **Roeder, G., Pfeffer, M., Schellenberger, M., Öchsner, R., Pfitzner, L.:**

*Application of virtual metrology and predictive maintenance in semiconductor manufacturing*  
SEMICON Europa 2010 – TechARENA – Automation and Process Control Session, Dresden  
19. Oktober 2010

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

### **Roeder, G., Pfeffer, M., Schellenberger, M., Öchsner, R., Pfitzner, L.:**

*Application of virtual metrology and predictive maintenance in semiconductor manufacturing*  
SEMICON Europa 2010 - TechARENA - Automation and Process Control Session  
Dresden  
19. Oktober 2010

### **Rommel, M., Yanev, V., Paskaleva, A., Erlbacher, T., Lemberger, M., Bauer, A.J., Frey, L.:**

*Electrical scanning probe microscopy techniques for the detailed characterization of high-k dielectric layers*  
217th ECS Meeting, Symposium E2 – Dielectrics for Nanosystems 4: Materials Science, Processing, Reliability, and Manufacturing  
Vancouver, Canada  
25. - 30. April 2010

### **Roth, A., Knörr, M., Ponomarenko, M.:**

*Zuverlässigkeit von Substraten der Leistungselektronik gegenüber Temperaturzyklen im Vergleich*  
Fachtagung Elektronische Baugruppen und Leiterplatten (EBL), 2010  
Fellbach  
24. - 25. Februar 2010

### **Roth, A.:**

*Benchmark: Performance & Reliability of Ceramic based Substrates*  
ECPE Workshop "Power Electronics Substrates – Materials, Performance, Processing and Reliability", München  
17. - 18. Juni 2010

### **Roth, A.:**

*Keramische Substrate für die Leistungselektronik*  
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Messtechnik von Fraunhofer IISB und LEB in Kombination mit der Veranstaltungsreihe Leistungselektronik  
IISB, Erlangen  
18. Oktober 2010

### **Rudevics, A., Jung, T., Friedrich, J.:**

*Modeling CZ system by coupling of CrysMAS and OpenFOAM codes*  
DGKK-Arbeitskreis Simulation, Burghausen  
23. - 24. November 2010

### **Rudnyi E., Billmann M.:**

*Experiments and Simulations*  
ECPE Tutorial "Thermal Engineering of Power Electronics Systems"  
IISB, Erlangen  
17. - 28. Juli 2010

### **Schellenberger, M., Moyne, J., Rametta, F.:**

*General Introduction of APC*  
10th European AEC/APC Conference  
Catania, Italy  
28. - 30. April 2010

### **Schletz, A.:**

*Zuverlässigkeitsaspekte in der Leistungselektronik*  
Jahrestagung IISB 2010 „10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB – Ausgewählter Ort im Land der Ideen“  
IISB, Erlangen  
21. Oktober 2010

### **Schmitt, H., Häublein, V., Bauer, A.J., Frey, L.:**

*Influence of annealing parameters on surface roughness, mobility, and contact resistance of aluminum implanted 4H SiC*  
Poster Presentation, 8th European Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ECSCRM) 2010  
Oslo, Norway  
29. August - 2. September 2010

### **Schmitt, H., Kett, F., Fader, R., Rommel, M., Bauer, A.J., Hornung, M., Frey, L.:**

*Direct imprinting, post processing, and characterization of functional UV-curing materials*  
Poster Presentation, 9th International Conference on Nanoimprint and Nanoprint Technology (NNT) 2010  
Oresund and Copenhagen, Denmark  
13. - 15. Oktober 2010

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

### Schöpka, U.:

*Einfluss von Strahlung auf die Zuverlässigkeit von Halbleiterschaltungen im medizinischen Strahlenbunker*  
Projekttreffen RedunSys  
Nürnberg  
5. März 2010

### Schöpka, U., Öchsner, R., Pfeffer, M., Langer, J., Ocker, B., Maass, W., Pfitzner, L.:

*In-line target erosion measurement for Singulus Timaris sputtering tool*  
European AEC/APC Conference  
Catania, Italy  
22. - 24. April 2010

### Schöpka, U.:

*Bayesian Networks within IMPROVE*  
Besuch bei Firma Infineon  
Villach, Austria  
6. Mai 2010

### Schöpka, U.:

*Bayesian Networks within IMPROVE WP4*  
Besuch bei Firma Infineon  
Regensburg  
18. Mai 2010

### Schöpka, U., Öchsner, R., Pfeffer, M., Langer, J., Ocker, B., Maass, W., Pfitzner, L.:

*Target erosion measurement for Singulus Timaris sputtering tool*  
INTEL European Research and Innovation Conference  
Leixlip, Ireland  
12. - 14. Oktober 2010

### Schöpka, U.:

*Potentials for Bayesian Networks in SEAL SP1*  
SEAL SP1 F2F-Meeting  
Regensburg  
5. November 2010

### Schöpka, U.:

*IMPROVE WP3: Bayesian Models for Prediction of implanter ion source breakdown*  
Besuch bei Firma Infineon  
Regensburg  
9. November 2010

### Schöpka, U.:

*Potential for Bayesian Networks in Predictive Maintenance*  
IMPROVE WP2/3 Workshop  
Padua, Italy  
23. - 25. November 2010

### Schroeder-Heber, A., Schellenberger, M., Pfitzner, L., Nutsch, A., Mattes, A., Erlbacher, T.:

*Integrated angle resolved photoelectron spectroscopy for 300 mm wafers 6th Nanoscience and Nanotechnology Conference*  
Izmir, Turkey  
15. - 18. Juni 2010

### Seebeck, J., Friedrich, J., Jung, T.:

*Process modeling in silicon crystal growth*  
4th International Workshop on Science and Technology of Crystalline Si Solar Cells (CSSC4)  
Taipei, Taiwan  
26. - 28. Oktober 2010

### Seebeck, J., Jung, T., Friedrich, J.:

*Einfluss der Turbulenzmodellierung auf den Wärmetransport in einer Cz-Modellkonfiguration*  
DGKK-Arbeitskreis Simulation  
Burghausen  
23. - 24. November 2010

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

### Shao, F., Cooper, G.D., Chen, Z., Erdmann, A.:

*Modeling of exploration of reversible contrast enhancement layers for double exposure lithography*  
SPIE Advanced Lithography  
San Jose, CA, USA  
27. Februar - 3. März 2010

### Shao, F., Cooper, G.D., Chen, Z., Erdmann, A.:

*Modeling of exploration of reversible contrast enhancement layers for double exposure lithography*  
SPIE Advanced Lithography  
San Jose, CA, USA  
27. Februar - 3. März 2010

### Shao, F., Evanschitzky, P., Fühner, T.:

*Fast and highly accurate simulation of the printing behaviour of EUV multilayer defects based on different models*  
Photomask Japan 2010  
Yokohama, Japan  
13. - 15. April 2010

### Stehlé, J.-L., Roeder, G., Piel, J.-P.:

*Standards in spectroscopic ellipsometry and nano metrology. Today's situation*  
5th International Conference on Spectroscopic Ellipsometry  
Albany, NY, USA  
23. - 28. Mai 2010

### Trempa, M., Reimann, C., Dadzis, K., Wunderwald, U., Zschorsch, M., Jung, T., Friedrich, J.:

*Formation of SiC and Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub> precipitates during directional solidification of multicrystalline silicon: effects of feedstock, growth rate and melt convection*  
EMRS-Spring Meeting  
Strasbourg, France  
1. - 11. Juni 2010

### Vizman, D., Tanasie, C., Friedrich, J.:

*Numerical study of the influence of different types of magnetic fields on the interface shape in directional solidification of multi-crystalline silicon ingots*  
16th International Conference on Crystal Growth  
Beijing, China  
8. - 13. August 2010

### Wenger, M.:

*Smarte Energiespeicher*  
Jahrestagung IISB 2010 „10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB – Ausgewählter Ort im Land der Ideen“  
IISB, Erlangen  
21. Oktober 2010

### Wunderwald, U.:

*Fraunhofer THM – ready for research*  
DGKK-Arbeitskreis Massivkristalle  
Freiberg  
6. - 7. Oktober 2010

### Yanev, V., Rommel, M., Bauer, A.J., Frey, L.:

*Characterization of thickness variations of thin dielectric layers at a nanoscale using Scanning Capacitance Microscopy*  
16th Workshop on Dielectric Materials (WoDiM) 2010  
Bratislava, Slovak Republic  
28. - 30. Juni 2010

### Zeltner, S.:

*Störszenarien und galvanische Trennung*  
Cluster-Workshop „Ansteuer- und Schutzschaltungen für MOSFET und IGBT. Theorie, Design-Überlegungen, Bauelemente“  
Nürnberg  
23. Februar 2010

### Zeltner, S.:

*Insulating IGBT driver with PCB integrated capacitive coupling elements*  
6th International Conference on Integrated Power Electronics Systems (CIPS)  
Nürnberg  
16. - 18. März 2010

## Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

### Zeltner, S.:

*Netzanbindung von Elektrofahrzeugen*

Jahrestagung IISB 2010 „10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB – Ausgewählter Ort im Land der Ideen“

IISB, Erlangen

21. Oktober 2010

### Zeltner, S.:

*Gate-Treiber für Leistungshalbleiter*

Jahrestagung IISB 2010 „10 Jahre Leistungselektronik am Fraunhofer IISB – Ausgewählter Ort im Land der Ideen“

IISB, Erlangen

21. Oktober 2010

## Habilitationen / Habilitations

### Erdmann, A.:

*Modellierung fortschrittlicher Maskentechnologien für die optische und EUV-Lithographie*

## Doktorarbeiten / PhD Theses

### Eckardt, B.:

*Gleichspannungswandler hoher Leistungsdichte im Antriebsstrang von Kraftfahrzeugen*

### Fet, A.:

*Effektive Austrittsarbeitskontrolle für Metal/High-k MOS Stapel*

### Grieb, M.:

*Charakterisierung von Metall-Oxid-Halbleiter-Strukturen auf der Silicium- und Kohlenstoffseite von 4H-Siliciumcarbid*

### Hinz, J.:

*Abscheidung und Charakterisierung metallischer Gateelektroden für zukünftige CMOS-Technologien*

### Kampen, C.:

*Evaluierung von CMOS Architekturen mit Gatelängen kleiner 50 nm mittels numerischer Simulationen*

### Kunder, D.:

*3D Simulation of Sputter Etching with the Monte-Carlo Approach*

### Lemberger, M.:

*Chemische Gasphasenabscheidung von Metallsilicatschichten aus Einquellen-Ausgangsstoffen für Anwendungen in der Mikroelektronik*

## Fortsetzung: Doktorarbeiten / Continuation: PhD Theses

### Meliorisz, B.:

*Simulation der Nahfeldbelichtung*

### Purwins, M.:

*Phasenbildung und Reaktionskinetik bei der Herstellung des Chalkopyrit-Solarzellenmaterials  $\text{Cu}(\text{In}, \text{Ga})(\text{Se}, \text{S})_2$*

### Reimann, C.:

*Einbau von O, N und C bei der gerichteten Erstarrung von multikristallinem Silicium für die Photovoltaik*

## Diplom- und Masterarbeiten / Diploma and Master Theses

### Barenbaum, A.:

*Optimierung von Polarisationsfiltern in der Lithographie*

### Beier, S.:

*Entwicklung einer Schaltung zur Ansteuerung und Laststromregelung von Hoch-Tiefsetzstellern*

### Bothor, C.:

*Entwicklung einer Schaltung zur Ladezustandsbestimmung und Überwachung von Lilo-Akkus*

### Gaßner, O.:

*Entwicklung und Realisierung einer Hybridfahrzeugsteuerung auf einer dSpace Autobox mit Matlab/Simulink*

### Gorovoy, K.:

*Entwicklung und Herstellung eines durch Deformation des Kristallgitters veränderbaren Halbleiterwiderstands mittels eines piezoelektrischen Aktors*

### Hofinger, C.:

*Herstellung von strukturierten Halbleiterschichten durch Tintenstrahldruckverfahren*

### Hürner, A.:

*Inverse Sicherungsbaulemente auf Basis bistabiler Schalter*

### Kett, F.:

*Evaluierung von Prozessen für die Imprint-Lithographie mit funktionalen Materialien*

### Koch, M.:

*Entwicklung einer Festphasenmikroextraktionsmethode zur Bestimmung organischer Verbindungen in stark alkalischen und stark sauren, flüssigen Medien*

### Lepiorz, M.:

*Entwicklung und Validierung eines Batteriemodells für LiFePO<sub>4</sub>-Zellen in Matlab-Simulink*

### Pagel, M.:

*Entwicklung modularer Simulationsmodelle mit C-Code-Generierung zur Regelung von Asynchronmaschinen*

### Rebelein, A.:

*Entwicklung eines bidirektionalen Gleichspannungswandlers für Nutzfahrzeuge*

### Rupp, S.:

*Entwicklung eines digitalen Reglers für zweistufige isolierende Gleichspannungswandler*

### Schnepf, C.:

*Konzept und Simulation für mehrgängiges Getriebe im E-Antrieb*

### Schindler, T.:

*Experimentelle und theoretische Untersuchung der gerichteten Erstarrung von Silicium für die Photovoltaik und Erstellung eines thermischen Modells*

### Schweigard, S.:

*Evaluierung des Dark Spot Countings zur Ermittlung der Versetzungsdichte in HVPE GaN durch*

## Fortsetzung: Diplom- und Masterarbeiten / Continuation: Diploma and Master Theses

*vergleichende Analyse mittels Defekt-selektivem Ätzen*

### **Seliger, B.:**

*Untersuchung und Umsetzung von Regelstrategien zur primärseitigen Reihen- und sekundärseitigen Parallelschaltung von isolierenden Gleichspannungswandlern*

### **Stickroth, O.:**

*Entwicklung eines Verfahrens zur Herstellung von CdTe mittels Flüssigphasenepitaxie*

### **Weber, S.:**

*Entwicklung eines Elektrofahrrades*

### **Wu, J.:**

*Charakterisierung von Silizium-Nanopartikeln und Entwicklung von chemischen Prozessen zur Bildung von dreidimensionalen Schichten und Strukturen*

### **Wunder, B.:**

*Entwicklung einer Regelfunktion für Hochtiefsetzsteller*

## Bachelorarbeiten / Bachelor Theses

### **Dallmer-Zerbe, K.:**

*Mechanische Spannungen in dünnen gesputterten Schichten aufgrund von Temperaturbelastung*

### **Bothor, C.:**

*Inbetriebnahme der dSPACE-MicroAutoBox und Entwicklung einer Auswerteschaltung zur Überwachung der einzelnen Zellpotenziale*

## Studien- und Projektarbeiten / Theses

### **Eberlein, S.:**

*Automatisches und integriertes Testen von elektronischen Bauelementen*

### **Endres, S.:**

*Entwicklung einer Ansteuerung und Stromregelung für einen 2 kW Resonanzwandler*

### **Heckel, T.:**

*Entwicklung eines bidirektionalen isolierenden 2 kW DC/DC Wandlers zur induktiven Energieübertragung für Elektrofahrzeuge*

### **Hentschel, M.:**

*Hochtemperatur-Lotverbindungen für Leistungshalbleiterbauelemente*

### **Käppner, S.:**

*Entwicklung einer Energieversorgung für beheizbare Bekleidung*

### **Knetzger, M.:**

*Entwicklung eines Verfahrens zur schnellen Bestimmung der Kornorientierung in multikristallinen Si Wafern mittels Röntgenbeugung*

### **Kobler, A.:**

*Untersuchungen von Ausheilvorgängen in Germanium*

### **Lechner, M.:**

*Modellierung und Simulation eines hybriden Traktionsenergiespeichers für den automobilen Einsatz*

### **Löslein, H.:**

*Untersuchung der Versetzungsentstehung in multikristallinen Siliciumblöcken*

### **Mainka, M.:**

*Energieverbrauchsanalyse an einem Büro- und Laborgebäude im Rahmen der Optimierung des Qualitäts- und Umweltmanagementsystems einer wissenschaftlichen Einrichtung*

## Fortsetzung: Studien- und Projektarbeiten / Continuation: Theses

### **Merkel, C.:**

*Untersuchung von Fremdphasen in industriellen multikristallinen Siliziumblöcken*

### **Pfeiffer, J.:**

*Entwicklung einer neuartigen Messmethode zur Bestimmung der oberflächennahen Dotierungskonzentration*

### **Rebelein, A.:**

*Entwicklung eines Steuergeräts zur Ansteuerung eines elektrischen Fliehkraftladers für einen Formular-Student Rennwagen*

### **Rumler, M.:**

*Gatestapel und Reinigungsverfahren auf Germanium*

### **Schirmacher, L.:**

*Konzeption und Fertigung eines universellen, autarken und mobilen Solarladegerätes für mobile Kleinverbraucher*

### **Schramm, R.:**

*Untersuchung der Oxidation von Germanium*

### **Schwanenberg, H.:**

*Entwicklung eines Simulationsmodells für die thermische Untersuchung einer elektrischen Antriebseinheit für Elektro- und Hybridfahrzeuge*

### **Strauchmann, C.:**

*Charakterisierung von multikristallinen String Ribbon Bändern*

### **Sturm, L.:**

*Rechnerunterstützte Auswertung von Diodenkennlinien*

### **Thönes, T.:**

*Realisierung eines CAN-Bootloaders mit graphischer Benutzeroberfläche (GUI) zur Programmierung von Atmel Controllern in einem modular aufgebauten Batterie-Management-System*

### **Tokarski, A.:**

*Untersuchungen zum Einfluss der Luftströmung in einer Konvektionslötanlage auf hochminiaturisierte elektronische Bauelemente*

### **Trautner, S.:**

*Heißprägen von thermisch leitfähigen Thermoplasten für MID-Anwendungen*

### **Weisenseel, B.:**

*Systematische Korngrößenanalyse an multikristallinem Silizium*

### **Wang, Z.:**

*Entwicklung eines isolierenden resonanten DC/DC-Wandlers für Gatetreiber-Anwendungen in elektrischen Antriebssträngen*

### **Weber, M.:**

*Entwicklung und Charakterisierung von Ansteuerungskonzepten für OLED-Beleuchtungsmodule*

