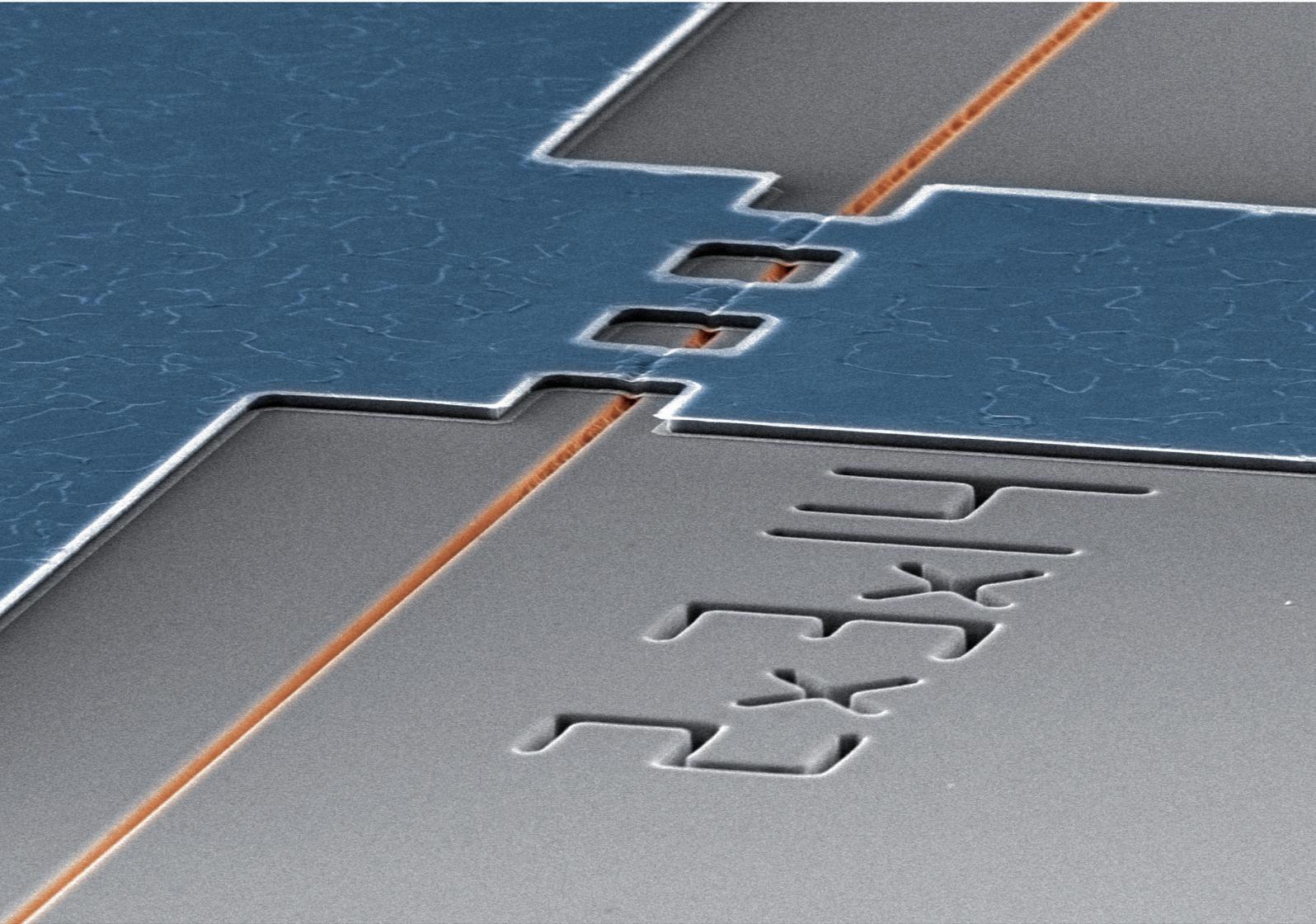




Fraunhofer

IISB

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR INTEGRIERTE SYSTEME UND BAUELEMENTE TECHNOLOGIE IISB



**JAHRESBERICHT
ANNUAL REPORT**

2009

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
Nicolas Stenz
Felicita Coenen

Druck / Printed by:

druckunddigital, Erlangen

Titelbild / Cover Photo:

Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme einer integrierbaren Sicherungsstrecke auf Siliciumsubstrat.

Scanning electron microscope photograph of an integrated cutout-bridge on silicon substrate.

© Fraunhofer IISB, Erlangen 2010

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

LEISTUNGEN UND ERGEBNISSE JAHRESBERICHT 2009

ACHIEVEMENTS AND RESULTS ANNUAL REPORT 2009

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

**FRAUNHOFER INSTITUTES 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

VORWORT

Zeit ist ein kostbares Gut, speziell in ereignisreichen Zeiten, und so darf ich nach gefühlt viel kürzerer Frist gemeinsam mit Ihnen auf mein erstes volles Jahr als Leiter des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB zurückblicken.

Das IISB hat sich in weltweit wirtschaftlich schwierigen Zeiten und vor dem Hintergrund tiefgreifender Umbrüche in der europäischen Mikroelektronik-Landschaft gut behauptet und ist auch im Jahr 2009 an seinen drei Standorten in Erlangen, Nürnberg und Freiberg mit nun insgesamt rund 170 Mitarbeitern weiter gewachsen.

Dies ist wesentlich der breiten und flexiblen Aufstellung des Instituts gedankt, die sich kurz mit den Schlagworten Mikro- und Nanoelektronik, Materialien für die Elektronik, Leistungselektronik und Elektromobilität zusammenfassen lässt. „Nanotechnologie für die Elektronik“ und „Elektronik für nachhaltige Energienutzung“ sind dabei unsere Leitmottos.

Die Klimaschutz- und Energiethematik sowie die Elektromobilität sind weiterhin Treiber für innovative Entwicklungen am IISB, vor allem im Material- und Leistungselektronik-Bereich. Dies belegen mehrere Auszeichnungen im Jahr 2009 für optimiertes Silicium für die Photovoltaik oder die Defektreduzierung bei Siliciumcarbid, einem gerade für die Leistungselektronik sehr vielversprechenden Halbleitermaterial. Zudem durfte das IISB als Mitorganisator die 13th International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2009) mit rund 500 Teilnehmern in Nürnberg ausrichten.

Unser Engagement für die Mobilität von morgen äußert sich neben der Entwicklung hocheffizienter leistungselektronischer Systeme für Elektro- und Hybridautos zum Beispiel auch an der Teilnahme am Automobildialog der Bayerischen Staatsregierung, am großen von der Bundesregierung geförderten Verbundvorhaben „Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität“, an der Mitgliedschaft im Forum Elektromobilität oder an erfolgreichen Messeauftritten wie auf der ersten eCarTec in München. Dabei ist das IISB nicht erst mit Beginn der Elektromobilitäts-Euphorie auf diesem Gebiet aktiv, unsere Arbeiten beruhen auf den Erfahrungen von mittlerweile zehn Jahren.

Im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik finden die Kompetenzen des Instituts breite Anwendung. So war das IISB zusammen mit seinen Partnern beim Innovationswettbewerb des BMBF zur Förderung der Medizintechnik erfolgreich und entwickelt in diesem Rahmen ultrafeine Elektrodenstrukturen für Hörimplantate. Mit der Akkreditierung als Analytik-Labor für die Mikro- und Nanotechnologie empfiehlt sich das Institut noch mehr als sonst als Partner für



die Industrie, speziell auch für mittelständische Unternehmen. Bei unserer Jahrestagung 2009 stand die europäische Halbleiterfertigung im Mittelpunkt, und wie schon beinahe Tradition, ist das IISB wichtiger Partner in großen europäischen Verbundprojekten, wie etwa dem 2009 angelaufenen IMPROVE, dem größten europäischen Forschungsvorhaben zur Effizienzsteigerung in der Halbleiterindustrie.

Doch nicht nur die Forschung, auch die Ausbildung und Vermittlung von Information hat sich das IISB zum Ziel gesetzt – sei es für die breite Öffentlichkeit wie zum wiederholten Male bei der Langen Nacht der Wissenschaften, in der Lehre an der Universität oder bei der Aus- und Weiterbildung von Mikrotechnologen, die mit ihren Abschlüssen regelmäßig die Spitzenplätze des Jahrgangs besetzen, so auch wieder 2009.

Dieser Punkt bringt mich auf die weiterhin ganz zentrale Rolle der Kooperation von Fraunhofer und der Universität Erlangen-Nürnberg in Forschung und Lehre, die sich zu einem weit über die Grenzen der Region hinaus bekannten Erfolgsmodell entwickelt hat. Im August 2009 haben wir anlässlich des 60-jährigen Bestehens der Fraunhofer-Gesellschaft diese langjährige Beziehung zusammen mit unseren Kollegen vom Fraunhofer IIS und natürlich der Universität gebührend gefeiert.

Ein Blick zurück verlangt auch immer einen Blick voraus, und so freue ich mich auf das nächste Jahr. Auch dann gibt es einen Grund zum Feiern: Wir werden ebenfalls gemeinsam mit dem IIS das 25-jährige Bestehen der Erlanger Fraunhofer-Institute begehen können. Mit Unterstützung des Freistaats Bayern, des Bundes und der EU werden wir unsere Reinraumausrüstung deutlich ausbauen und erneuern, wir können Dank des Konjunkturpakets I ein Ende 2009 realisiertes Prüfzentrum für Elektrofahrzeuge feierlich eröffnen und der vom IISB koordinierte Fraunhofer-Innovationscluster „Elektronik für nachhaltige Energienutzung“ – ganz nach den Mottos des Instituts – wird seine Arbeit aufnehmen. Für das Jahr der Energie 2010 ist das Fraunhofer IISB gut gerüstet.

Abschließend gilt wie immer mein herzlicher Dank unseren öffentlichen Fördergebern, unseren Industriepartnern sowie allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des IISB für Ihre hervorragende Arbeit.

Erlangen, Juni 2010

Prof. Dr. Lothar Frey

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

PREFACE

Time is precious, particularly in eventful times. Thus, after an apparently much shorter time, I have the pleasure to look back together with you on my first full year as director of the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology IISB.

In economically very difficult times worldwide and in the context of profound changes in the European microelectronics landscape, the IISB succeeded to maintain its role and even to grow further at the three sites in Erlangen, Nuremberg, and Freiberg, with a total of about 170 employees in 2009.

This is particularly due to the broad and flexible positioning of the institute, which can be briefly summarized by the keywords micro- and nanoelectronics, materials for electronics, power electronics and electric mobility. Here, „Nanotechnology for Electronics“ and „Electronics for Sustainable Energy Use“ are the main topics of the institute.

The subjects of climate protection and energy as well as the subject of electric mobility continue to be the driving forces for innovative development at the IISB, particularly in the fields of materials and power electronics. This is proven by several awards in the year 2009 for optimized silicon for photovoltaics or for the reduction of defects in silicon carbide, which is a very promising semiconductor material especially for power electronics. Moreover, the IISB was one of the organizers of the 13th International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM 2009) in Nuremberg with about 500 participants.

Besides the development of highly efficient power electronic systems for electric and hybrid vehicles, our commitment for future mobility is also characterized e.g. by our participation in the „Automobildialog“ (automotive dialogue) of the Bavarian State Government and in the joint research project „Fraunhofer System Research for Electromobility“ funded by the Federal Government, by our membership in the forum on „Electromobility“ or by successful trade-fair appearances such as at the first „eCarTec“ trade fair in Munich. The work of the IISB has covered the subject of electric mobility for a longer time already – well before the topic of electric mobility started booming – and is based on the experience of meanwhile ten years.

In the field of micro- and nanoelectronics, the expertise of our institute is widely used. Thus, together with its partners, the IISB succeeded in the „Innovation Competition to Promote Medical Technology“ of the Federal Ministry of Education and Research (BMBF). Within this framework, the institute develops ultra-fine electrode structures for hearing implants. With its accreditation as an analytic laboratory for micro- and nanotechnology, the institute can be recommended



even more than before as a reliable partner for industry and particularly for medium-sized companies. The focus of our Annual Conference 2009 was the European semiconductor manufacturing industry. It is almost a tradition that the IISB is an important partner in large European joint projects such as in the „IMPROVE“ project, the biggest European research project regarding an increase of efficiency in semiconductor industry which has been launched in 2009. The objectives of the IISB not only comprise research, but also education and the provision of information, e.g. for the general public as once again during the „Lange Nacht der Wissenschaften“ (long night of sciences), for vocational education at the University or for the vocational and advanced training of microtechnologists, who regularly are among the best graduates of their year, as it was also the case for the year 2009.

This topic reminds me of the essential role of the cooperation between the Fraunhofer IISB and the University of Erlangen-Nuremberg with regard to research and education, which has become a model of success renowned even far beyond our region. In August 2009, we celebrated our long-term relation together with our colleagues from the Fraunhofer IIS and of course from the University at the occasion of the 60th anniversary of the „Fraunhofer-Gesellschaft“.

Looking back always requires looking towards the future. Thus, I am looking forward to the next year. In 2010 as well, we will have some reason to celebrate: Together with our colleagues from the Fraunhofer IIS, we will celebrate the 25th anniversary of the Fraunhofer institutes in Erlangen. With financial assistance of the Free State of Bavaria, the Federal Government and the European Union, we will considerably extend and modernize our cleanroom equipment. Moreover, thanks to the economic recovery plan „KoPa I“ we will be able to inaugurate a testing center for electric vehicles which has been realized in 2009 and the Innovation Cluster „Electronics for Sustainable Energy Use“, which is coordinated by the IISB and which perfectly complies with the institute's leading principle, will take up its work. Due to all this, the Fraunhofer IISB is well prepared for the „Science Year 2010 – The Future of Energy“.

To conclude, I would especially like to thank our public funding bodies, our partners from industry as well as all colleagues from the IISB for their excellent work.

Erlangen, June 2010

Prof. Dr. Lothar Frey

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

INHALT / CONTENT

Deutsch

Das Institut im Profil

Ziele	10
Kurzportrait	10
Arbeitsschwerpunkte	12
Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente	14
Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM	16
Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik ZKLM	18
Kuratorium (2009)	20

Das Forschungs- und Dienstleistungsangebot

Institutsspezifische Angebote zur Vertragsforschung	22
Apparative Ausstattung	25
Kontaktinformationen	29

Das Institut in Zahlen

Mitarbeiterentwicklung, Betriebshaushalt und Investitionen	30
--	----

Fraunhofer-Gesellschaft, Verbund Mikroelektronik und Förderkreis

Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick	32
Der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik	34
Der Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.	36

Technologiesimulation

Schwerpunkte, Trends und Potenziale	38
Prozesssimulation für die nächste Generation von CMOS-Bauelementen	40
Simulation von Prozessen, Bauelementen und Interconnects im Projekt „Pullnano“	42
Optische Lithographie für 32 nm	44

Kristallzüchtung

Schwerpunkte, Trends und Potenziale	46
Mikrostruktur in multikristallinem Silicium für die Photovoltaik und	

deren Beeinflussung durch die Kristallisation	48
Nachweis von Kristalldefekten in 4H-SiC mittels Röntgentopographie und defektselektiven Ätzens	50
Thermische Modellierung von Kristallzüchtungsanlagen und Hochtemperaturanlagen zur Halbleiterprozessierung	52

Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden

Schwerpunkte, Trends und Potenziale	54
SEA-NET - ein erfolgreiches europäisches Projekt zu Equipment Assessment.	56
Potenzial von Equipment Assessment am Beispiel eines TLS-Dicers.	58
Automatisierte Prozesskontrolle (APC) für das Equipment Assessment	60

Technologie

Schwerpunkte, Trends und Potenziale	62
Kontrolle der Tinten-Substrat-Wechselwirkungen beim Druck elektronischer Strukturen.	64
Einstellung der effektiven Austrittsarbeit von Metall / Hoch-Epsilon-Stapeln mittels Ionenimplantation	66
Integration von Trench-Gate-Technologie in planare LDMOS-Bauelemente	68

Leistungselektronische Systeme

Schwerpunkte, Trends und Potenziale	70
Fügen von Leistungshalbleitern durch Sintern von Silber-Nanopartikeln	72
Intelligente On-Board-Batterie-Ladegeräte	74
Explosionsschutz für Leistungshalbleiter	76

Ereignisse

Ereignisse.	78
---------------------	----

English

Profile of the Institute

Objectives	94
Brief Portrait	94
Major Fields of Activity.	96
Cooperation with the Chair of Electron Devices	98
Technology Center Semiconductor Materials THM	100
Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics ZKLM.	102

INHALT / CONTENT

Fortsetzung / Continuation

Advisory Board (2009) 104

Research and Services

Contract Research Services 106
Facilities 109
Contact Informations 113

Representative Figures

Staff Development, Budget and Investments 114

Fraunhofer-Gesellschaft, Alliance Microelectronics, "Förderkreis"

The Fraunhofer-Gesellschaft at a Glance 116
The Fraunhofer Alliance Microelectronics 118
The "Förderkreis für die Mikroelektronik e.V." 120

Technology Simulation

Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials 122
Process Simulation for the Next Generation of CMOS Devices 124
Simulation of Processes, Devices and Interconnects in the PULLNANO Project 126
Optical Lithography for 32 nm 128

Crystal Growth

Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials 130
Microstructure in Multicrystalline Silicon for Photovoltaics and
the Impact of the Growth Conditions 132
Crystal Defects in 4H-SiC Analyzed by X-ray Topography and
Defect-Selective Etching 134
Thermal Modeling of Crystal Growth Furnaces and
High-Temperature Equipment for Semiconductor Processing 136

Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods

Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials 138
SEA-NET - Success Story of an European Project on Equipment Assessment 140

TLS-Dicing: Potentials of Equipment Assessment	142
Advanced Process Control (APC) for Equipment Assessment	144

Technology

Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials	146
Control of Ink-Surface Interactions for the Printing of Electron Devices	148
Engineering the Effective Work Function of Metal / High-k MOS Stacks by Means of Ion Implantation	150
Integration of Trench Gate Technology into Planar Power Devices	152

Power Electronic Systems

Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials	154
Power-Semiconductor Joining by Sintering of Silver Nanoparticles	156
Intelligent On-Board Battery Chargers	158
Explosion Protection of Power Modules	160

Events

Events	162
------------------	-----

Deutsch / English

Namen und Daten / Names and Data

Gastwissenschaftler / Guest Scientists	178
Patenterteilungen / Patents	180
Mitarbeit in Fachgremien, Fachverbänden und Komitees / Participation in Committees	181
Konferenzen, Workshops und Messebeteiligungen / Conferences, Workshops, Fairs and Exhibitions	186

Wissenschaftliche Veröffentlichungen / Scientific Publications

Publikationen / Publications	188
Vorträge / Presentations	200
Doktorarbeiten / PhD Theses	228
Diplomarbeiten / Diploma Theses	228
Studien- und Projektarbeiten / Theses	230

DAS INSTITUT IM PROFIL

Ziele

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 Mechanik. Mit Technologie-, Geräte- und Materialentwicklungen für die Nanoelektronik, seinen Aktivitäten auf dem Gebiet der Technologiesimulation und den Arbeiten zu leistungselektronischen Systemen für Energieeffizienz, Hybrid- und Elektroautomobile genießt das Institut internationale Aufmerksamkeit und Anerkennung.

Kurzportrait

Das Fraunhofer IISB gliedert sich in fünf Abteilungen und arbeitet auf den meisten Gebieten eng mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente sowie bei der Kristallzüchtung mit dem Lehrstuhl für Werkstoffe der Elektronik und Energietechnik der Universität Erlangen-Nürnberg zusammen.

Die Institutsleitung des IISB wird durch ein Kuratorium, das Direktorium, den Institutsleitungsausschuss und den Arbeitsschutzausschuss beraten. Dem Institutsleitungsausschuss gehören neben den Abteilungs- und stellvertretenden Abteilungsleitern die Infrastrukturleitung, die Verwaltungsleitung und der gewählte Vertreter des wissenschaftlich-technischen Rates an. Das Direktorium besteht aus der Institutsleitung, allen Abteilungsleitern, dem Verwaltungsleiter und dem Beauftragten für strategische Planung. Seit 1994 gibt es einen Betriebsrat, der entsprechend dem Betriebsverfassungsgesetz an den Entscheidungen beteiligt wird.

Die Struktur des Fraunhofer IISB zeigt das Organigramm auf der folgenden Seite.

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



Arbeitsschwerpunkte

Im Arbeitsgebiet Technologiesimulation werden physikalische Modelle und leistungsfähige Simulationsprogramme zur Optimierung von Einzelprozessen und Prozessfolgen in der Halbleitertechnologie entwickelt und in die Anwendung transferiert. Des Weiteren wird die Entwicklung und Optimierung von Lithographiemasken, Prozessen, Bauelementen und Schaltungen durch Prozess-, Bauelemente- und Schaltungssimulation unterstützt.

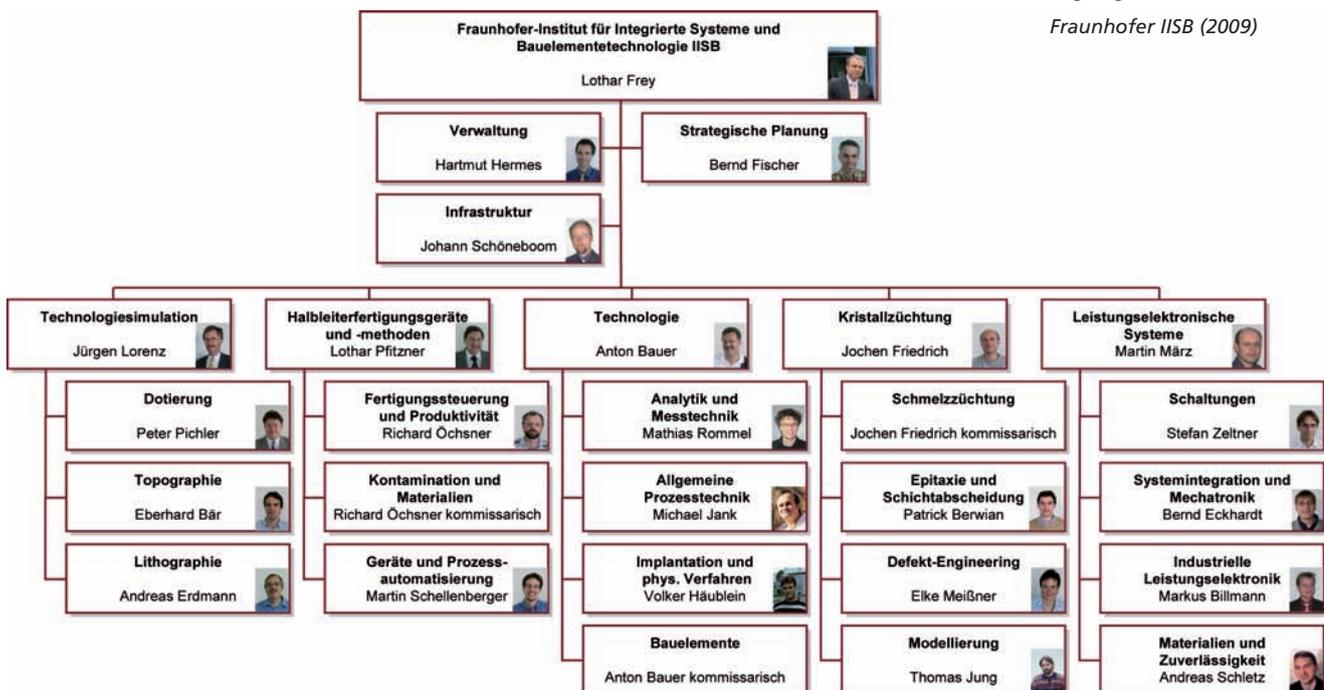
Im Arbeitsgebiet Halbleiterfertigungsgeräte und –methoden werden Firmen bei der Entwicklung und Verbesserung neuer Fertigungsgeräte, Materialien und der damit verbundenen Methoden und Prozesse bis hin zur Implementierung in die Produktion sowie der Yield- und Durchsatzoptimierung unterstützt. Dabei wird besonderer Wert auf Fragen der Prozesskompatibilität mit anderen Fertigungsschritten, der Reduzierung von Kontamination durch Medien, Werkstoffe, Geräte und Prozesse sowie der Sicherheit, umweltfreundlichen Fertigung und Ressourcenoptimierung gelegt. Der Verbesserung von Prozessreproduzierbarkeit und -zuverlässigkeit dienen Entwicklung und Einsatz von Verfahren der integrierten Messtechnik und Prozessautomatisierung, besser bekannt unter den Fachbegriffen „Integrated Metrology“ und „Advanced Process Control“ (APC). Die Gerätevorqualifizierung oder das „Equipment Assessment“ unter Nutzung von industriekompatiblen Prozessen und Charakterisierungsverfahren reduziert das Risiko beim Einsatz der neu entwickelten Geräte und Prozesse in den Fertigungslinien der Halbleiterindustrie und nutzt das Know-how aus der Einzelprozessoptimierung. Die Forschungsarbeiten auf dem Gebiet der virtuellen Messtechnik ermöglichen die Vorhersage physikalischer Messergebnisse basierend auf bekannten Anlagen- und Prozessparametern und Sensordaten, ohne dass eine tatsächliche Messung durchgeführt werden muss. Das nach ISO 17025 akkreditierte „Analytik-Labor für die Mikro- und Nanotechnologie“ unterstützt dabei mit chemischer und physikalischer Spurenanalytik, die ebenfalls als Dienstleistung für die Halbleiter und PV-Industrie angeboten wird.

Neue technologische Prozesse und Herstellungsmethoden für die VLSI- und ULSI-Technologie sowie für moderne Leistungsbaulemente werden im Arbeitsgebiet Technologie entwickelt. Im Speziellen umfassen die Tätigkeiten unter anderem Oberflächen- und Dünnschichttechnik für neue Materialien, Prozesse für dünne dielektrische und metallische Schichten, Ionenimplantation, Nanoelektronik, Schaltkreismodifikation und IC-Reparatur sowie Entwicklung von passiven Bauelementen.

Im Arbeitsgebiet Kristallzüchtung ist es das Ziel als FuE-Dienstleister für die Industrie, den Zusammenhang zwischen den Eigenschaften von Kristallen und kristallinen Schichten mit den Wachstumsbedingungen zu identifizieren. Experimentelle Prozessanalyse, numerische Modellierung mit vom IISB speziell für die Kristallzüchtung entwickelten Softwarewerkzeugen und theoretische Untersuchungen bilden eine strategische Einheit, damit das IISB aus der gewonnenen Kenntnis der Prozess-Eigenschafts-Korrelation wichtige Beiträge für die industrielle Prozessentwicklung liefern kann. Die Schwerpunkte des Fraunhofer IISB sind Herstellungsverfahren von Kristallmaterialien und -schichten für die Mikroelektronik, Photovoltaik sowie für optische Anwendungen einschließlich Detektoren und Lasermaterialien.

Ein weiteres großes Arbeitsgebiet des Instituts bildet die Leistungselektronik. Das Spektrum reicht hier von der Entwicklung und Anwendung neuer Materialien, über Zuverlässigkeitsuntersuchungen und Fehleranalysen, schaltungs- und regelungstechnische Fragestellungen bis hin zur Realisierung kompletter Systemlösungen für die Fahrzeugtechnik sowie die Energie-, Anlagen- und Automatisierungstechnik. Schwerpunkte liegen im Bereich der mechatronischen Systemintegration von elektrischen Leistungswandlern, d.h. der Integration von Leistungselektronik, Mikroelektronik, Sensorik und Mechanik sowie bei Konzepten und Technologien zur Steigerung von Effizienz (Wirkungsgrad) und Leistungsdichte in Anwendungsgebieten wie Elektromobilität und Energietechnik.

1 Organigramm des Fraunhofer IISB (2009)



Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente

Das IISB und der Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente, Universität Erlangen-Nürnberg, betreiben im Rahmen eines Kooperationsvertrages nicht nur gemeinsam Labore, sondern sind auch bei Ausbildung und Forschung gemeinsam tätig.

So beteiligen sich die Mitarbeiter des IISB bei Praktika für Studenten und umgekehrt wird die Berufsausbildung zum „Mikrotechnologen“ am IISB durch Mitarbeiter des Lehrstuhls für Elektronische Bauelemente unterstützt. Der Lehrstuhl ist daneben in mehreren Forschungsrichtungen mit grundlegenden Vorfeldarbeiten tätig, die auch für das IISB von großem Interesse sind. Dazu gehören beispielsweise Projekte zu neuen Dielektrika, Metal Gate, SiC und druckbare Elektronik.

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

Priv.-Doz. Dr. Peter Pichler

Zuverlässigkeit und Fehleranalyse integrierter Schaltungen

Dr. Jürgen Lorenz

Prozess- und Bauelementesimulation

Prof. Dr. Lothar Pfitzner

Technik der Halbleiterfertigungsgeräte

Dr. Martin März

Automobilelektronik - Leistungselektronik

Dr. Andreas Erdmann

Optische Lithographie: Technologie, Physikalische Effekte und Modellierung

Dr. Michael Jank

Nanoelektronik, Einführung in die gedruckte Elektronik

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



DAS INSTITUT IM PROFIL

Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM

Die Außenstelle des Fraunhofer IISB, das Fraunhofer Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM in Freiberg, 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 und 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 Silizium und von III-V-Halbleitern sowie der Herstellung neuer Materialien.

Ansprechpartner

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*



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 PKWs, 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 über 20 Ingenieuren und Technikern stehen 680 m² Büro- und Laborfläche zur Verfügung, einschließlich einer „Hybrid-Manufaktur“ mit PKW-Einfahrt direkt ins Labor und Hebebühne. Neben zwei Erprobungsfahrzeugen, einem Hybrid-PKW (Toyota Prius II) und einem reinen Elektro-PKW (Citroen AX), verfügt das ZKLM auch über eine proprietäre Hybrid-Entwicklungsplattform auf der Basis eines AUDI-TT. Letztere dient den Forschern und Entwicklern am ZKLM zur Demonstration, Erprobung und Optimierung von Systemkomponenten für Hybrid- und Elektrofahrzeuge.

Seit 2007 ist das ZKLM auch Sitz der Arbeitsgruppe „Materialien und Zuverlässigkeit“, die sich mit Fragen der Zuverlässigkeit, Lebensdauer und Robustheit leistungselektronischer Systeme im Anforderungskontext der jeweiligen Zielanwendung sowie mit innovativen Materialien für die Leistungselektronik befasst.

Ansprechpartner

Dr.-Ing. 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



DAS INSTITUT IM PROFIL

Kuratorium (2009)

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

Dr. Reinhard Ploß

Infineon Technologies AG
(Vorsitzender des Kuratoriums)

Prof. Dr. Ignaz Eisele

ehemals Universität der Bundeswehr München

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 Forschungstiftung

Prof. Dr. Johannes Huber

Dekan der Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg

RD Dr. Ulrich Katenkamp

Bundesministerium für Bildung und Forschung
Referat 523 Elektroniksysteme, Elektromobilität

MR Dr. Georg Ried

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

Dr. Karl-Heinz Stegemann

Signet Solar GmbH Dresden

Dr. Thomas Stockmeier

SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG



DAS FORSCHUNGS- UND DIENSTLEISTUNGS-ANGEBOT

Institutsspezifische Angebote zur Vertragsforschung

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

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

Ein weiterer Schwerpunkt des IISB befasst sich mit der Entwicklung und Erprobung von Halbleiterfertigungsgeräten und -methoden. Die enge Verbindung zwischen Gerätetechnik, chemisch-physikalischer Verfahrenstechnik und Bauelementetechnologie ist hier von herausragender Bedeutung. Die Abteilung bietet interdisziplinäre Forschungs- und Entwicklungsleistungen ausgehend von einem breiten Know-how und Erfahrungen im Bereich Gerätebau, neue Regelungs- und Steuerungsverfahren, Messtechnik, chemische Verfahren, Softwareengineering und Fertigungstechnik an. Durch die Anwendung von neuen Simulations- und Entwicklungswerkzeugen können Systemlösungen für Fertigungsgeräte und Materialhersteller sowie für Halbleiterhersteller entwickelt werden. Beispiele für erfolgreiche neue Entwicklungen sind: Geräteentwicklung und -evaluierung, Gerätequalifizierung für ultrareine Prozessierung, Messtechnik für integrierte Qualitätskontrolle, neue Gerätekonzepte und die Integration von Feed-Forward- und Feedback-Regelungen in Fertigungssteuerungen sowie die Untersuchung von neuen Materialien. Die Entwicklungen tragen den steigenden Anforderungen nach schneller Anwendung in ULSI-Fertigungslinien und einer erhöhten Zuverlässigkeit und

Produktivität Rechnung. Deshalb verfügt die Abteilung über eine leistungsfähige Analytik zur Charakterisierung von Geräten, Komponenten und Materialien. Daneben steht die Analytik von Spurenverunreinigungen auf Halbleitersubstraten (z.B. Si, GaAs), in Prozesschemikalien, in Prozessgasen und Reinraumumgebungen durch TXRF, AAS, ICP-MS, GCMS, FTIR und VPD-AAS zur Verfügung.

Die Abteilung Technologie befasst sich mit der Entwicklung von neuen Prozessschritten und Verfahren für höchstintegrierte Schaltungen, der Entwicklung von Bauelementestrukturen der Leistungselektronik und Mikrosystemtechnik und der Qualifizierung von Gasen und Chemikalien anhand von Testprozessen. In Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente wird dafür ein Reinraum betrieben, welcher die Durchführung der wichtigsten Prozessschritte auf Siliciumscheiben von 100 bis größtenteils 200 mm Durchmesser ermöglicht. Für zukünftige VLSI und ULSI-Bauelemente werden Einzelprozesse entwickelt. Insbesondere werden umfangreiche Arbeiten auf den Gebieten der Erzeugung dünner dielektrischer und metallischer Schichten mittels chemischer Dampfphasenabscheidung unter Verwendung metallorganischer Precursormaterialien sowie der Implantation von Dopanden bei Nieder- und Hochenergie durchgeführt. Darüber hinaus laufen umfangreiche Arbeiten auf dem Gebiet der Bearbeitung von Nano-Strukturen und der Analyse oder Reparatur von Prototypen elektronischer Bauelemente. Entwicklung von Leistungsbauelementen bzw. von Komponenten für Leistungsbauelemente sind die Aufgaben der Gruppe Bauelemente. Entwicklungen aus den oben genannten Forschungsschwerpunkten der Abteilung für Bauelementetechnologie werden unterstützt durch messtechnische Untersuchungen. Zu einem besonderen Schwerpunkt hat sich hier die elektronische Messtechnik entwickelt. Vor allem klassische Messverfahren wie MOS-, I(U)-, C(U)-, Schichtwiderstands-, Beweglichkeits-, Dotierungsprofil-, Halleffektmessungen, REM- und TEM-Untersuchungen sowie energiedispersive Röntgenanalyse, aber auch Bestimmung von Linienbreiten, Schichtdicken, Scheibenebenheit und prozessinduziertem Scheibenverzug werden eingesetzt.

Die Abteilung Kristallzüchtung bietet basierend auf ihrem Know-how aus der Kristallzüchtung und den langjährigen Erfahrungen der Mitarbeiter im Anlagenbau, in der Messtechnik und in der Computersimulation vielfältige Forschungs- und Entwicklungsleistungen an. Dazu zählt insbesondere die Entwicklung und Optimierung von Anlagen und Prozessen für die Züchtung von Kristallen für die Mikroelektronik, Optoelektronik, Kommunikationstechnologie, Photovoltaik, Medizintechnik und für die Mikrolithographie. Die Strategie ist dabei, sowohl durch experimentelle als auch theoretische Studien den Zusammenhang zwischen den Prozessbedingungen und den Kristalleigenschaften bzw. Kristalldefekten zu identifizieren und zu quantifizieren. Dazu verfügt die Abteilung über leistungsfähige, benutzerfreundliche Simulationsprogramme zur Berechnung des globalen Wärme- und Stofftransports in Hochtemperaturanlagen mit komplexer Geometrie.

DAS FORSCHUNGS- UND DIENSTLEISTUNGS-ANGEBOT

Fortsetzung: Institutsspezifische Angebote zur Vertragsforschung

Diese Programme werden in enger Kooperation mit den industriellen Nutzern im Hinblick auf neue oder verbesserte physikalische Modelle, auf Benutzerfreundlichkeit und auf effizientere numerische Algorithmen weiterentwickelt.

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

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

Durch einen Kooperationsvertrag zwischen der Fraunhofer-Gesellschaft und der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg ist das IISB sehr eng mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente sowie mit dem Institut für Werkstoffwissenschaften, Lehrstuhl für Materialien der Elektronik und Energietechnik, verknüpft. Dies ermöglicht die gemeinsame Nutzung vorhandener Forschungseinrichtungen, Abstimmung der Forschungsaktivitäten und anwendungsorientierte Lehre und Ausbildung auf dem Gebiet der Technologie der Mikroelektronik.

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

Apparative Ausstattung

Das Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie verfügt über eine Fläche von 4780 m², davon 2620 m² Büro- und Sonderflächen sowie 1590 m² Laborräume. Gemeinsam mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente wird die Reinraumhalle der Universität mit 600 m² genutzt.

Bei der Auswahl und Beschaffung der Technologiegeräte wurde besonderer Wert auf die industriekompatible Ausstattung des Halbleiterlabors gelegt. Die Prozessgeräte ermöglichen durchgängig die Bearbeitung und messtechnische Auswertung von Siliciumscheiben bis 150 mm Durchmesser, auch die Scheibehandhabung von Kassette zu Kassette entspricht dem in der Industrie geforderten Standard.

Im Einzelnen stehen zur Verfügung:

TECHNOLOGIEGERÄTE

Dotierung: 5 Ionenimplantationsanlagen einschließlich einer Hochenergieimplantationsanlage bis zu 6 MeV, Kurzeitauseilapparaturen

Oxidation, Diffusion und Ausheilen: 4-Stock-Öfen, 300-mm-Vertikalöfen, Kurzeitoxidation

Schichtabscheidung: LPCVD von SiO₂, Si₃N₄, Polysilicium, TEOS, BPSG, PECVD von SiO₂ und stressfreiem Si₃N₄, ALD und metallorganische CVD für Isolatoren hoher Dielektrizitätskonstante und Metalle als Gateelektroden, Elektronenstrahlverdampfung, Widerstandsverdampfung und induktiver Verdampfer, Sputteranlagen, Ausheil- und Epitaxieanlagen für SiC

Ätztechnik: Plasma- und RIE-Trockenätzer für SiO₂, Si₃N₄, Silicium, Polysilicium und Aluminium, Lackveraschung, Nassätzbänke für alle wesentlichen Ätzschritte

Reinigung: RCA-kompatibel, Piranha, Endreinigungsanlage

Lithographie: Projektions- und Proximity-Belichtungsgeräte, Elektronenstrahlbelichtung, automatische Lackstraße für Belackern und Entwickeln

Nanoimprint-Lithographie: Nano-Patterning-Stepper (NPS 300), Strukturierung von Substraten mit Durchmessern bis 200 mm

Polieren: Doppelseitenpoliermaschine, Einseitenpoliermaschine (Chemical Mechanical Polishing)

2 Bonder (Hand und Automatik), Verkapselung, Al-Dickdraht-Bonder

Vakuum-Dampfphasenlötanlage

DAS FORSCHUNGS- UND DIENSTLEISTUNGS-ANGEBOT

Fortsetzung: Apparative Ausstattung

Kristallziehenanlagen: 5 Hochdruckofenanlagen, 1 Mehrzonenofenanlage für Hochvakuum bzw. Reaktivgase, mehrere Mehrzonenöfen u.a. für spezielle Einsatzgebiete
Drahtsäge und Poliermaschinen
Labor für gedruckte Elektronik: Aerosolsynthese und Fällung nanoskaliger Materialien, Inertgas-Handhabungssysteme, Zentrifuge, Ultraschallprozessor, Tintenstrahldruck, Schleuder- und Sprühbeschichtung, Plasmaprozessor, Ausheilöfen, Heizplatten
Reinräume der Klasse 100 für die Entwicklung, Erprobung, Vorqualifikation und Montage von Halbleiter-Fertigungsgeräten mit MESG-kompatibler Clusterplattform mit XPS-Messmodul, Versuchsstand für Partikelmessung, Versuchsstand für Plasmadiagnostik, Vertikalofen mit in situ-Schichtdickenmesstechnik
MESSTECHNIK UND ANALYTIK
Chemische Charakterisierung:
Gasphasenzersetzung (VPD) mit und ohne automatischem Tropfenscanner
Pack Extraction Method (PEM)
Scheibenoberflächenpräparationssystem (WSPS)
TOC-/DOC-Messgeräte
Optische Charakterisierung:
Atomabsorptionsspektrometer (AAS)
Optische Emissionsspektroskopie (ICP-OES)
Defektinspektion auf unstrukturierten Scheibenoberflächen
IR-Thermographie
Fouriertransformations-Infrarot-Spektroskopie (FTIR)
Mikroskop mit digitaler Bildverarbeitung
Optisches System zur Siliciumscheideninspektion und Defektklassifikation
Partikelkontamination (für strukturierte und nicht strukturierte Scheiben)
Partikelmessungen
Partikelzähler für flüssige und gasförmige Medien und zur Überwachung der Reinraumqualität
Photometer
Schichtdicken (optisch mit Ellipsometer oder Interferometer, mechanisch mit Profilometer, schnelles Interferometer für in situ-Messungen, Spektralellipsometer (in situ, ex situ))

Totalreflexions-Röntgenfluoreszenz-Analyse (TXRF)
UV / VIS / NIR Spektrometer
Physikalische Charakterisierung:
Flüssigchromatograph (LC)
Kontaktwinkelmessgerät
Mikroviskosimeter und Dichtemessung
Kalometrie, Thermodynamik (DTA und DSC)
Störstellen-Konzentration (Deep Level Transient Spectroscopy (DLTS))
Gaschromatograph-Massenspektrometer mit Thermodesorption (TD)-GC-MS
Magnetsektorfeld-Massenspektrometer
Stressmessplatz
2 Feinfokusionenstrahlanlagen (FIB)
Neutralteilchen-Massenspektrometer (SNMS)
Photoelektronen-Spektrometer (XPS)
Rasterelektronenmikroskopie (REM) mit energiedispersiver Röntgenstrahlanalyse (EDX)
Röntgendiffraktometrie (XRD) und Röntgenreflektometrie (XRR)
Rastersondenmikroskope für elektrische Messungen: Tunnel- bzw. Leckstrombestimmung (TUNA, c-AFM), Bestimmung des Ausbreitungswiderstands (SSRM), Kapazitätsmessung (SCM)
Scheibendicke und -form (kapazitiv)
Schichtdicken (mechanisch mit Profilometer)
Strukturbreiten (Rasterelektronenmikroskop, Laserrasterelektronenmikroskop, AFM)
Thermodesorption
Thermowellenanalyse
Transmissionselektronenmikroskop (TEM)
Elektrische Charakterisierung:
Diffusionslänge und Lebensdauer von Minoritätsladungsträgern (Electrolytical Metal Tracer (ELYMAT)), Microwave Detected Photoconductivity Decay (μ -PCD), Surface Photovoltage (SPV)
Widerstandsmapping (Vierspitzen und Spreading Resistance)
Kontaktloses Oxidparametermapping (Oxiddicke und -ladung, Grenzflächenzustandsdichte)
I(U)- und C(U)-Messungen mit manuellen oder automatischen Scheibenprobern, Impuls- und Funktionsgeneratoren
Impedanzanalysator, Parameteranalysator
Profile von Ladungsträgerkonzentration und -beweglichkeit (Hall-Messplatz, Spreading-Resistance)
Solarzellenmessplatz

DAS FORSCHUNGS- UND DIENSTLEISTUNGS-ANGEBOT

Fortsetzung: Apparative Ausstattung

Netzleistungs- und Oberwellen-Analysator
Normgerechte Burst/Surge-Generatoren, Load-dump, ESD
DC-Quellen und elektronische Lasten bis 60 kW
Teilentladungsmessung
Z _{th} -Messplatz
Weitere Messtechnik:
Klimatestkammer
Motorprüfstand (bis 40 kW)
Lastwechselfesteinrichtung
Oszilloskope bis 10 GS/s (Giga-Samples/Sekunde)
SOFTWAREAUSSTATTUNG
Verschiedene Programme (sowohl kommerzielle Programme als auch Eigenentwicklungen) für Geräte-, Prozess- und Bauelementesimulation, z. B. ICECREM, TRIM, DIOS, DESSIS, FLOOPS, SENTAURUS, RAPHAEL, FLUENT, ESI CFD, CrysMAS, DEP3D, ANETCH, Dr.Litho, ENCOTION
Flotherm (3D, thermische FEA)
Ansoft PEMAG
Arena (Logistik-Simulation)
Schaltungssimulatoren Pspice, Simplorer
Cadence Design Paket zur Synthese von Analog-Mixed-Signal ASICs
Entwicklungswerkzeuge zur Gerätesteuerung
Fuzzyentwicklungssystem
RECHNER
Leistungsfähiges Rechner-Netzwerk (inkl. Cluster) zur Durchführung von Simulationen, Arbeitsplatz- und Steuerrechner
SONSTIGES
Solartankstelle

Kontaktinformationen

Institutsleitung

Prof. Lothar Frey
Tel.: +49 (0) 9131 761-100
Fax: +49 (0) 9131 761-102
info@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

Öffentlichkeitsarbeit

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

Technologie

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

Verwaltung

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

Kristallzüchtung

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

Technologiesimulation

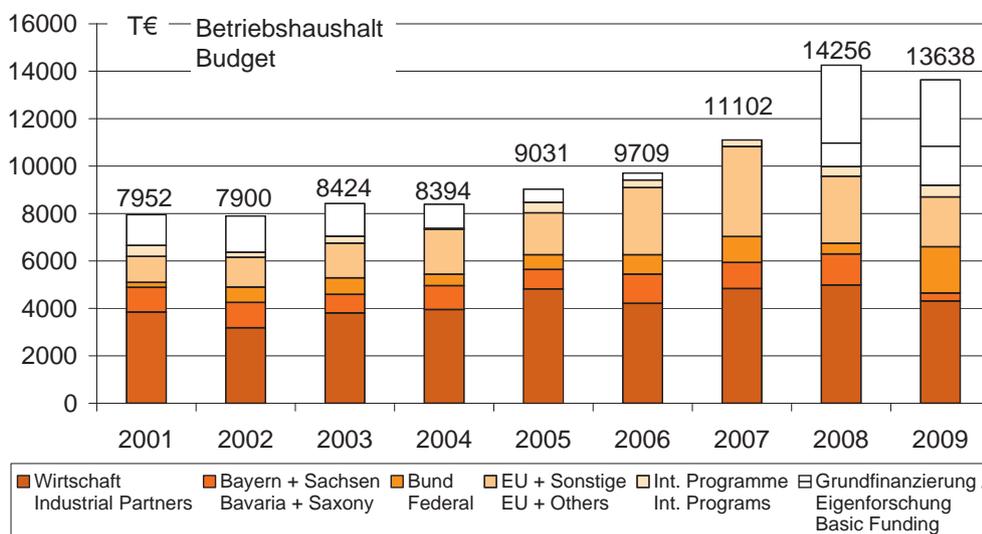
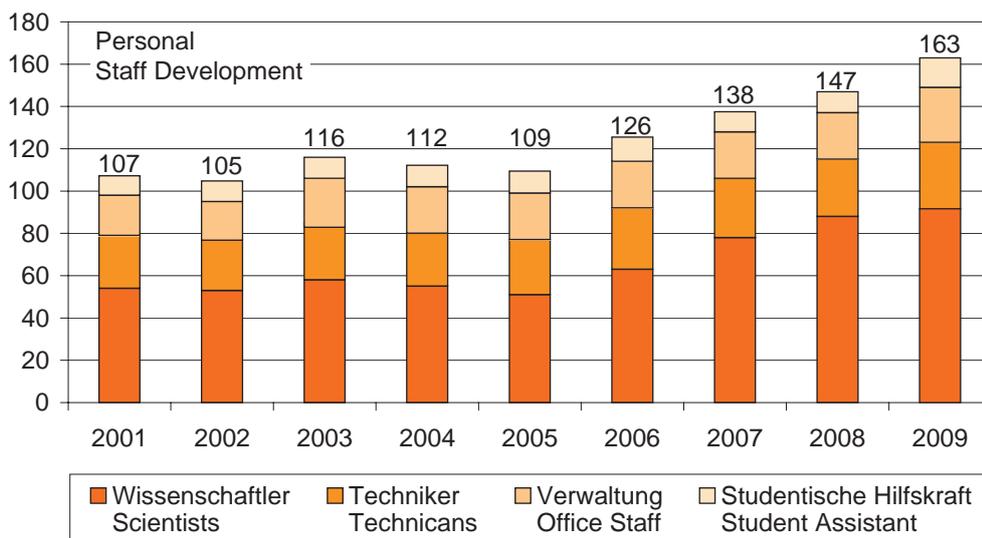
Dr. Jürgen Lorenz
Tel.: +49 (0) 9131 761-210
Fax: +49 (0) 9131 761-212
juergen.lorenz@iisb.fraunhofer.de

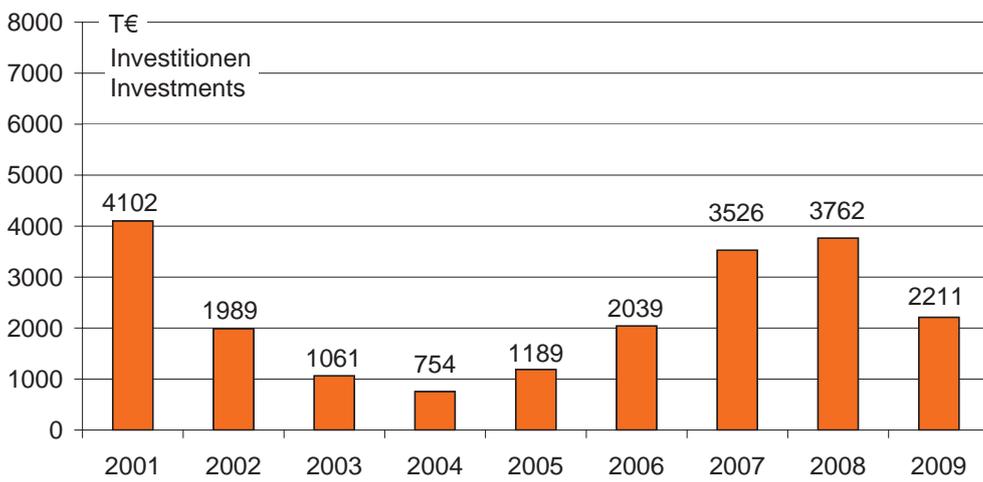
Leistungselektronische Systeme

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

DAS INSTITUT IN ZAHLEN

Mitarbeiterentwicklung, Betriebshaushalt und Investitionen





3 Entwicklung des Investitions-
haushalts (ohne Sondermit-
tel) 2001 - 2009

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, VERBUND MIKROELEKTRONIK UND FÖRDERKREIS

Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick

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 59 Institute. 17 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 1,5 Milliarden Euro. Davon entfallen 1,3 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Zwei Drittel dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Nur ein Drittel wird 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.

Niederlassungen in Europa, in den USA und in Asien 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. Studentinnen und Studenten 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), der als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich war.

1 Standorte der Fraunhofer-Gesellschaft in Deutschland



FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, VERBUND MIKROELEKTRONIK UND FÖRDERKREIS

Der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik

Der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik (V μ E) koordiniert seit 1996 die Aktivitäten der auf den Gebieten Mikroelektronik und Mikrointegration tätigen Fraunhofer-Institute.

Der Verbund umfasst neun Mitgliedsinstitute, drei Einrichtungen und drei Gastinstitute mit insgesamt mehr als 2400 Mitarbeitern.

Seine Aufgabe besteht im frühzeitigen Erkennen neuer Trends bei mikroelektronischen Anwendungen und deren Berücksichtigung bei der strategischen Weiterentwicklung der Verbundinstitute. Dies geschieht vorwiegend in Form gemeinsamer Themenschwerpunkte und Projekte. Auf diesem Wege kann der Verbund insbesondere innovativen mittelständischen Unternehmen rechtzeitig zukunftsweisende Forschung und anwendungsorientierte Entwicklungen anbieten und so entscheidend zu deren Wettbewerbsfähigkeit beitragen.

Die Aktivitäten der Verbundinstitute gliedern sich in die Geschäftsfelder

- Halbleitertechnologien
- Kommunikationstechnologien
- Ambiente Assistenzsysteme
- Energieeffiziente Systeme und eMobility
- Licht
- Mikrosysteme
- Sicherheit
- Unterhaltung

Die Geschäftsstelle des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik fungiert als zentrales Koordinierungsbüro für die Verbundinstitute. Sie berät und unterstützt das Direktorium des Verbunds Mikroelektronik bei Fragen der inhaltlichen Abstimmung und der fachlichen Zukunftsplanung. In enger Zusammenarbeit mit den Instituten bildet sie ein Bindeglied zwischen Wissenschaft, Wirtschaft und Politik.



Beteiligt sind die Fraunhofer-Institute für

- Hochfrequenzphysik und Radartechnik FHR
- Offene Kommunikationssysteme FOKUS (Gast)
- Nachrichtentechnik, Heinrich-Hertz-Institut, HHI
- Angewandte Festkörperphysik IAF
- Digitale Medientechnologie IDMT (Gast)
- Integrierte Schaltungen IIS
- Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB
- Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS
- Photonische Mikrosysteme IPMS
- Siliziumtechnologie ISIT
- Zerstörungsfreie Prüfverfahren IZFP-D (Gast)
- Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM

sowie die Fraunhofer-Einrichtungen für

- Fraunhofer-Center Nanoelektronische Technologien CNT
- Elektronische Nanosysteme ENAS
- Systeme der Kommunikationstechnik ESK

1 *Spree-Palais in Berlin-Mitte,
Sitz der Geschäftsstelle des
Fraunhofer-Verbunds Mikro-
elektronik*

Leiter der Geschäftsstelle

Dr.-Ing. Joachim Pelka

Tel.: +49 (0) 30 688 3759-6100

Fax: +49 (0) 30 688 3759-6199

joachim.pelka@mikroelektronik.fraunhofer.de

Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik

SpreePalais am Dom

Anna-Louisa-Karsch-Str. 2

10178 Berlin

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, VERBUND MIKROELEKTRONIK UND FÖRDERKREIS

Der Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.

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

So wurde 1983 der „Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.“ aus der Taufe gehoben mit dem Ziel, die Mikroelektronik im und für den nordbayerischen Raum zu fördern. Dies wurde durch großzügige Spenden der Wirtschaft, umfangreiche Fördermittel der Bayerischen Staatsregierung, die permanente Unterstützung der IHK Nürnberg für Mittelfranken sowie erhebliche Investitionen der Fraunhofer-Gesellschaft ermöglicht und resultierte in der Neugründung von Lehrstühlen der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft (u.a. des IISB) mit hochmoderner Ausstattung. 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 IISB innehat.

Die umfangreichen Aktivitäten des Förderkreises umfassen:

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

Gerade durch den letzten Punkt verwirklicht der Förderkreis seine Zielsetzung, Forschung, Entwicklung, Lehre und Technologietransfer zusammen mit seinen Partnern zu fördern. So wurde 1996 der „Innovationspreis Mikroelektronik“ gestiftet, der seitdem jährlich verliehen wird und mit 3000 Euro dotiert ist. Kriterien bei der Vergabe des Preises sind vor allem ein herausragender Erkenntnisfortschritt auf dem Gebiet der Mikroelektronik, aber auch dessen Umsetzung in Form einer praktischen Nutzung durch die gewerbliche Wirtschaft. Neben einer Auszeichnung für besondere Leistungen auf dem Gebiet der Mikroelektronik soll dieser Preis

auch einen Ansporn für innovatives Engagement und die Stärkung des Wirtschaftsstandortes Deutschland, der für seine Behauptung auf dem Weltmarkt auf Höchsttechnologie angewiesen ist, darstellen. Auch das IISB konnte mit Dr. Thomas Falter (1996, mit Fa. GeMeTec), Dr. Lothar Frey (1999, mit Fa. Nanosensors GmbH), Dr. Andreas Erdmann (2000, mit Fa. Sigma-C GmbH) und Marc Hainke, Dr. Thomas Jung, Flaviu Jurma Rotariu, Dr. Matthias Kurz, Dr. Michael Metzger und Artur Pusztai (2002), 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 Dr. Holger Schmitt (2008, mit Fa. Süss und Fa. S.E.T. SAS) sowie Dr. Jochen Friedrich (2009, mit Fa. SolarWorld AG) die 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. Ein weiteres Instrument der Förderung durch den Förderkreis stellt ein Promotionsstipendium dar, mit dem besonders qualifizierte wissenschaftliche Nachwuchskräfte, die an einem der Mikroelektronik-Lehrstühle der Universität Erlangen-Nürnberg ihre Promotion durchführen, über einen Zeitraum von drei Jahren mit 720 Euro pro Monat unterstützt werden können. Zudem unterstützt der Förderkreis den Aufenthalt von Gastwissenschaftlern und Diplomanden an den genannten Fraunhofer-Instituten und Mikroelektronik-Lehrstühlen.

Eine Unterstützung dieser Aktivitäten und Förderziele ist am besten durch eine Mitgliedschaft im Förderkreis umzusetzen. Einzelheiten hierzu und ausführliche Informationen über die Tätigkeiten des Förderkreises sind über untenstehende Kontaktadresse oder auch über das IISB zu erhalten.

Für das IISB war der „Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.“ auch im Jahre 2009 wieder ein guter und verlässlicher regionaler Partner.

Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.

Vorstandsvorsitzender:

Dr. sc. techn. h.c. Dietrich Ernst

Geschäftsstelle:

IHK Nürnberg für Mittelfranken

Ansprechpartner:

Knut Harmsen

Geschäftsführer des Förderkreises

Tel.: +49 (0) 911 1335-320

harmesen@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 Ausgabe von 2009 die Zeit- und Kostenersparnis in „best practice“-Fällen mit etwa einem Drittel abgeschätzt wird. 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.

Seit vielen Jahren ist die von der Abteilung betriebene arbeitsteilige Zusammenarbeit mit industriellen Anwendern sowie anderen Forschungseinrichtungen ein zentrales Element des Erfolgs der Abteilung. Die Aktivitäten erstrecken sich von der Vorlaufforschung, mit der eigenes Know-how und eigene Urheberrechte aufgebaut werden, über gemeinsame Entwicklungsarbeiten mit Partnern, die jeweils komplementäre Fähigkeiten einbringen, bis hin zu bilateralen Zusammenarbeiten und Verbundprojekten, bei denen mithilfe der Simulation fortschrittliche Technologien und Bauelemente entwickelt werden.

Zwei Mitte bzw. Ende 2009 mit sehr großem Erfolg abgeschlossene europäische Verbundprojekte zeigen die Bandbreite der Arbeiten: Im vom IISB koordinierten Projekt „ATOMICS“ („Advanced Front-end Technology Modeling for Ultimate Integrated Circuits“) wurden prädiktive Modelle für die Aktivierung und Diffusion von Dotierungsatomen in fortschrittlichen Niedertemperatur- und Millisekundenausheilverfahren sowie fortschrittlichen Schichtstrukturen entwickelt. Dem Konsortium, bestehend aus der Halbleiterfirma STMicroelectronics, dem Softwarehaus Synopsys, der Gerätefirma Mattson Thermal Products, der Messtechnikfirma CSMA, den Forschungsinstituten CNRS-LAAS und Fraunhofer IISB sowie der Universität Surrey, gelang es nicht nur, wissenschaftlich herausragende Ergebnisse zu erzielen, sondern diese auch durch eine Vielzahl von Veröffentlichungen sowie die Implementierung im Prozesssimulator SENTAUROS von Synopsys breit verfügbar zu machen. Das europäische Projekt MD3 („Material Development for Double exposure and Double patterning“) hatte die Zielstellung, geeignete Materialien für die optische Lithographie für Strukturgrößen unterhalb von 36 nm zu entwi-



ckeln. Das Konsortium bestand aus der Halbleiterfirma STMicroelectronics, dem Lackhersteller Dow Electronic Materials, den Forschungsinstituten LETI (Koordinator), CNRS-LTM, Fraunhofer IISB, NCSR Demokritos sowie dem Weierstraß-Institut. Das IISB koordinierte das Arbeitspaket „Simulation“, welches die experimentellen Arbeiten in anderen Arbeitspaketen unterstützte, und leistete mit seinen Simulationsarbeiten wichtige Beiträge zur Bewertung und Optimierung der im Projekt entwickelten Optionen für Doppelstrukturierungstechniken, den zurzeit für kleinste Strukturgrößen verwendeten Lithographieverfahren.

1 *Dr. Jürgen Lorenz,
Abteilungsleiter*

Aufgrund der Annäherung an physikalische Grenzen bei der weiteren Skalierung von Halbleiterbauelementen („More Moore“) ist sowohl eine gezielte Forschung an innovativen Materialien, Prozessen und Bauelementen als auch die Erweiterung der Aktivitäten über die reine Skalierung hinaus, z.B. für Analog- und Hochvoltbauelemente, -schaltungen und -systeme („More than Moore“), notwendig. Neben der Funktionalität von Bauelementen und Schaltungen, u.a. in Form von hohen Schaltgeschwindigkeiten oder geringen Leckströmen, gewinnen damit Prozessschwankungen, Wechselwirkungen zwischen elektrischen, thermischen und mechanischen Effekten sowie insgesamt Zuverlässigkeitsfragen immer mehr an Bedeutung. Sie erfordern zunehmend eine Gesamtbetrachtung der Herstellungs- und Designkette. Das IISB bearbeitet diese Problematik unter anderem im Fraunhofer-internen Projekt „Hierarchische Simulation nanoelektronischer Systeme zur Beherrschung von Prozessschwankungen“ (HIESPANA), in dem unter Leitung des IISB und Mitarbeit der Fraunhofer-Institute IIS/EAS, IMS, ITWM und SCAI ein durchgängiges System zur Simulation der Auswirkungen von Prozessschwankungen auf Bauelemente, Schaltungen und Systeme entwickelt wird.

Ansprechpartner

Dr. Jürgen Lorenz

Tel.: +49 (0) 9131 761-210

juergen.lorenz@iisb.fraunhofer.de

Prozesssimulation für die nächste Generation von CMOS-Bauelementen

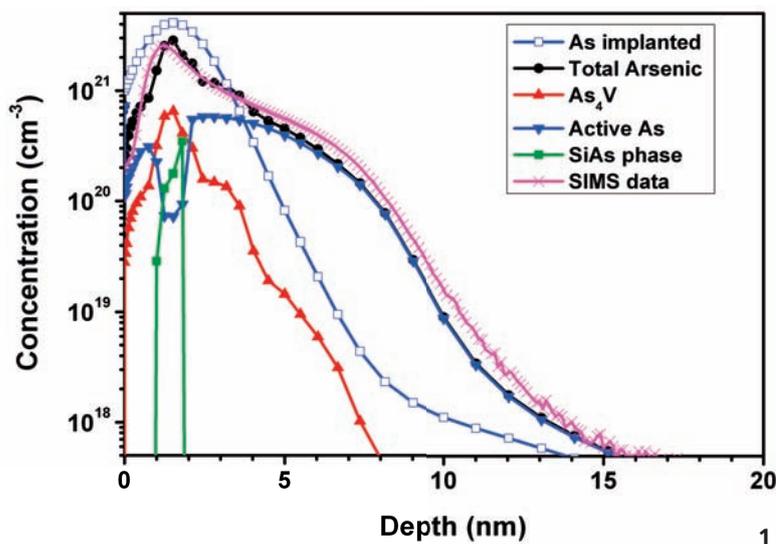
Fortschrittliche nanoelektronische Halbleiterbauelemente und -schaltungen ermöglichen eine überwältigende und immer weiter wachsende Vielzahl von Anwendungen in allen Lebensbereichen. Für deren Entwicklung hat sich die numerische Simulation („Technology Computer-Aided Design“, TCAD) als unabdingbares Werkzeug etabliert. Sie ermöglicht eine schnelle und preiswerte Ermittlung der besten Optionen für die für eine bestimmte Anwendung in Frage kommende Bauelementestruktur, die Optimierung der Wechselwirkung von Prozessen und die Optimierung der Prozessführung.

Herausforderungen für nanoelektronische Bauelemente

Eine der Schlüsselherausforderungen ist, dass fortschrittliche nanoelektronische Bauelemente extrem flache Bereiche unterschiedlicher Polarität mit doch kleinen spezifischen Widerständen aufweisen müssen, um gleichzeitig hohe Taktfrequenzen und ausreichend niedrige Verlustleistungen zu gewährleisten. Dies erfordert fortschrittliche Hochtemperaturprozesse nach der Dotierung der Bauelemente per Ionenimplantation. Zusätzlich werden neue Silicium-basierte Materialien in die Prozessflüsse integriert, um neue Bauelementearchitekturen und die Nutzung von mechanischen elastischen Verformungen zu ermöglichen. Letztere dienen zur Steigerung der Beweglichkeit der Ladungsträger in den Kanälen der Bauelemente, können möglicherweise in Zukunft aber auch zur Erhöhung der elektrisch aktiven Dotieratomkonzentration eingesetzt werden.

Breite Kooperation von Industrie und Forschung

In dem durch die Europäische Union im Bereich „Information Society Technologies“ (IST) des 6. Rahmenprogramms geförderten Projekt „Advanced Front-End Technology Modeling for Ultimate Integrated Circuits“ (ATOMICS) konnte ein Konsortium von europäischen Halbleiter-, Fertigungsgeräte-, Software- und Messtechnikfirmen (STMicroelectronics Crolles, Mattson Thermal Products, Synopsys, CSMA), unterstützt durch namhafte Forschungseinrichtungen und Universitäten (IISB, LAAS-CEMES/CNRS, Univ. Newcastle upon Tyne), unter der Koordination des IISB Durchbrüche beim Verständnis der physikalischen Vorgänge bei der Prozessierung fortschrittlicher nanoelektronischer Bauelemente erzielen. Insbesondere war es möglich, die Fähigkeiten von TCAD zur Simulation der Aktivierung und Diffusion von Dotieratomen sowie die Bildung von ausgedehnten Defekten entscheidend zu verbessern. Bild 1 zeigt exemplarisch die Simulation eines fortschrittlichen Ausheilprozesses für Arsen. Zur Erstellung des Modells war es



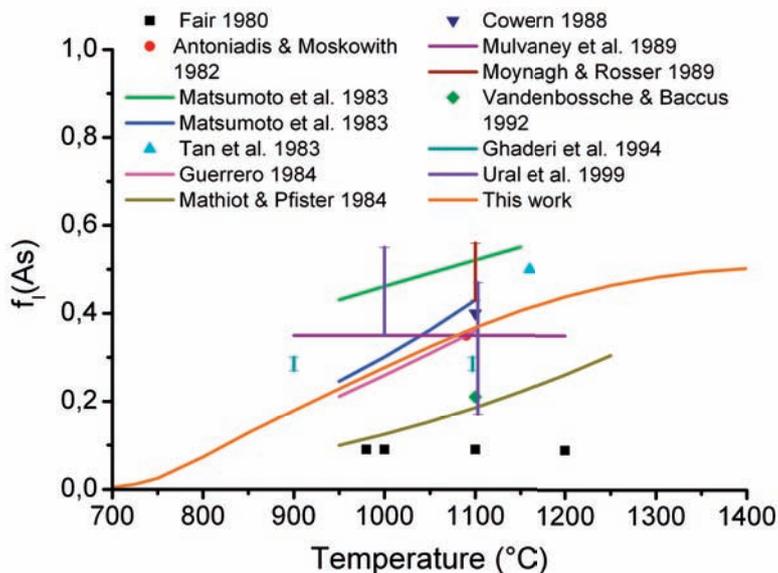
1

unter anderem nötig, den in Bild 2 dargestellten Anteil der Diffusion über Zwischengitteratome neu zu kalibrieren. Gleichzeitig konnten die Modelle auf neue Materialien, wie vorgespanntes Silicium, relaxierte und vorgespannte Silicium-Germanium-Legierungen und dünne Siliciumschichten („Silicon-on-Insulator“ und „Silicon-on-Nothing“), erweitert werden.

Um die unmittelbare Anwendung in der Halbleiterindustrie zu gewährleisten, wurden die Simulationsmodelle von der Firma STMicroelectronics in Bezug auf industrielle Bedürfnisse validiert und von Synopsys in das in der Industrie weit verbreitete Prozesssimulationsprogramm „Sentaurus Process“ implementiert und integriert. Damit leistet ATOMICS einen wichtigen Beitrag zur weiteren Verbesserung von nanoelektronischen Bauelementen und Schaltungen.

1 Vergleich zwischen experimentellen und simulierten Ergebnissen mit einem am IISB entwickelten Modell für eine „Spike-Ausheilung“ mit einer Spitzentemperatur von 1000 °C, gefolgt von einer Millisekunden-„Flash“-Ausheilung mit einer Spitzentemperatur von 1300 °C, nach Ionenimplantation von Arsen mit 1 keV

2 Anteil der Diffusion von Arsen über Zwischengitteratome als Funktion der Temperatur. Das vom IISB entwickelte Modell („This work“) wird mit Literaturdaten verglichen



Ansprechpartner

Priv.-Doz. Dr. Peter Pichler

Tel.: +49 (0) 9131 761-227

peter.pichler@iisb.fraunhofer.de

http://www.iisb.fraunhofer.de/en/arb_geb/atomics.htm

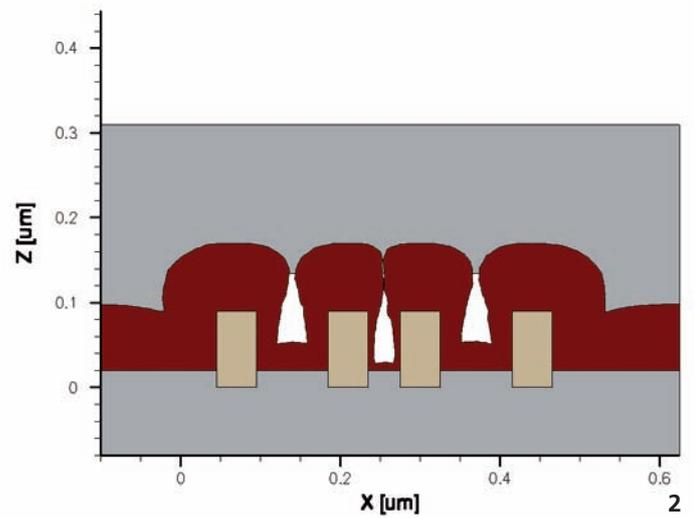
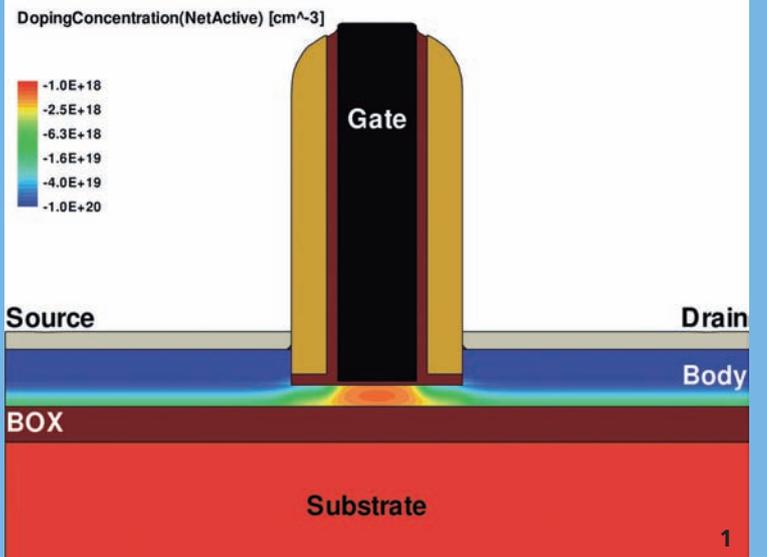
Simulation von Prozessen, Bauelementen und Interconnects im Projekt „Pullnano“

Durch Computersimulationen lässt sich der Einfluss von technologischen Optionen bei der Herstellung von „22 nm-Single-Gate Fully Depleted Thin-Body-SOI-CMOS-Transistoren“ auf die Performance von integrierten Schaltungen untersuchen. Dazu wurden verschiedene Varianten für die thermische Prozessierung sowie den gezielten Einsatz von mechanischen Spannungen betrachtet.

Weiterhin wurde hinsichtlich der Interconnects zwischen konventioneller Technologie mit „low-k“-Dielektrika und so genannten „Air-Gap“-Strukturen unterschieden. Die physikalische Gatelänge der Transistoren betrug 22 nm. Wir simulierten die charakteristischen Kurven von Einzeltransistoren und von aus den Transistoren aufgebauten SRAM-Speicherzellen. Als Beispiel für die numerischen Simulationen ist in Abb. 1 die Geometrie und Dotierstoffverteilung für einen PMOS-Transistor dargestellt. Die Simulationen wurden mit der Synopsys-TCAD-Software (Sentaurus) durchgeführt. Bei diesen Simulationen kamen fortschrittliche, am IISB entwickelte Modelle für die Aktivierung und Diffusion von Arsen und Bor zum Einsatz..

Hinsichtlich der Interconnects wurde die Verwendung von so genannten „Air-Gap“-Strukturen mittels Simulation untersucht. Diese Methode erlaubt die Reduktion der parasitären Kopplungskapazitäten zwischen den Metall-Leiterbahnen. Der physikalisch-basierte Abscheidesimulator „DEP3D“, der am IISB entwickelt wurde, diente dazu, die Abscheidung von Niedertemperaturoxid zu untersuchen (Abb. 2). Diese Abscheidung stellt eine Methode zur Realisierung von „Air-Gap“-Interconnects dar. Es zeigte sich jedoch, dass ein anderes Verfahren, welches das Dielektrikum zwischen den Leiterbahnen komplett entfernt, eine noch höhere Reduktion der parasitären Kapazitäten erlaubt. Daher wurde, basierend auf dieser Option, eine derartige Interconnect-Geometrie mit den Topographie-Simulations-Programmen des IISB erzeugt. Diese Geometrie wurde dann mittels des Finite-Elemente-Programms „STAP“ der TU Wien elektrisch simuliert, sodass die Kopplungskapazitäten für weitere Rechnungen zur Verfügung standen.

Abb. 3 zeigt den Effekt der Air-Gaps bei den Interconnects auf einen SRAM-READ-Zyklus. Die Simulation wurde mittels SPICE-Modellierung durchgeführt, basierend auf Kompaktmodellen für die Transistoren, die aus der numerischen Modellierung gewonnen wurden, und basierend auf den oben beschriebenen Interconnect-Kopplungskapazitäten. Die Verwendung der Air-Gaps reduziert die Verzögerungszeiten bei den READ-Zyklen der SRAM-Zelle um ca. 25 %, unabhängig von den verwendeten Front-End-Optionen (thermische Prozessierung, mechanische



Spannungen).

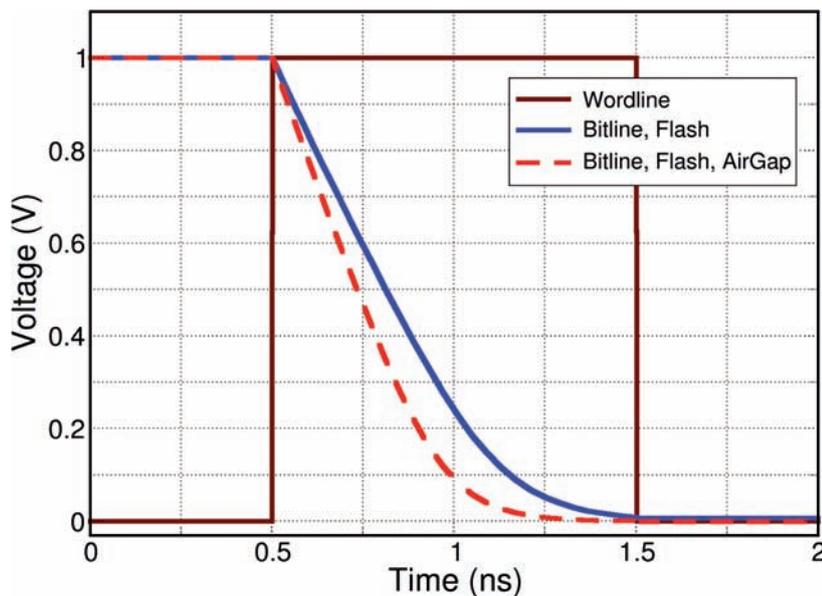
Mittels numerischer Simulationen wurde gezeigt, dass verschiedene technologische Optionen spezifische Effekte auf das dynamische Verhalten von integrierten Schaltungen haben. Beispielsweise sind die SRAM-WRITE-Zeiten und die Verzögerungszeiten von Invertern im Wesentlichen durch die Eigenschaften der Transistoren bestimmt. Interconnects sind wichtig hinsichtlich der Dynamik von SRAM-READ-Zyklen.

Die beschriebenen Arbeiten wurden in dem Integrierten EU-Projekt „PULLNANO“, das im 7. Rahmenprogramm gefördert wurde, durchgeführt. Ziel dieses Projekts waren Forschung und Entwicklung für die Weiterentwicklung der CMOS-Technologie. Von Seiten des IISB waren die Abteilungen Technologie, Technologiesimulation sowie Halbleiterfertigungsgeräte beteiligt. Die abschließende Projektbegutachtung Anfang 2009 war sehr erfolgreich, sowohl im Hinblick auf das gesamte Projekt als auch hinsichtlich der verschiedenen Beiträge aus den Abteilungen des IISB.

1 *Simulierte Geometrie und Dotierstoffverteilung in einem Single-Gate-Thin-Body-SOI-PMOSFET*

2 *Simulation der Niedertemperaturoxid-Abscheidung (dunkelrot) über Leiterbahnen (beige), durchgeführt mit dem physikalisch-basierten Abscheidesimulator „DEP3D“ des Fraunhofer IISB*

3 *Einfluss von Air-Gaps auf das READ-Verhalten einer SRAM-Zelle*



Ansprechpartner

Dr. Eberhard Bär

Tel.: +49 (0) 9131 761-217

eberhard.baer@iisb.fraunhofer.de

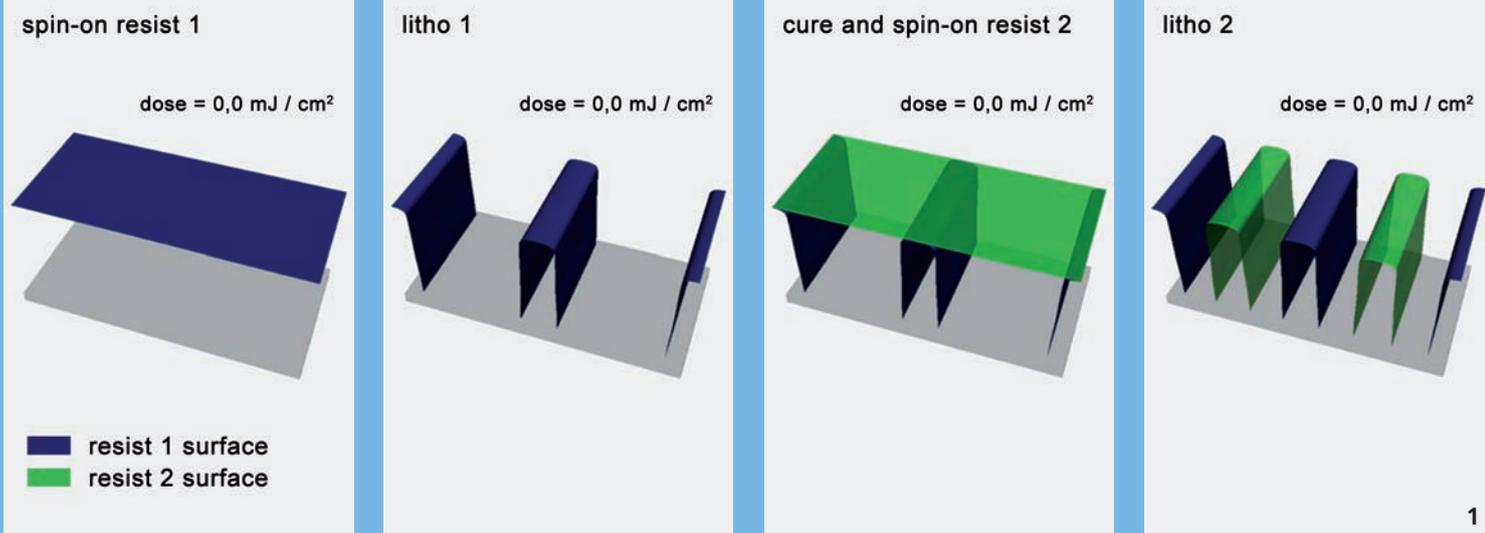
Optische Lithographie für 32 nm

Seit mehr als 30 Jahren ist die optische Lithographie ein etabliertes Verfahren in der Halbleiterherstellung. Die Leistungsfähigkeit dieses Strukturierungsverfahrens hängt vom optischen Projektionssystem einschließlich der Maske sowie vom Photolack und seiner Verarbeitung ab.

Optische Projektionstechniken und lithographische Masken haben mittlerweile nahezu die theoretische Grenze einer Einfachbelichtung von 36 nm erreicht. Kürzlich wurden einige Verfahren vorgeschlagen, welche neue Photolacke und Verarbeitungstechniken ausnutzen, um der optischen Lithographie Strukturgrößen unterhalb dieser theoretischen Grenze zugänglich zu machen. Die meisten dieser Techniken nutzen optische oder chemische Nichtlinearitäten des Photolacks in Kombination mit zwei oder mehreren Belichtungen. Das europäische Projekt „MD3“ (**M**aterial **D**evelopment for **D**ouble Exposure and **D**ouble Patterning) hatte die Zielsetzung, geeignete Materialien für die optische Lithographie für Strukturgrößen unterhalb von 36 nm zu entwickeln. Fraunhofer IISB führte das Arbeitspaket „Simulation“, welches die experimentellen Arbeiten in anderen Arbeitspaketen unterstützen sollte. Hierfür wurde der Entwicklungs- und Forschungssimulator „Dr.LiTHO“ des IISB erweitert und mit Simulationsalgorithmen anderer Partner kombiniert, um den Einfluss von Materialeigenschaften und Verarbeitungsbedingungen auf die Leistungsfähigkeit lithographischer Prozesse zu modellieren.

Doppelbelichtungstechniken kombinieren zwei aufeinander folgende lithographische Belichtungen mit optischen Nichtlinearitäten. Zwischen diesen Belichtungen ist keine spezielle Verarbeitung des Photolacks erforderlich. Deshalb sind Doppelbelichtungstechniken wirtschaftlich besonders attraktiv. Andererseits werden Materialien mit großen optischen Nichtlinearitäten benötigt. Zielgerichtete Simulationen wurden dazu eingesetzt, benötigte Materialeigenschaften zu bestimmen. Abb. 1 zeigt Simulationsergebnisse für sogenannte reversible kontrastverstärkende Schichten (RCEL). Diese Materialien werden auf der Oberfläche des Photolacks aufgebracht. Sie bleichen unter dem Einfluss von Licht. Die optische Nichtlinearität der RCEL erzeugt im RCEL Intensitätsverteilungen mit hoher räumlicher Auflösung. Jedoch wird es bei großen numerischen Aperturen (NA) zunehmend schwieriger, diese Intensitätsverteilungen in den Photolack zu übertragen.

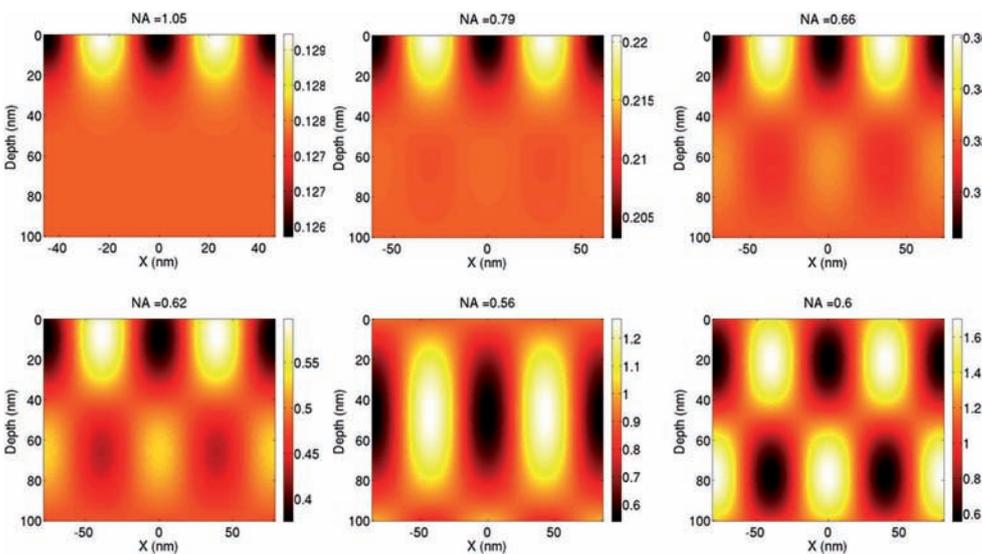
Im Gegensatz zu Doppelbelichtungstechniken benötigen Doppelstrukturierungstechniken eine spezielle Verarbeitung des Photolacks zwischen zwei Belichtungen. Die zusätzlichen



Prozessschritte erhöhen die Kosten und sind deshalb weniger attraktiv. Andererseits vergrößern chemische Verarbeitungstechniken wie Ausheilung, Photolackentwicklung oder das Ätzen die Freiheitsgrade beim Design entsprechender Prozesse. Abb. 2 zeigt, wie ein Lithographie-Ausheilen-Lithographie-Ätzen (LCLE)-Prozess zur Erzeugung von 32 nm breiten Linien und Spalten genutzt werden kann. Simulationen wurden dazu genutzt, die am besten geeigneten Materialien und Verarbeitungsbedingungen zu bestimmen. Dow Electronic Materials und andere Partner des MD3-Projektes konnten die sehr hohe Leistungsfähigkeit von optimierten Materialien für die lithographische Fertigung demonstrieren.

1 *Simulierte Verarbeitungsabfolge eines Lithographie-Ausheilen-Lithographie-Ätzen (LCLE)-Prozesses*

Die Resultate von MD3 und anderen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten haben dazu beigetragen, dass Doppelstrukturierungstechniken wie LCLE kurz vor ihrer Einführung in die Fertigung stehen. Diese Techniken werden für die Fertigung für den 32 nm-Technologieknoten benutzt. Darüber hinaus sind sie bis zu Strukturgrößen von 16 nm erweiterbar. Jedoch führen die Doppelstrukturierungstechniken zu erhöhten Fertigungskosten. Solange aber keine andere lithographische Technologie, wie EUV oder paralleles Elektronenstrahlsschreiben, ausgereift ist, werden die Doppelstrukturierungstechniken für die weitere Miniaturisierung in der Mikro- und Nanoelektronik unverzichtbar sein.



2 *Simulierte Intensitätsverteilung im Photolack unter Nutzung eines RCEL bei verschiedenen numerischen Aperturen*

Ansprechpartner

Dr. Andreas Erdmann
 Tel.: +49 (0) 9131 761-258
 andreas.erdmann@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 funktionalen Schichten mit deren Herstellungsbedingungen zusammenhängen.

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

Im Jahr 2009 hat die Abteilung Kristallzüchtung des Fraunhofer-Instituts IISB seine Position als weltweit anerkanntes Kompetenzzentrum auf dem Gebiet der Kristallzüchtung festigen können.

Auf dem Gebiet der Kristallisation von Solarsilicium konnte das IISB gemeinsam mit seiner Freiburger Außenstelle, dem Fraunhofer-Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM, Maßnahmen zur Vermeidung der Ausscheidungsbildung erarbeiten und durch experimentelle Analysen und numerische Simulation wertvolle Erkenntnisse über den Wärme- und Stofftransport in den großen Siliciumschmelzen für die vor Ort ansässige Industrie gewinnen. Diese Kenntnisse haben dazu geführt, dass der Industriepartner die Prozessbedingungen in der industriellen Herstellung von multikristallinen Siliciumblöcken so optimieren konnte, dass es zu einer Ausbeutesteigerung kam.

Im Bereich der Hochleistungsbauelemente auf Basis von Siliciumkarbid steht die Untersuchung von Kristallfehlern im Vordergrund, die die Langzeitstabilität der Bauelemente beeinträchtigen können. Dabei konnten gemeinsam mit den Industriepartnern Maßnahmen erarbeitet werden, die es erlauben, spezielle Kristalldefekte bei der Epitaxie weitestgehend zu vermeiden, was eine wichtige Grundlage für eine höhere Zuverlässigkeit der Bauelemente darstellt. Darüber hinaus wurde mittels Synchrotron-Weißlicht-Röntgentopographie (SXRT) an der Angströmquelle Karlsruhe (ANKA) nachgewiesen, dass heute übliche Ätzverfahren zur Klassifizierung von unterschiedlichen Versetzungstypen bei SiC mit $n > 10^{19} \text{cm}^{-3}$ nicht selektiv genug arbeiten. Um solche Kristallfehler bei diesem Material klassifizieren zu können, ist die Abscheidung einer niedrig dotierten Epitaxieschicht notwendig, bei der bestätigt werden konnte, dass das



Ätzverfahren selektiv arbeitet.

Auf dem Gebiet der Erderkundungs-, Sicherheits- und Medizintechnik besteht ein großer Bedarf an neuen Materialien zur Detektion energiereicher Strahlung. Diese Detektoren sollen eine höhere Genauigkeit bei gleichzeitig geringerer Strahlenbelastung ermöglichen. Je nach Anwendungsgebiet sind aber unterschiedliche Strahlenquellen und Detektormaterialien notwendig. Die Eigenschaften dieser Werkstoffe limitieren heute in vielen Fällen die Anwendung dieser Materialien als Detektoren und behindern deren Marktdurchdringung. Das IISB hat in Kooperation mit Industriepartnern begonnen, den Einfluss der Herstellungsbedingungen von speziellen Detektormaterialien auf deren Materialeigenschaften zu untersuchen, als Voraussetzung, das Marktpotenzial dieser Materialien zu erhöhen.

Im Bereich „Simulation“ wurde die Software „CrysMAS“, die das Hauptprodukt der Abteilung Kristallzüchtung darstellt, weiter bezüglich einfacherer Nutzung und Verfügbarkeit spezieller physikalischer Modelle auf die Kundenbedürfnisse zugeschnitten. Darüber hinaus hat die Abteilung Kristallzüchtung ihre Kompetenzen im Bereich thermischer Simulation erfolgreich für ihre Industriepartner, speziell aus dem Bereich des Ofenbaus, eingesetzt, um die Entwicklung neuer Anlagengenerationen für die Kristallzüchtung, aber auch für die Prozessierung von Silicium- oder Siliciumkarbid-Wafern, voranzutreiben. Im Rahmen des BMBF-Spitzenclusters „Solarvalley Mitteldeutschland“ leisten die Simulationsergebnisse der Abteilung Kristallzüchtung außerdem einen kleinen Beitrag, um die Kosten für die Herstellung von Solarstrom weiter zu senken.

Zur Stärkung des internationalen Renommées der Abteilung Kristallzüchtung trugen nicht zuletzt auch mehrere eingeladene Vorträge auf internationalen Konferenzen sowie die Mitarbeit in diversen nationalen und internationalen Fachgremien auf dem Gebiet der Kristallzüchtung bei. Darüber hinaus hat die Abteilung Kristallzüchtung mehrere Veranstaltungen organisiert. Für die Erhöhung der Kristallausbeute bei der Produktion von Solarsilicium wurde die Abteilung Kristallzüchtung mit dem „Georg Waeber Innovationspreis“ des Fördervereins Mikroelektronik e.V. ausgezeichnet. Die komplementären Untersuchungen der Versetzungstypen in SiC mit Ätzverfahren und Röntgentopographie wurden mit dem „Best Poster Award“ des „ANKA User Meetings“ sowie mit dem „Student Poster Award“ der „International Conference on SiC and Related Materials“ geehrt.

Die Abteilung Kristallzüchtung arbeitet eng mit 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 761-269

jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

1 *Dr. Jochen Friedrich,
Abteilungsleiter*

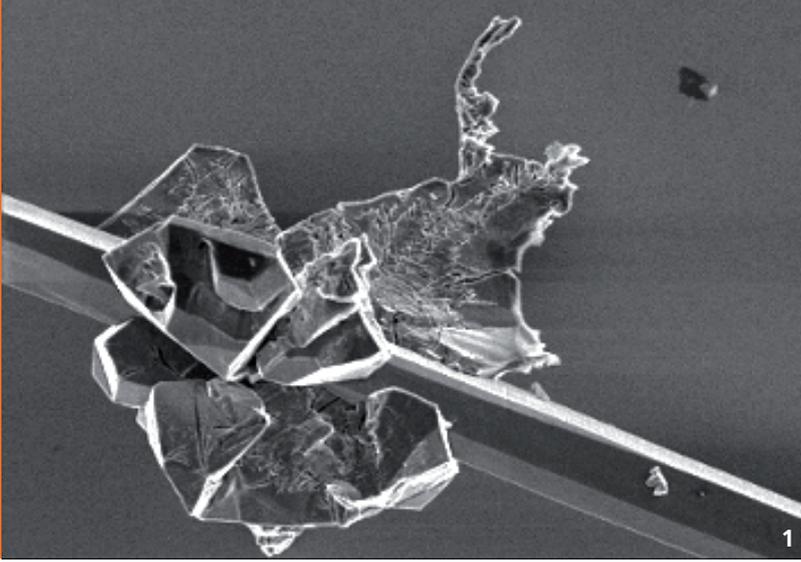
Mikrostruktur in multikristallinem Silicium für die Photovoltaik und deren Beeinflussung durch die Kristallisation

Die Photovoltaik basiert heute und auch in Zukunft auf kristallinen Siliciumsolarzellen. Für deren Herstellung werden kostengünstige Siliciumkristalle mit maßgeschneiderten Eigenschaften benötigt, aus denen dünne Scheiben („Wafer“) für die Solarzellenfertigung geschnitten werden.

Die Siliciumkristalle, genannt Blöcke, entstehen durch kontrollierte Kristallisation aus der rund 1500 °C heißen Siliciumschmelze. Ein wichtiges Kriterium für die Wirtschaftlichkeit bei der Kristallisation der Siliciumblöcke ist die Waferausbeute pro Block. Diese wird neben anderen Faktoren durch den Gehalt an Kohlenstoff- und Stickstoff-Verunreinigungen im Silicium bestimmt. Während des Erstarrungsprozesses des Siliciumblocks können durch die Wechselwirkung des Siliciums mit Einbauten der Ofenanlagen und dem Tiegelmateriale Materialfehler in Form von Siliciumcarbid- und Siliciumnitrid-Ausscheidungen entstehen. Diese sind aufgrund ihrer gegenüber Silicium größeren Härte problematisch für die anschließenden Sägeprozesse. Zudem können sie aufgrund der Ausbildung von Kurzschlussströmen den Wirkungsgrad der Solarzellen verschlechtern. Diese Bereiche müssen aussortiert werden und mindern somit die Waferausbeute pro Block.

Hier setzt das Fraunhofer IISB an: Es forscht an seinem Hauptstandort in Erlangen sowie in seiner Außenstelle, dem Fraunhofer-Technologiezentrum für Halbleitermaterialien THM in Freiberg, im Auftrag des Industriepartners SolarWorld AG an einer Optimierung des Kristallisationsprozesses im Hinblick auf eine Vermeidung der Ausscheidungsbildung zur Erhöhung der Waferausbeute pro Block. Aufgabe war es, ein tiefgehendes Verständnis für die Mechanismen der Bildung dieser schädlichen Kristallfehler zu erarbeiten. Gemeinsam haben die Forscher von Fraunhofer und Industrie durch grundlegende experimentelle und theoretische Untersuchungen herausgefunden, dass eine gut gerührte Schmelze die Ausscheidungsbildung verhindert. In Zonen geringer Strömungsgeschwindigkeit, sogenannten „Totwasserzonen“ im Bereich des fest-flüssig-Phasenübergangs, können sich Verunreinigungen aufstauen und dann zu Ausscheidungen im festen Silicium führen. Durch Kristallisationsversuche im Labormaßstab und durch Computersimulation konnte dies bestätigt werden. Damit wurden die wissenschaftlichen Voraussetzungen geschaffen, um durch verfahrenstechnische Maßnahmen die unerwünschten Ausscheidungen bei der industriellen Fertigung von multikristallinen Siliciumkristallen zu reduzieren beziehungsweise ganz zu vermeiden.

Um diese Bedingungen in der industriellen Produktion zu erreichen, entwickelten die Forscher



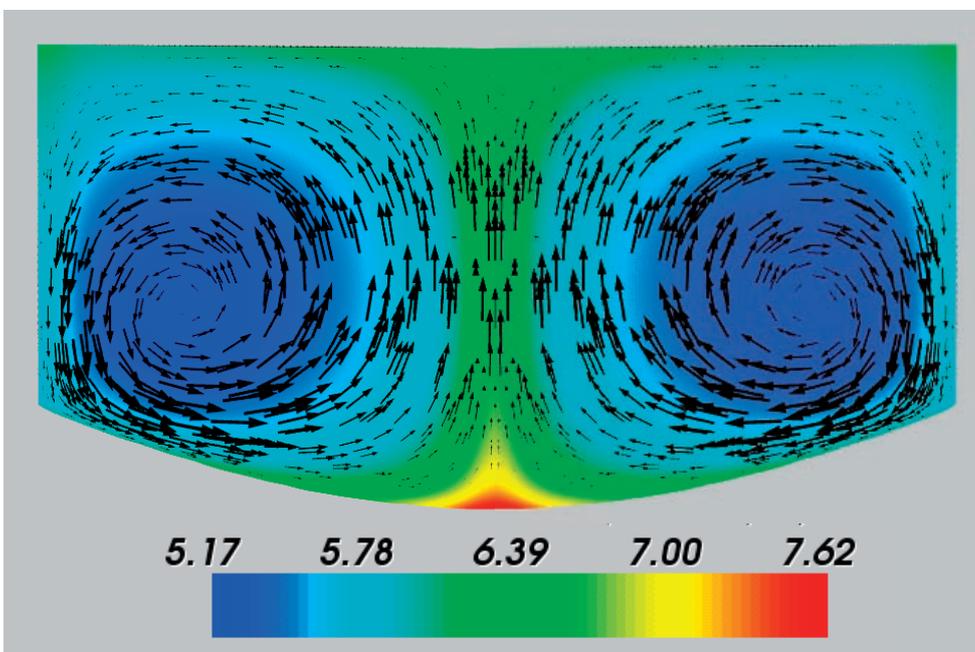
1

die Idee, optimierte Magnetfelder zur Beeinflussung der Strömung in der Siliciumschmelze zu nutzen. Mit Unterstützung von Computersimulationen und speziellen Messtechniken wurden die Produktionsanlagen so optimiert, dass die Totwasserzonen während der Kristallisation vermieden und die Ausbeute deutlich gesteigert werden konnte. Die damit einhergehende Kostenreduktion ist eine wichtige Voraussetzung dafür, dass sich das Wachstum der Photovoltaik auch in den nächsten Jahren fortsetzt.

Diese Arbeiten wurden mit dem „Georg Waeber Innovationspreis“ des Förderkreises für die Mikroelektronik e.V. ausgezeichnet.

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

1 *SiC-Kristallite, gewachsen an einem Si_3N_4 -Stab, wie sie in multikristallinem Silicium gefunden werden*



2 *Berechnete Kohlenstoffverteilung in 10^{18} Atomelcm³ innerhalb der Siliciumschmelze nach 1 h Kristallisation*

Ansprechpartner

Dipl.-Min. Christian Reimann

Tel.: +49 (0) 9131 761-272

christian.reimann@iisb.fraunhofer.de

Nachweis von Kristalldefekten in 4H-SiC mittels Röntgentopographie und defektselektiven Ätzens

4H-Siliziumcarbid (SiC) ist im Bereich der Hochvolt- und Leistungselektronik anderen Halbleitermaterialien aufgrund seiner physikalischen Eigenschaften überlegen. Die ersten kommerziellen SiC-Bauelemente sind seit 2001 erhältlich, und die Entwicklung weiterer Leistungsbauelemente schreitet voran.

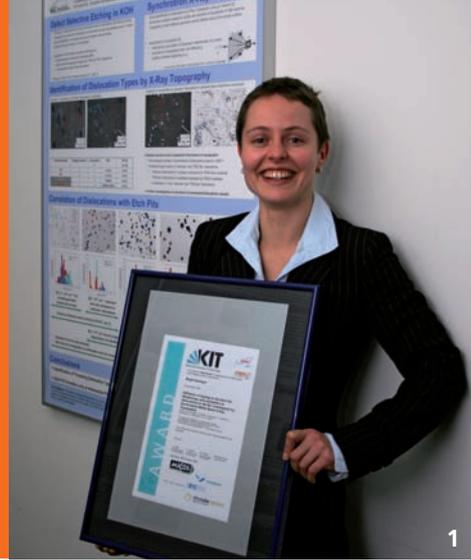
Auch Kristallqualität und Durchmesser der 4H-SiC-Wafer konnten in den vergangenen Jahren nachhaltig verbessert werden. Wichtiges Ziel der Materialentwicklung bleibt aber weiterhin, den Zusammenhang zwischen Kristalldefekten und Bauelementeigenschaften aufzuklären und die als schädlich identifizierten Defekte gezielt mittels geeigneter Prozesse bei Materialherstellung und Bauelementprozessierung aus dem Material zu entfernen. Hierdurch ist eine weitere Steigerung der Bauelementausbeute und damit der Attraktivität des alternativen Halbleitermaterials 4H-SiC zu erwarten.

Seit 2007 wird am Fraunhofer IISB zu dieser Thematik ein Forschungsvorhaben in Zusammenarbeit mit den Partnern SiCrystal, SiCED, Infineon Technologies und dem Lehrstuhl für Angewandte Physik der Universität Erlangen-Nürnberg durchgeführt.

Im Fokus der Material- und Prozessentwicklung im Projekt sind zurzeit unter anderem linienhafte Materialdefekte, sog. Versetzungen. Ihre Gesamtzahl liegt bei 4H-SiC-Wafern typischerweise in der Größenordnung von 10^4 cm^{-2} . Allerdings muss zwischen verschiedenen Typen von Versetzungen differenziert werden, die sich hinsichtlich struktureller Eigenschaften und Auswirkungen auf die Bauelementfunktionalität unterscheiden.

Standardmäßig setzt die Industrie für den Nachweis und die Identifizierung von Versetzungen seit Jahren das Verfahren des defektselektiven Ätzens ein. Bei diesem Verfahren werden die Durchstoßpunkte von Versetzungen an der Probenoberfläche mit Ätzgruben dekoriert. Die Ätzgruben können anschließend an einem Lichtmikroskop mittels eines automatisierten Verfahrens klassifiziert und gezählt werden. Bisher ging die Fachwelt davon aus, dass die unterschiedlichen Versetzungstypen mit diesem Verfahren eindeutig anhand der Größe und Form der Ätzgruben identifiziert werden können.

Im Rahmen des Forschungsprojekts wurde eine umfangreiche Vergleichsstudie zur Identifizierung der Versetzungen mittels defektselektiven Ätzens sowie mittels Röntgentopographie am Synchrotron ANKA durchgeführt. Hierbei konnte bewiesen werden, dass alle Versetzungstypen nur bei niedrig Stickstoff- bzw. Aluminium-dotiertem SiC mit dem Ätzverfahren identifiziert werden können. Im Fall von hoch Stickstoff-dotiertem SiC ist keine eindeutige Unterscheidung zwischen den verschiedenen Versetzungstypen anhand der Ätzgrubengröße mehr möglich. Die



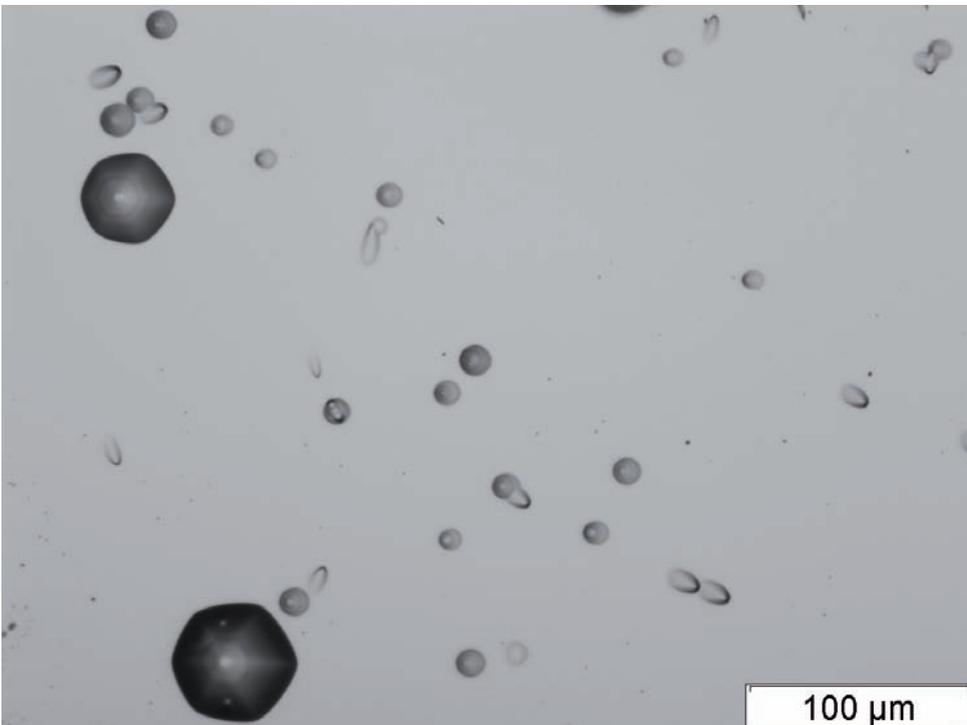
1

entsprechenden Angaben in der Literatur sind somit nicht allgemein gültig, was Auswirkungen auf die Aussagekraft bisheriger Charakterisierungsprozeduren hat. Die Resultate stellen auch eine Herausforderung für die Forschung dar: Neue Ätzverfahren sind gefragt, um auch für hohe Stickstoffdotierungen die Versetzungstypen eindeutig bestimmen zu können.

Diese Ergebnisse wurden beim diesjährigen Treffen der Nutzer der Synchrotronquelle ANKA in Karlsruhe und ebenfalls auf der „International Conference on Silicon Carbide and Related Materials“ (ICSCRM2009) in Nürnberg vorgestellt. Für diese Posterbeiträge wurden Birgit Kallinger und ihre Partner der Firma SiCrystal AG und der Kristallographie der Universität Freiburg sowohl mit dem „Best Poster Award“ des ANKA-Nutzertreffens als auch mit dem „MANSIC Poster Award“ der ICSCRM2009 ausgezeichnet.

Die vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des von der Bayerischen Forschungsförderung geförderten Projekts „KoSiC“ (AZ-720-06) durchgeführt.

1 *Die strahlende Preisträgerin:
Birgit Kallinger mit dem
„Best Poster Award“*



2 *Ätzgruben an der Oberfläche
eines hoch Stickstoff-dotierten
4H-SiC-Wafers*

Ansprechpartner

Birgit Kallinger

Tel.: +49 (0) 9131 761-273

birgit.kallinger@iisb.fraunhofer.de

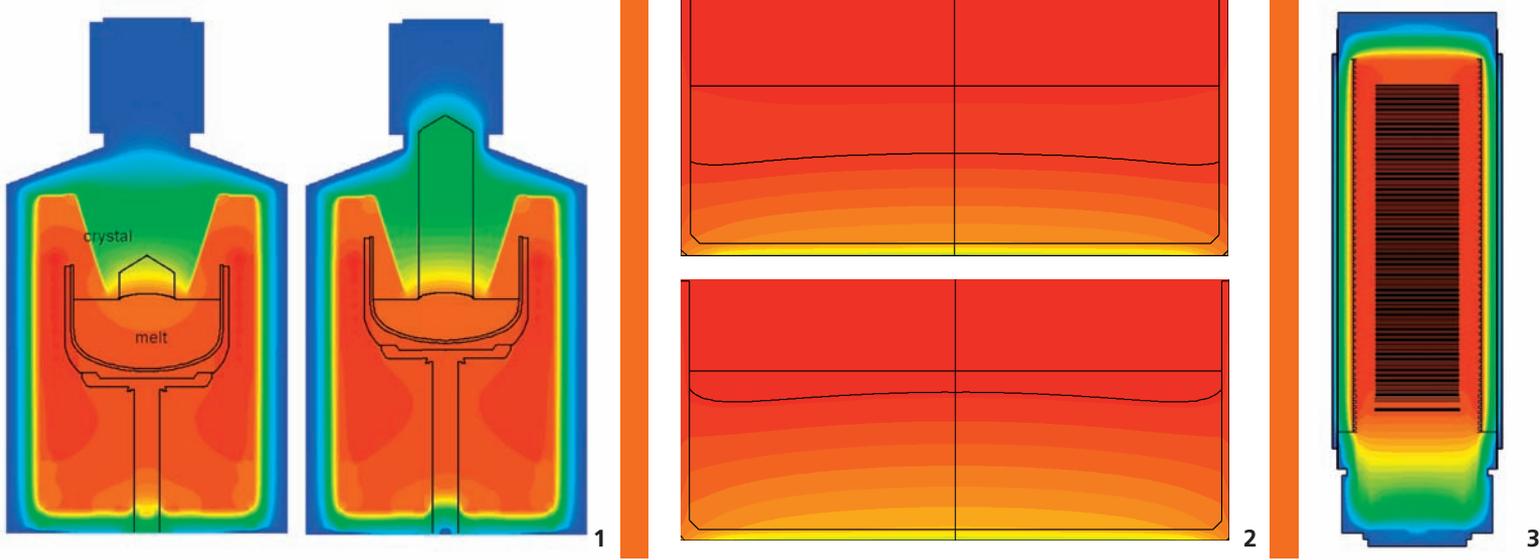
Thermische Modellierung von Kristallzüchtungsanlagen und Hochtemperaturanlagen zur Halbleiterprozessierung

Zur Auslegung von Hochtemperaturanlagen und Prozessen wird am Fraunhofer IISB und am Fraunhofer-Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM zu einem großen Teil die selbstentwickelte Software „CrysMAS“ eingesetzt. Das Programm ermöglicht eine schnelle und benutzerfreundliche Simulation von Wärmetransportprozessen, insbesondere auch der bei hohen Temperaturen entscheidenden Wärmestrahlung.

Im Rahmen der BMBF-Spitzenclusterinitiative „Solarvalley Mitteldeutschland“ ist das IISB mit seiner Außenstelle THM in Freiberg an Teilprojekten zur Unterstützung der Entwicklung von Anlagen und Prozessen zur Herstellung von Photovoltaik-Silicium nach dem Czochralski-Verfahren (siehe Abb. 1) beteiligt. Bei diesem Verfahren wird ein einkristalliner Impfkristall in die Schmelze getaucht und dann kontrolliert so wieder herausgezogen, dass ein großer Einkristall entsteht, welcher anschließend in Scheiben zur Herstellung von Solarzellen zersägt wird. Im Rahmen der Spitzenclusterinitiative soll das Verfahren experimentell sowie durch begleitende Simulationsrechnungen für die speziellen Erfordernisse der Photovoltaik optimiert werden, z.B. durch eine Verringerung des notwendigen Energieeinsatzes und eine Erhöhung der Ziehgeschwindigkeit. Die Simulation kann hier wertvolle Beiträge liefern, in dem der Einfluss konstruktiver Änderungen, z.B. im Isolationsaufbau und in der Gestaltung von Hitzeschilden, im Voraus abgeschätzt werden kann.

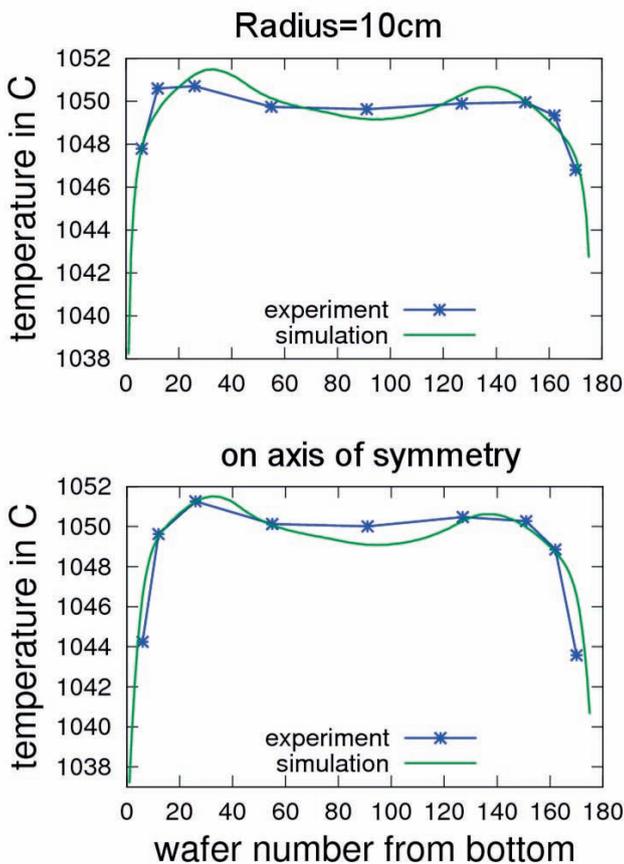
Ein alternatives Verfahren ist die Blockerstarrung von multikristallinem Silicium, bei der eine Siliciumschmelze in einem Tiegel kontrolliert von unten nach oben erstarrt (siehe Abb. 2). Der Vorteil hier sind die geringeren Kosten gegenüber dem oben erwähnten Czochralski-Verfahren. Ein inhärentes Problem dieser Methode ist, dass es nicht möglich ist, den Verlauf der Erstarrungsfront während des Prozesses zu beobachten. Hier kann die Simulation Hinweise zur Prozessentwicklung und Optimierung der Erstarrungsgeschwindigkeit liefern.

Auch nach der Herstellung des kristallinen Grundmaterials werden Halbleiter einer Reihe von Hochtemperaturprozessen ausgesetzt, z.B. Temper-, Diffusions- und Oxidationsprozessen. Das Fraunhofer IISB begleitet die Entwicklung solcher Anlagen und Prozesse mit Simulationsrechnungen. Die Herausforderung dabei besteht darin, dass zum Beispiel bei der Oxidation um 1000 °C zur Erzielung ausreichend homogener Oxidschichtdicken die Temperaturdifferenz über einen Stapel von 175 Wafern 2 °C nicht überschreiten darf (siehe Abb. 3). Diese Aufgabe



stellt die Simulation aufgrund der Wechselwirkung der Wärmestrahlung zwischen allen Wafer-Oberflächen vor große Herausforderungen, da die sogenannten Sichtfaktoren zwischen allen Oberflächenelementen berechnet werden müssen. Im gezeigten Beispiel (Abb. 3) konnte nach Anpassung der Software diese Aufgabe durch parallele Berechnungen auf 128 Prozessoren gleichzeitig innerhalb weniger Stunden gelöst werden. Abb. 4 zeigt, dass dabei eine sehr gute Übereinstimmung mit experimentell aus Oxiddicken abgeleiteten Temperaturen erreicht wird und dass damit das Modell für eine Optimierung der Anlage verwendet werden kann.

- 1 Modell einer Czochralski-Anlage in 2 Züchtungsstadien, Ofen-Details entfernt
- 2 Berechnetes Temperaturfeld in Siliciumschmelze und -kristall sowie Form der fest-flüssig-Phasengrenze bei der gerichteten Erstarrung für unterschiedliche Prozesszeiten
- 3 Modell eines Ofens zur Oxidation von 175 Silicium-Wafern mit berechnetem Temperaturfeld, Ofendetails entfernt
- 4 Berechnete und experimentell bestimmte Temperaturen über ausgewählte Wafer in der Oxidationsanlage



Ansprechpartner

Dr. Thomas Jung

Tel.: +49 (0) 9131 761-264

thomas.jung@iisb.fraunhofer.de

HALBLEITERFERTIGUNGSGERÄTE UND -METHODEN

Schwerpunkte, Trends und Potenziale

Primäre Zielsetzung ist die Unterstützung von Geräte- und Materialfirmen mit gerätenaher FuE sowie Prozessentwicklung, Prozesscharakterisierung und die fertigungsnahe Evaluierung. Für die erforderliche Multidisziplinarität und die technologische Breite ist die Vernetzung innerhalb des Institutes und mit industrienahen Forschungseinrichtungen im In- und Ausland von besonderer Bedeutung, ebenso die Zusammenarbeit mit den Halbleiterherstellern. An dem Erfolg der Abteilung sind drei Gruppen beteiligt: „Geräte und Prozessautomatisierung“, „Kontamination und Materialien“ und „Fertigungssteuerung und Produktivität“. Aus diesen werden im Folgenden kurz die Arbeitsschwerpunkte und wichtige Aktivitäten aus dem Jahre 2009 beschrieben.

Die Gruppe „Geräte und Prozessautomatisierung“ arbeitet hauptsächlich an der Entwicklung von innovativen Prozesskontrollsystemen auf der Basis integrierter Messtechnik und Sensoren. Forschungsschwerpunkte bilden die in situ- bzw. inline-Integration von Messsystemen in Prozessgeräte, virtuelle Messtechnik, die Realisierung von Systemen zur Fehlererkennung und -klassifizierung, Messtechnik zur Charakterisierung von Geräten und Prozessen, und die modellbasierte Regelung. Die Anpassung an neue Materialien und Prozessabläufe sowie die Demonstration der Implementierungen erfolgt an Einzelprozessgeräten oder an Mehrkammerprozessanlagen (Cluster Tools). Für Gerätehersteller ist besonders die Schließung der Lücke zwischen Geräteforschung und -entwicklung und der Anwendung in den Halbleiterfirmen von besonderer Bedeutung.

Im Berichtszeitraum lag ein Arbeitsschwerpunkt auf dem erfolgreichen Abschluss des von der EU geförderten „Integrierten Projektes“ SEA-NET, in dem gemeinsam mit 33 Partnern aus Wirtschaft und Wissenschaft neue und innovative Prozess- und Messgeräte entwickelt, getestet und zur Serienreife gebracht wurden (siehe auch eigener Bericht). Mit dem ENIAC-Projekt IMPROVE wurde darüber hinaus ein 3-jähriges Forschungsprojekt zur Effizienzsteigerung in der europäischen Halbleiterfertigung begonnen. Mit einem Gesamtbudget von 37,7 Millionen Euro und über 30 Partnern aus sechs Ländern handelt es sich hierbei um das derzeit größte geförderte Projekt zur Fertigungsoptimierung. Der Schwerpunkt der Forschung liegt in den Bereichen „virtuelle Messtechnik“, „vorausschauende Instandhaltung“ und „variable Qualitätskontrolle“. Die Gruppen der Abteilung sind an allen Forschungsarbeiten direkt beteiligt und zudem mit dem Management eines Forums für Gerätehersteller betraut.



Die Gruppe „Fertigungssteuerung und Produktivität“ bearbeitet die Themen Automatisierung, Fertigungssteuerung, Logistik und Qualitätskontrolle. Das Leistungsangebot umfasst die Konzipierung und Realisierung von vorwärts- und rückwärtsgekoppelten Steuerungen/Regelungen (Feed-Forward bzw. Feedback), neue statistische Auswerteverfahren (z.B. Bayesische Netzwerke) zum adaptiven Produktmonitoring, prädiktive Wartung sowie Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen für Geräte und in der Fertigung auch mittels diskreter Ablaufsimulation. Training und Weiterbildung unter Einsatz von e-Learning-Methoden sowie die Erstellung von Trainingsmaterial speziell für e-Learning gehören ebenso dazu. Ein neues Arbeitsgebiet ist die nachhaltige Fertigung. Hier werden Geräte, Prozesse, Logistik und Infrastruktur auf ihre Optimierung bezüglich eingesetzter Ressourcen unter besonderer Berücksichtigung von Energie-, Wasser- und Chemikalienverbrauch untersucht und Verbesserungsmöglichkeiten entwickelt.

1 Prof. Lothar Pfitzner,
Abteilungsleiter

Schwerpunkte der Arbeiten in der Gruppe „Kontamination und Materialien“ liegen in den Themenbereichen „Wafer Environment Contamination Control“ (WECC), „Reinigungs- und Polierprozesse für Siliciumscheiben“ und „Yield Enhancement“. Diese beinhalten Kontaminationsuntersuchungen unterschiedlichster Materialien, Medien und Geräte, die Weiterentwicklung von Minienvironments für den Transport und die Lagerung von Siliciumscheiben, Polierprozesse für sub-45 nm-Technologien, Doppelseitenpolieren, chemisch-mechanisches Polieren, hazefreies Polieren und optimierte Versorgungsanlagen von Poliermaschinen, weiterhin Reinigungsprozesse für sub-45 nm-Technologien einschließlich Trocknungsverfahren sowie Konditionierungsmethoden für Siliciumoberflächen. Auf der Grundlage umfangreicher Messergebnisse zur Defekterkennung und -charakterisierung werden im Bereich „Yield Enhancement“ grundlegendes Verständnis und fortgeschrittene Modelle entwickelt, um Kontrolle und Vorhersagen zur Ausbeute zu verbessern. Eine führende Rolle wird im europäischen Projekt „ANNA“, einem Verbund europäischer Analytiklabore, eingenommen. Im Rahmen des Projektes „ANNA“ wurde auch eine Akkreditierung des Analytiklabors nach DIN EN ISO 17025 für die Ultraspurenanalytik, die organische Analytik und die Probenpräparation erfolgreich durchgeführt.

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 bei der ITRS, der Internationalen Technologie-Roadmap, ein.

Ansprechpartner

Prof. Lothar Pfitzner

Tel.: +49 (0) 9131 761-110

lothar.pfitzner@iisb.fraunhofer.de

HALBLEITERFERTIGUNGSGERÄTE UND -METHODEN

SEA-NET – ein erfolgreiches europäisches Projekt zu Equipment Assessment

Das integrierte Projekt „SEA-NET“ (gefördert im 6. Rahmenprogramm der Europäischen Kommission) hatte die Evaluierung von Halbleiterfertigungsgeräten zum Inhalt. Das Projekt wurde in 18 Unterprojekte unterteilt: Jedes einzelne hatte die gemeinsame Weiterentwicklung, Evaluierung und schnelle Verbesserung der Fertigungstauglichkeit eines speziellen Mess- bzw. Prozessgerätes für den 65 nm-Technologieknotten und darunter zum Ziel.

In jedem Unterprojekt nahm der Gerätehersteller, mindestens ein Halbleiterhersteller und ein Forschungsinstitut teil (siehe Tabelle). „SEA-NET“ wurde vom Fraunhofer IISB koordiniert. Ein spezielles Unterprojekt, welches übergreifende Forschungsthemen untersuchte und sich um die Dissemination der Ergebnisse kümmerte, übernahm eine Klammerfunktion.

Highlights des Projekts sind:

- neuer Ansatz durch breite projektübergreifende Forschungsaktivitäten
- von 18 Equipment-Assessment-Aktivitäten lieferten 16 sehr gute bis exzellente Ergebnisse
- Unterstützung durch Forschungsinstitute mittels Forschungsaktivitäten und innovativer Ansätze wie virtuelles Equipment Engineering, APC und diskrete Ereignissimulation

Für alle evaluierten Geräte sind „Results Bulletins“ verfügbar, die die wichtigsten Ergebnisse und die erreichten Ziele beinhalten (www.sea-net.info).

Die Ergebnisse von „SEA-NET“ resultieren in zahlreichen Vorteilen für die Geräte- und Halbleiterhersteller: Es wurde ein umfangreiches Netzwerk etabliert, um Geräteentwicklungen und neue gemeinsame Evaluierungsmethoden zu unterstützen und um damit eine schnellere Marktreife zu erreichen. Es wurde eine frühzeitige Zusammenarbeit zwischen Herstellern und Nutzern gefördert. Des Weiteren ermöglichte „SEA-NET“ den Zugang zu renommierten Forschungseinrichtungen wie IMEC, LETI und Fraunhofer. Dies alles führt zur Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Equipment-Industrie.

Auch mittel- bis langfristig gesehen wird „SEA-NET“ die erfolgreiche Einführung von neuem Spitzen-Equipment für die neueste Technologie auf dem internationalen Markt fördern. Dabei wird die etablierte Kooperation von Equipmentherstellern und -nutzern unter Einbeziehung von international angesehenen Forschungsinstituten den europäischen Equipment-Firmen von Nutzen sein. Davon profitieren in besonderer Weise auch die kleinen und mittelständischen

Gerätehersteller, da diese durch die geknüpften Verbindungen im Projekt den neuesten Stand der Technik mitprägen und auch vorgeben können. Dies alles deckt sich mit den Zielen der EU, Forschung und innovative Technologie einzubinden, um eine fortschrittliche Fertigungstechnik zu erreichen.

Basierend auf diesen Erfahrungen und dem Erfolg von „SEA-NET“ wurde im Juni 2010 ein neues Equipment-Assessment-Projekt gestartet.

1 **Tabelle: Unterprojekte und Projektpartner von SEA-NET**

Unterprojekt	Partner (Equipment-Hersteller zuerst)
Semiconductor Equipment for Wafer Bonding with Plasma Activation (CAP-B)	EVGroup, CEA-LETI, Soitec
Pulsed Plasma Immersion Ion Implanter (Pulsion 32 nm)	IBS, CEA-LETI, STMicroelectronics Crolles II
Ruthenium Atomic Vapor Deposition Competitiveness in Nanoelectronic Device Generations (Racing)	AIXTRON AG, Fraunhofer IISB, Infineon Munich
Plasma Enhanced Deposition of Thin Films in Batch Type Reactor (PEDBAR)	Centrotherm, R3T, Fraunhofer IISB, Qimonda
Linear Dynamic Deposition PVD for Production of Metal Gate Electrodes (LDD)	Singulus Technologies AG, Fraunhofer IISB, Qimonda
Extreme Scaling of Low-k Dielectric for sub 45 nm BEOL Roadmaps (Excaliber)	IMEC, NXP Belgium NV, ASM-I (sub-contractor)
Dicing System Based on Thermal Laser Separation (TLS-Dicing)	Jenoptik Automatisierungstechnik GmbH, Fraunhofer IISB, Infineon Villach
Monitoring system for air-borne molecular contamination (MOSAIC)	Draeger Safety, Fraunhofer IISB, MCRT
A Process tool for Nanotubes and Nanowires in IC technology (Pro-Nano)	Oxford Instruments Plasma Technology, IMEC
Front-End-Of-Line Single Wafer Cleaning (SIWAC)	SEZ, IMEC, NXP Netherlands, Qimonda
Carrier Cleaner (Fab-Clean)	DMS, Fraunhofer IISB, STMicroelectronics Crolles II
Low Energy and Dose Implant Test (Lead-IT)	Semilab, Fraunhofer IISB, STMicroelectronics Crolles II, NXP Crolles R&D
Wafer Surface Measurement System plus (WSMSplus)	GeMeTec mbH, IMEC, NXP Netherlands
Metrology Using X-Ray Techniques (MUXT)	Jordan Valley, CEA-LETI, STMicroelectronics Crolles II, NXP Crolles R&D
Advanced overlay evolution for critical photolithography processes dedicated to 45 nm technology and below (ADORE)	KLA-Tencor, CEA-LETI, STMicroelectronics Crolles II
Ultimate Metal Contamination Wafer Mapper (Metal-Map)	Semilab, Fraunhofer IISB, MEMC Italy
Improved Source and Optics for X-Ray Metrology Tools (ISOX)	Jordan Valley UK, Xenocs, IMEC, Fraunhofer CNT, Qimonda
3D Integration of Bulk Si Wafers (3DB)	EVGroup, CEA-LETI, STMicroelectronics Crolles II

Ansprechpartner

Dr. Richard Öchsner

Tel.: +49 (0) 9131 761-116

richard.oechsner@iisb.fraunhofer.de

HALBLEITERFERTIGUNGSGERÄTE UND -METHODEN

Potenzial von Equipment Assessment am Beispiel eines TLS-Dicers

Wie im Überblicksartikel zu „SEA-NET“ beschrieben, leitete das Fraunhofer IISB bis 2009 ein 3½-jähriges Projekt zur Optimierung und Evaluierung neuer Halbleiterfertigungsgeräte. Eines dieser innovativen Geräte war das „TLS Dicing“-System der Firma Jenoptik.

Beim „Thermischen Laserstrahl-Separieren“ (TLS) werden Mikrochips nicht durch Sägen oder Ablation, sondern durch ein definiertes Spalten des Wafers vereinzelt. Die technologische Basis hierfür ist die geschickte Kombination von Wärmeeinwirkung mittels Laser und direkt nachfolgender Kühlung, die definierte Spannungen im Material erzeugt und dieses spaltet.

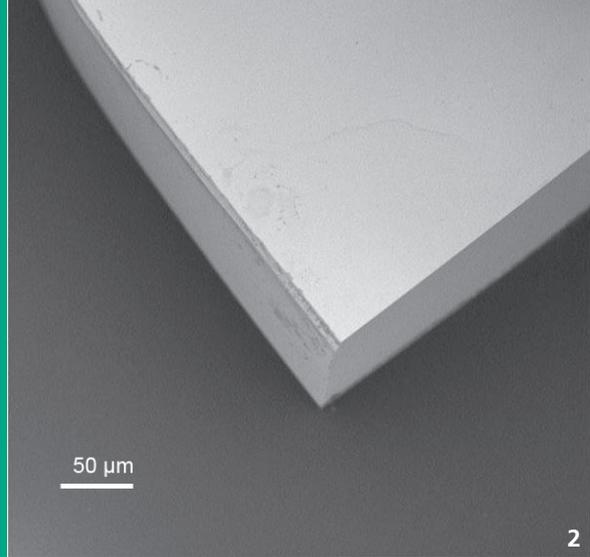
Jenoptik hatte zu Beginn des Projekts bereits einige Erfahrung mit dem TLS-basierten Trennen von Glas, Keramiken und anderen spröden Materialien. Eine Übertragung der Technologie in die Halbleiterfertigung zum Trennen von Wafern lag nahe – warf aber auch eine Vielzahl technischer Fragen auf, insbesondere weil die Halbleitertechnologie mit ihren vielfältigen Anforderungen (z.B. im Hinblick auf Reinheit, Standards, Materialien, oder spezielle Verfahren) Neuland für den Industriepartner darstellte. Für diese vielschichtige Aufgabenstellung bot nun die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IISB im Rahmen des „SEA-NET“ Projekts ein ideales Arbeitsumfeld.

Für die gemeinsame Entwicklung konnte das IISB ein vollständiges „Ökosystem“ zur Verfügung stellen: Dieses reicht vom breiten Erfahrungshorizont in der Entwicklung, Evaluierung und Optimierung von Geräten und Prozessen, bis hin zur vollständigen Mess- und Analysetechnik zur Charakterisierung von Geräten, Prozessen und Wafer-Qualitätsparametern.

Nach der Definition der Spezifikationen (z.B. im Hinblick auf den Geräteaufbau, den Prozessablauf und einzuhaltende Standards) erfolgte die Entwicklung in mehreren Schritten: Zunächst wurden die Anforderungen der Halbleiterfertigung auf das TLS-System übertragen und verschiedene Gerätekomponenten angepasst. Dazu gehörte beispielsweise die Optimierung der Strömungsverhältnisse im Gerät, oder die Verwendung hochreiner Bauteile. Des Weiteren mussten die im Halbleiterumfeld gebräuchlichen Standards (z.B. für Datenkommunikation, graphische Benutzeroberfläche oder Waferhandhabung) berücksichtigt und umgesetzt werden. Die wesentlichen technischen Herausforderungen, für die gemeinsam Lösungen erforscht und entwickelt wurden, lagen in der optimierten Rissführung, einer angepassten Prozesskühlung,



1



2

sowie der Geschwindigkeit und Präzision der Achsen – immerhin müssen Toleranzen von unter 10 µm beim Trennen eingehalten werden.

Im Anschluss an die Entwicklung fand die Evaluierung des TLS-Systems gemeinsam mit einem Bauelementehersteller statt. Das System konnte am IISB in einem industrienahen Umfeld getestet werden. Zum Testprogramm gehörte neben Marthontests und Untersuchungen zur Partikelfreiheit insbesondere die Bewertung der Kantenqualität. Fig. 2 macht die im Projekt erreichte Kantenqualität deutlich. Neben dieser hervorragenden Kantenqualität sind als wesentliche Ergebnisse die hohe Trenngeschwindigkeit von 300 mm/s und der verschnittfreie Trennvorgang zu nennen, wodurch ein engeres Packen einer größeren Anzahl von Chips auf einem Wafer ermöglicht wird.

„TLS-Dicing“ zählte zu den erfolgreichsten Unterprojekten von „SEA-NET“. Der entwickelte TLS-Dicer erhielt auf der SEMICON West 2008 die „Best of West“-Auszeichnung für Innovation. Jenoptik und das Fraunhofer IISB befinden sich über den erfolgreichen Abschluss des Projekts hinaus in enger Zusammenarbeit zur weiteren Optimierung und Applikationsentwicklung, um das Potenzial der neuen Technologie breit nutzbar zu machen – beispielsweise im Hinblick auf Bauelemente mit aufgrund der absolut glatten Kante optimalen optischen oder elektrischen Eigenschaften.

- 1 „TLS-Dicer“ der Firma Jenoptik zum thermischen Laserstrahl-Separieren von Mikrochips (Bild: Jenoptik)
- 2 Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme einer Chipkante nach dem Vereinzeln mit dem „TLS-Dicer“

Ansprechpartner

Dipl.-Ing. Martin Schellenberger

Tel.: +49 (0) 9131 761-222

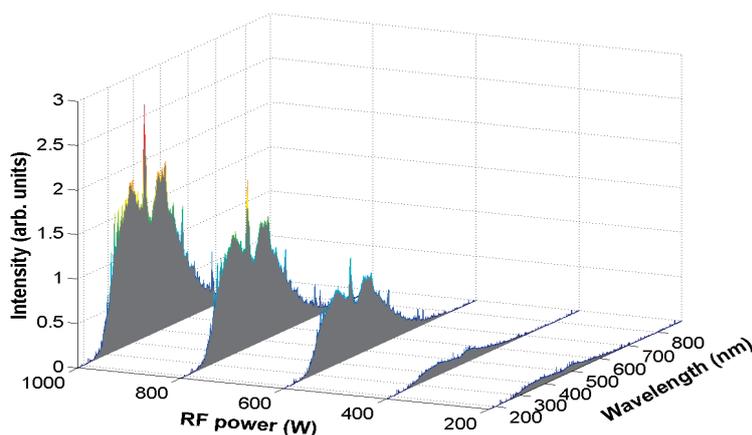
martin.schellenberger@iisb.fraunhofer.de

HALBLEITERFERTIGUNGSGERÄTE UND -METHODEN

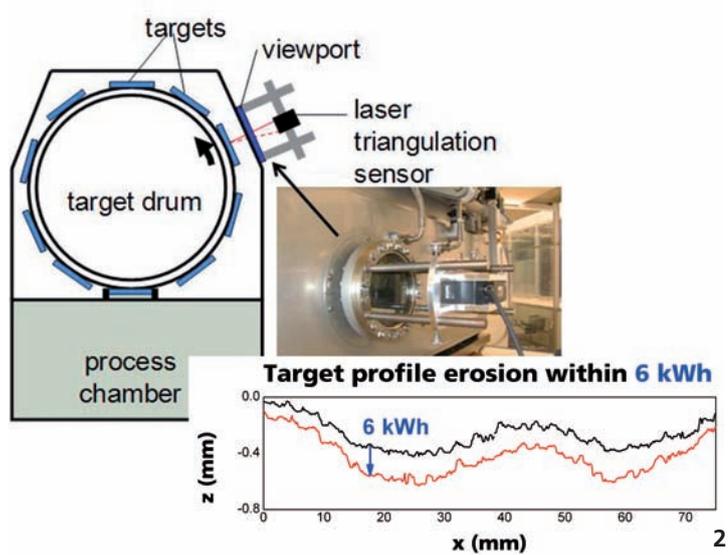
Automatisierte Prozesskontrolle (APC) für das Equipment Assessment

Im Rahmen des im 6. EU-Forschungsrahmenprogramm geförderten Integrierten Projekts „SEA-NET“ (Semiconductor Equipment Assessment for NanoElectronic Technologies) wurden insgesamt 18 Unterprojekte zum Assessment neuer Halbleiterfertigungsgeräte erfolgreich durchgeführt. Diese Aktivitäten wurden effizient durch Querschnittsprojekte unterstützt, um generische Entwicklungsarbeiten durchzuführen, die bei verschiedenen Gerätetypen in gleicher Form auftreten. Ein Ziel dabei war es, automatisierte Prozesskontrollverfahren basierend auf integrierter Messtechnik bereits beim Equipment-Assessment zu entwickeln, zu testen und verfügbar zu machen. Die hierbei verfolgten technischen Zielsetzungen und erhaltenen Ergebnisse werden im Folgenden für verschiedene Prozessbeispiele dargestellt.

Bei abnehmenden Strukturabmessungen in der Halbleitertechnologie ist es erforderlich, ultrafache p-n-Übergänge beispielsweise mittels Plasma-Immersionen-Ionenimplantation herzustellen. Zur Charakterisierung einer neuentwickelten Plasma-Immersionen-Implantationsanlage wurde die optische Emissionsspektroskopie eingesetzt, mit der die Plasmazusammensetzung in situ aus der Lichtemission des Plasmas bestimmt werden kann. Durch Analyse der Plasmazusammensetzung können wesentliche Kontrollparameter der Anlage, wie beispielsweise die Fragmentierung der Ausgangsgase in Abhängigkeit von den Parametereinstellungen der Plasmaquelle sowie Restgas- und Kontaminationseinflüsse durch Fotolack bestimmt und optimiert werden (Abb. 1).



1 *Spektrum eines BF_3 -Plasmas in Abhängigkeit der HF-Quellenleistung einer Plasma-Immersionen-Implantationsanlage*



2

2 *Lasertriangulationssystem für die Targetvermessung beim linearen dynamischen Magnetron-Sputtern*

Beim Kathodenzerstäubungsprozess (Sputtern) wird Kathodenmaterial durch beschleunigte Ionen aus dem Plasma abgetragen und auf einer Scheibe abgeschieden. Dabei kommt es zur Erosion der Kathode (Target) und in der Folge zu einer Beeinflussung des gewünschten Prozessergebnisses. Bei Überschreitung der Target-Lebenszeit kann es zudem zur Kontamination der abgeschiedenen Schicht kommen. Für die Erprobung einer neuen Anlage für das lineare dynamische Magnetron-Sputtern wurde daher ein Target-Messsystem entwickelt, mit dem durch ein Fenster in der Prozesskammer mittels Laser-Triangulation die Targetoberfläche und die für den Betreiber nicht sichtbare Erosion vermessen werden kann (Abb.2). Dadurch ist es möglich, Prozessparameter basierend auf aktuellen Targetprofilaten zu regeln und durch eine Endpunktkontrolle das kostspielige Targetmaterial optimal auszunutzen.

Für die Entwicklung eines neuen 300 mm-Mini-Batch-Plasmareaktors für die Abscheidung dünner Schichten wurde die optische Emissionsspektroskopie in einer Zweikanalanordnung verwendet. Hierbei kann durch eine innovative Integrationslösung des Spektrometers die Plasmageneration, die mit zwei unterschiedlichen Anregungsverfahren erfolgt, optimal und homogen über das Reaktorvolumen eingestellt und kontrolliert werden.

Mithilfe von Massenspektroskopie wurde ein Abscheidemodul für die gepulste MOCVD dünner Rutheniumschichten optimiert. Hierdurch können die komplexen Abscheideprozesse, die in mehreren Einzelschritten durchgeführt werden, bezüglich der Stabilisierungszeiten und des Einspritzverhaltens der Precursoren verbessert und kontrolliert sowie grundlegende Mechanismen der Abscheidung untersucht werden.

Innerhalb des Projektes „SEA-NET“ konnten für verschiedene Anwendungsbereiche Lösungen für die automatisierte Prozesskontrolle mittels integrierter Messtechnik bereits während des Assessments neuer Halbleiterfertigungsgeräte erfolgreich umgesetzt werden. Daraus ergaben sich wesentliche Vorteile durch verkürzte Entwicklungszeiten der Anlagen. Diese frühzeitige, erfolgreiche Erprobung der Kontrollverfahren ermöglicht zudem eine hohe Akzeptanz, auch komplexe Messmethoden als Bestandteil der automatisierten Prozesskontrolle innerhalb des Equipments zu etablieren.

Ansprechpartner

Dr. Georg Roeder
 Tel.: +49 (0) 9131 761-234
 georg.roeder@iisb.fraunhofer.de

Schwerpunkte, Trends und Potenziale

Die Herstellung und Charakterisierung dünnster Schichten für die Nanotechnologie, die Integration neuartiger Materialien in die Siliciumtechnologie, die Bearbeitung mikroskopischer Strukturen mittels Ionenstrahltechnik und die Entwicklung von Bauelementstrukturen der Leistungselektronik und der Mikrosystemtechnik sind die Forschungsschwerpunkte und Kompetenzen der Abteilung Technologie im Bereich Halbleiter- und Nanotechnologie.

Für die Durchführung der Arbeiten stehen in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente der Universität Erlangen-Nürnberg mehr als 600 m² Reinraum (Klasse 10) mit entsprechender Gerätetechnik zur Verfügung. Ein von der Industrie transferierter CMOS-Prozess ist in der Prozesslinie des IISB implementiert und an die speziellen Anforderungen eines Forschungsinstitutes angepasst. Dieser Gesamtprozess bildet die Basis, die Einzelprozessentwicklung für zukünftige Bauelemente zu stärken und eine Erprobung von neuen Prozessen im Umfeld eines bekannten Prozesses zu ermöglichen.

Im Bereich Front-End-Prozessentwicklung und Charakterisierung elektronischer 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. Die Kompetenzen des IISB liegen dabei in der Anpassung der Prozessierung an die jeweilige Precursorenchemie, in der Abscheidung aus allen Arten von Precursoren und in der Charakterisierung von Hoch-Epsilon- und metallischen Schichten.

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 Leistungsbauelementetechnologie, stellt einen Schwerpunkt der Aktivitäten dar. Ein weiterer Fokus ist die Untersuchung von Kontamination während der oder durch die Implantation. Dazu wurde eigens ein Computerprogramm entwickelt, in dem nahezu alle Elemente und Verbindungen als Kontaminationsquelle implementiert sind.

Seit bereits mehr als 15 Jahren arbeitet das IISB im Bereich Leistungsbaulemente und SiC. Dafür stehen dem Institut spezielle Anlagen zur Herstellung von Trenchstrukturen und zu deren Wiederbefüllung zur Verfügung. Daraus ergeben sich vielfache Möglichkeiten der Entwicklung



neuartiger Bauelementstrukturen in der Leistungselektronik. So konnte erfolgreich eine Smart-Power-IGBT-Technologie mit Grabenisolation implementiert werden. Dies ermöglicht es der Abteilung, den Bereich der Fertigung von Hochvoltbauelementen mit lateralen Isolationen weiter auszubauen. Zur Ergänzung dieser Aktivitäten laufen Arbeiten zum Design von ASICs im integrierten Leistungsbauelementesektor. Mittlerweile können am IISB nahezu alle in der CMOS-Technologie bekannten Fertigungsschritte auch an SiC-Scheiben durchgeführt werden. Die Entwicklung notwendiger neuartiger Prozessschritte wie Hochtemperaturausheilung und Epitaxie ist weiter fortgeschritten.

1 *Dr. Anton Bauer,
Abteilungsleiter*

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. Bestimmung von Grenzflächenzuständen mittels Lebensdauerermessung.

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 Rasterelektronenmikroskopie 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 aus dem Challenge-Programm der Fraunhofer-Gesellschaft ermöglichten Beschaffung der wesentlichen Laborgeräte für den Tintenstrahldruck anorganischer Materialien wurde die Basis für die Entwicklung gedruckter elektronischer Bauelemente gelegt. Mittlerweile können ausgehend von der Nanopartikelsynthese Tinten entwickelt und auf den unterschiedlichsten, maßgeschneidert vorbehandelten Substraten mittels direkt strukturierender Techniken aufgetragen werden. Die thermische Nachbehandlung zur Einstellung der elektrischen Schichtparameter schließt die Prozesskette ab.

Ansprechpartner

Dr. Anton Bauer

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

anton.bauer@iisb.fraunhofer.de

Kontrolle der Tinten-Substrat-Wechselwirkungen beim Druck elektronischer Strukturen

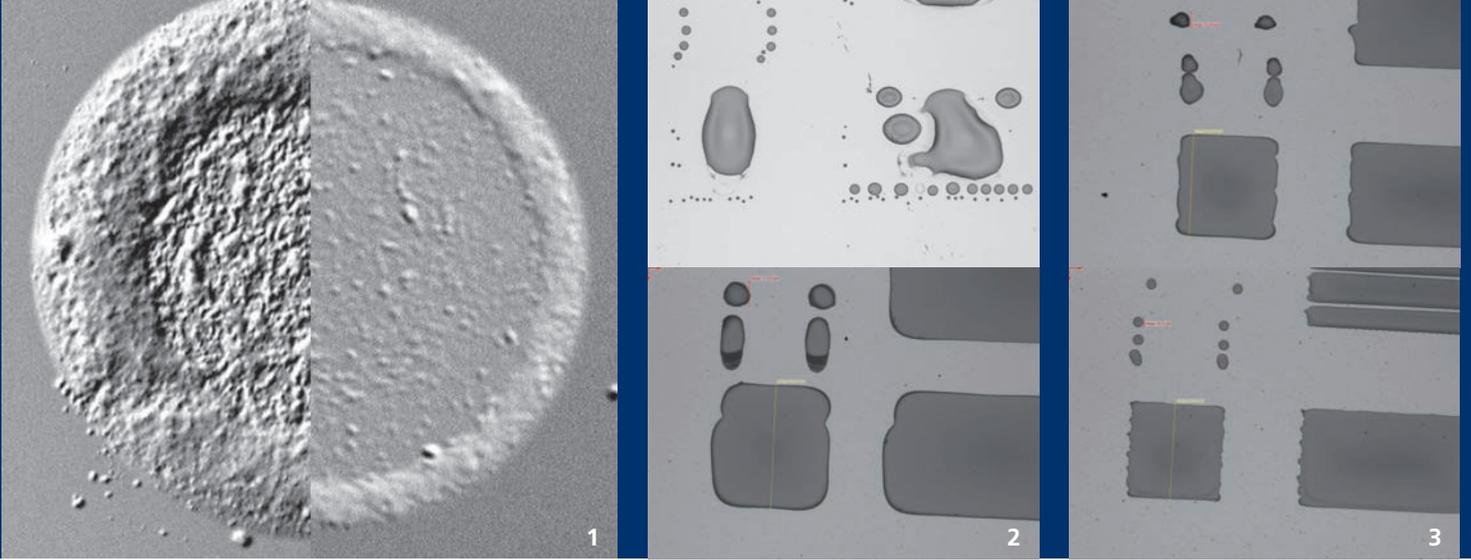
Der Druck elektronischer Funktionsmaterialien verspricht eine kosteneffiziente Möglichkeit für die Herstellung von Schaltungen mit im Vergleich zur Siliciumtechnologie geringen Anforderungen an Komplexität und Leistungsfähigkeit auf großflächigen Substraten. Am IISB ist in Kooperation mit dem Lehrstuhl für elektronische Bauelemente mittlerweile die gesamte Prozesskette von der Tintenformulierung bis hin zur Bauelementecharakterisierung etabliert.

Die Anforderungen an die gedruckten Strukturen gehen dabei weit über die Erfordernisse des Graphikdrucks hinaus. Während bei letzterem durch das begrenzte Auflösungsvermögen des menschlichen Auges eine relativ grob gerasterte Wiedergabe für subjektiv hochwertige Druckergebnisse ausreichend ist, müssen elektronische Funktionsstrukturen, z.B. Leiterbahnen, vollständig in geschlossener Form ausgeführt werden, um ihre Funktion zu gewährleisten. Darüber hinaus sind die Vermeidung von Trocknungsrisen, nicht zuletzt auf der Mikrometerskala, und eine hohe Auflösung entscheidend für die Leistungsfähigkeit der Anwendung. Eine homogene Dickenverteilung ist für geschichtete Bauelementstrukturen wie Metall-Isolator-Halbleiter-Stapel und unter Zuverlässigkeitsaspekten unerlässlich.

Wichtige Einflussgrößen für die Verteilung der Tinte bzw. des mittels Tinte transportierten Feststoffs auf einem Substrat sind das Benetzungsverhalten, die Dampfdrücke der verwendeten Lösungsmittel, der Feststoffgehalt in der Tinte und die Prozesstemperatur. Die Optimierung des Druckbilds muss für jede Kombination aus Funktionsmaterial und beteiligten Substraten separat vorgenommen werden.

Das Fließverhalten von Tinten auf einem Substrat wird in erster Linie durch die Oberflächenspannung der verwendeten Lösungsmittel bestimmt. Der Feststoffgehalt (Nanopartikel) hat in den untersuchten Tinten (Abb. 1) zunächst keinen Einfluss auf die Ausbreitung der Tinte, ist jedoch ebenso wie die Dampfdrücke der beteiligten Lösungsmittel und die Viskositätsverteilung innerhalb des Tropfens entscheidend für die letztendliche Materialverteilung. Durch diffusionsbedingte Umverteilung der Nanopartikel lässt sich in Fig. 1 der so genannte Kaffeeringeffekt beobachten.

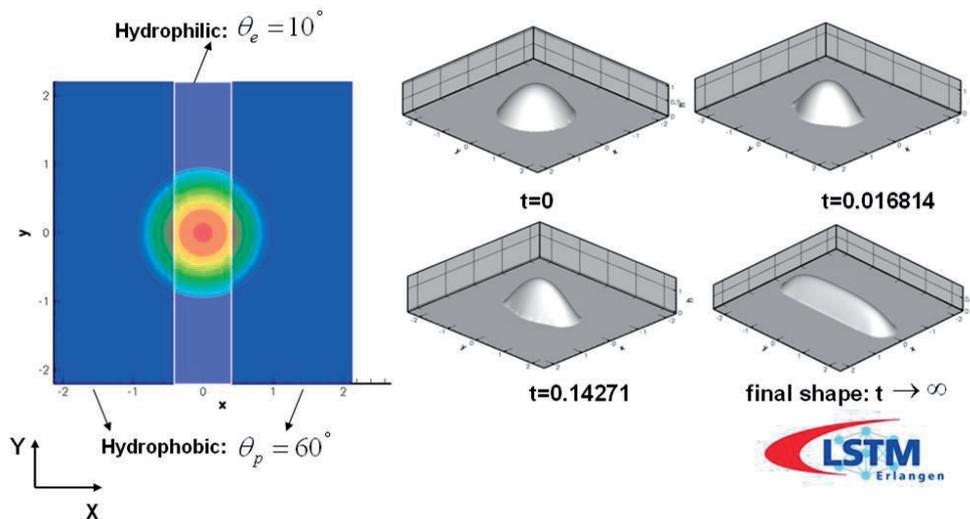
Die gezielte Steuerung der Ausbreitung lässt sich zudem über die Auswahl eines geeigneten Substrats (Abb. 2) beziehungsweise die Oberflächenmodifikation durch Plasmabehandlung oder



geeignete Terminierung des Substrats realisieren. Beispielsweise konnte durch Anlagerung von HMDS-Molekülen aus der Gasphase eine PECVD-SiO₂-Oberfläche so hydrophobiert werden, dass mit einer ethanolbasierten Silber-Nanopartikel-Tinte ein optimiertes Druckbild mit einer Auflösung von etwa 40µm Tropfengröße erreicht wird (Fig. 3).

Die Vielzahl der Einflussparameter und möglichen Herangehensweisen legt die simulationsunterstützte Optimierung des Druckprozesses nahe. In einer über das Exzellenzcluster „Engineering of Advanced Materials“ an der Universität Erlangen ermöglichten Kooperation mit dem Lehrstuhl für Strömungsmechanik werden Simulationsmodelle für Tropfenausbreitung und Trocknungsprozesse entwickelt. Diese werden auf fortgeschrittene Fragestellungen, wie z.B. den Druck auf Substrate mit inhomogener Verteilung der Oberflächenenergie, angewandt (Abb. 4).

Die experimentellen Arbeiten zur Drucktechnik wurden durch das Fraunhofer-Challenge-Programm ermöglicht.



- 1 *Einzelne Tropfen (ca. 50µm) von Al₂O₃-Nanopartikel-Tinten mit unterschiedlichen Feststoffgehalten zeigen vergleichbares Fließverhalten. Der Kaffee-ring-Effekt ist bei der höher konzentrierten Tinte (links) schwächer ausgeprägt*
- 2 *Beeinflussung des Druckbilds durch Substrateigenschaften. Druck einer Silber-Nanopartikel-tinte auf organischem Isolator (oben, starke Entzuchtung) und PECVD-SiO₂ (unten, starke Benetzung)*
- 3 *Eine Plasma-Oberflächenbehandlung (oben) verringert die Benetzung deutlich; das optimale Druckbild ergibt sich nach Oberflächenterminierung mit Hexamethyldisilazan (HMDS, unten)*
- 4 *Verbesserung der Auflösung durch vorstrukturierte Substrate. Der aufgetragene Tropfen wird aufgrund der Verteilung der Oberflächenenergie in den hydrophilen Bereich „gezogen“*

Ansprechpartner

Dr. Michael Jank

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

michael.jank@iisb.fraunhofer.de

Einstellung der effektiven Austrittsarbeit von Metall / Hoch-Epsilon-Stapeln mittels Ionenimplantation

Im Zuge fortschreitender Miniaturisierung in der CMOS-Technologie stößt die Verwendung der klassischen Materialien des Gate-Stapels – Polysilicium als Gate-Elektrode und SiO_2 als Dielektrikum – an Grenzen. Effekte wie die Ladungsträgerverarmung im Polysilicium oder steigende Gate-Leckströme aufgrund der immer dünneren Oxide sind Anlass, diese Materialien zu ersetzen.

So werden Gate-Elektroden aus Materialien wie TiN und Dielektrika aus Hafnium-basierten Hoch-Epsilon-Schichten verwendet. Letztere erlauben aufgrund der höheren Permittivitätszahl im Vergleich zu SiO_2 größere Schichtdicken, wodurch der Gate-Leckstrom im erlaubten Rahmen gehalten werden kann. Allerdings wirft die Integration neuer Hoch-Epsilon-Dielektrika ein großes Problem auf: Hochtemperaturprozesse ($\sim 1000\text{ °C}$), wie sie zur Aktivierung von Dotieratomen benötigt werden, führen zu Variationen der Einsatzspannung von MOS-Transistoren.

Zur Vermeidung dieser Variationen werden zwei prinzipielle Ansätze verfolgt:

1. Beim so genannten Gate-last-Ansatz wird das Problem umgangen, indem die Gate-Elektrode erst nach dem Hochtemperaturschritt aufgebracht wird.
2. Beim so genannten Gate-first-Ansatz wird die Spannungsvariation durch die Verwendung von Al_2O_3 - bzw. La_2O_3 -Schichten zwischen Gate-Elektrode und Dielektrikum kompensiert.

Beide Ansätze erhöhen die Prozesskomplexität deutlich und verringern in der Folge den Durchsatz.

Im Rahmen der Arbeit konnte gezeigt werden, dass sich die effektive Austrittsarbeit des Gate-Stapels und somit auch die Einsatzspannung durch Ionenimplantation gezielt einstellen lassen. Die Ionenimplantation kann somit in den Gate-first-Ansatz integriert werden, was die Prozesskomplexität, verglichen mit der Prozessierung von Al_2O_3 - bzw. La_2O_3 -Schichten, nur geringfügig erhöht und somit einen höheren Durchsatz verspricht.

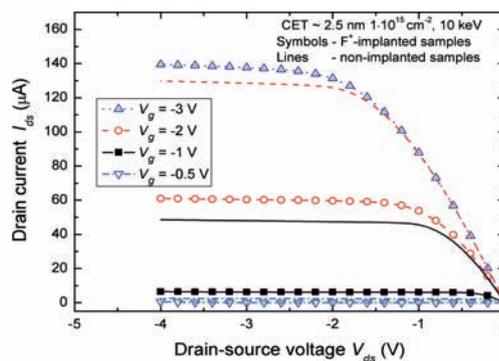
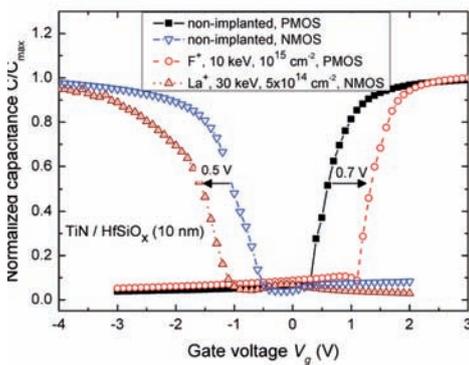
In Experimenten mit TiN/HfSiO_x-Hoch-Epsilon-Gate-Stapeln konnte gezeigt werden, dass sich die effektive Austrittsarbeit durch Lanthan- oder Dysprosiumimplantation verringern lässt, während sie durch Implantation von Fluor erhöht werden kann. Die Änderungen der effektiven Austrittsarbeit durch die Dotierung wird durch die Verschiebung der Kapazitäts-Spannungskur-

ven von MOS-Bauelementen deutlich (Abb. 1).

NMOS- und PMOS-Bauelemente erfordern effektive Austrittsarbeiten von 4,0 eV bzw. 5,1 eV. Die mittels Ionenimplantation erreichten Austrittsarbeiten stimmen gut mit den gewünschten Zielwerten überein: bei Fluor-implantierten PMOS-Kapazitäten wurde ein Wert von 5,1 eV realisiert, bei Lanthan-implantierten NMOS-Kapazitäten ein Wert von 3,9 eV. Entsprechende Verschiebungen konnten auch mit HfO_2 anstelle des HfSiO_x -Dielektrikums realisiert werden.

Die Gate-Leckströme werden durch die Ionenimplantation mit Lanthan oder Dysprosium um bis zu eine Größenordnung erhöht; hier könnte eine Reduzierung der Implantationsenergie zur Verringerung der Strahlenschäden im Dielektrikum noch zu Verbesserungen führen. Die Fluorimplantation hingegen wirkt sich nicht negativ auf den Gate-Leckstrom aus.

Auch PMOS-Transistoren wurden hergestellt und charakterisiert. Es wurde gezeigt, dass sich die Einsatzspannung durch die Implantation mit Fluor gezielt herabsetzen lässt, ohne dabei andere Parameter wie Kanalwiderstand oder -beweglichkeit zu beeinträchtigen. Abb. 2 zeigt Ausgangskennlinienfelder von PMOS-Transistoren mit und ohne Fluorimplantation. Der höhere Drain-Strom mit Fluorimplantation ist ausschließlich auf die resultierende geringere Einsatzspannung zurückzuführen.



- 1 $C(U)$ -Kurven von Lanthan(La^+)-implantierten NMOS- und Fluor(F^+)-implantierten PMOS-Kapazitäten im Vergleich zu nicht implantierten Kapazitäten
- 2 Ausgangskennlinienfelder von PMOS-Transistoren mit und ohne Fluorimplantation; die höheren Drain-Ströme des Fluor-implantierten Transistors sind auf die Reduzierung von dessen Einsatzspannung zurückzuführen

Ansprechpartner

Dr. Volker Häublein

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

volker.haeublein@iisb.fraunhofer.de

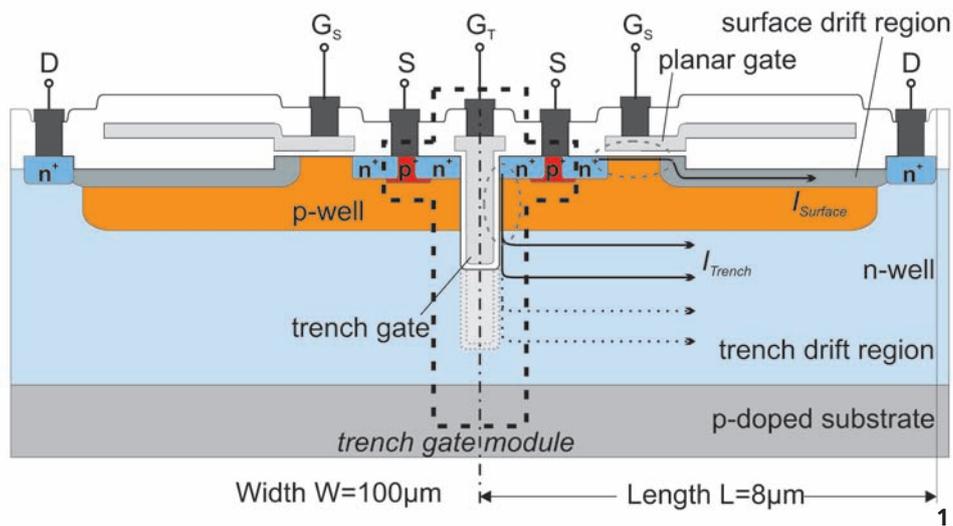
Integration von Trench-Gate-Technologie in planare LDMOS-Bauelemente

Die Gruppe „Bauelemente“ hat neuartige Leistungshalbleiterbauelemente mit verringertem Widerstand im eingeschalteten Zustand entwickelt, indem Grabengates in eine planare Bauelementetechnologie integriert wurden.

Diese neue Klasse von Bauelementen profitiert von einem zusätzlichen Leitungspfad, welcher zu einem verringerten Bauelementewiderstand führt. Dadurch reduzieren sich die Energieverluste während des Betriebs der Bauelemente in einer integrierten Schaltung. Diese Bauelemente verbinden aktuelle Forschung auf dem Gebiet der fortschrittlichen planaren Leistungsbauelemente mit der Grabengate-Technologie durch die Integration des Grabengates in das planare Bauelement. Das Konzept ermöglicht die Beibehaltung aller Herstellungsschritte für die planaren Leistungsbauelemente und bedingt nur wenige zusätzliche Prozessschritte zur Integration der Grabengates. Deshalb ist dieses Integrationsschema für die Erweiterung von Herstellungsprozessen sowohl bei gängigen als auch bei anwendungsspezifischen integrierten Schaltungen ohne großen zusätzlichen Aufwand zu verwirklichen, da Implantationsprofile und Prozessfolgen nicht einfach geändert werden können, ohne bereits bestehende Bauelementeigenschaften direkt zu verschlechtern.

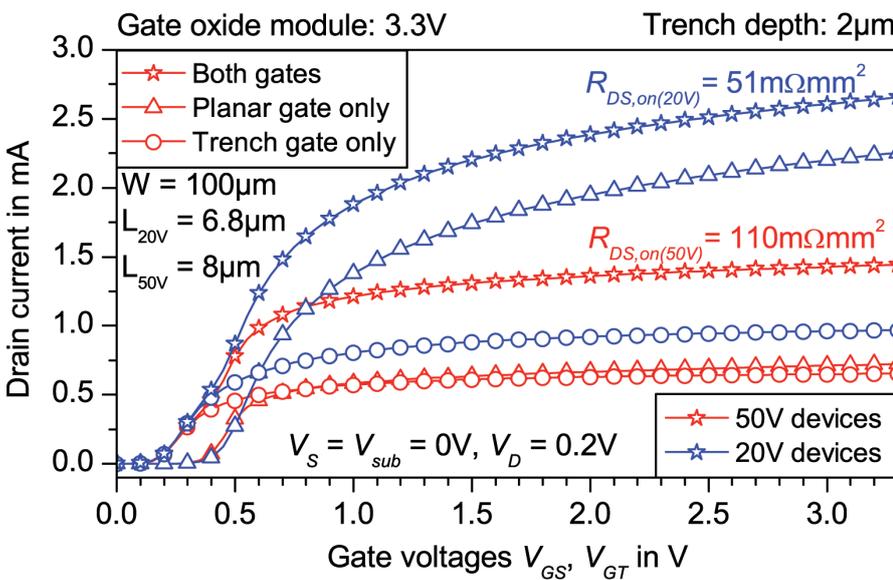
Abb.1 zeigt einen schematischen Querschnitt durch einen lateralen doppelt-diffundierten MOSFET (LDMOS) mit integriertem Grabengate. Diese Klasse der lateralen Leistungsbauelemente wird häufig für die Energiewandlung in komplexen integrierten Schaltungen, z.B. in Smart Power ICs eingesetzt. Dort können keine vertikalen Leistungsbauelemente, wie etwa IGBTs, eingesetzt werden. Die benötigten Gräben werden vor der thermischen Gateoxidation mit einem trockenchemischen Prozess geätzt. Das Grabengate-Modul kann dann zweckmäßig zusammen mit den planaren Gatestrukturen hergestellt werden. Die Graben- und planaren Gates können über die jeweiligen Gateelektroden unabhängig voneinander angesteuert werden. Weitergehende Untersuchungen wurden für Bauelemente unterschiedlicher Spannungsklassen und für verschiedene Grabentiefen durchgeführt.

Eine der kritischen elektrischen Größen für Leistungsbauelemente ist deren Widerstand im eingeschalteten Zustand. Diese beschränkt zum Beispiel die Effizienz von Leistungswandlern aufgrund elektrischer Verluste. Die Übertragungskennlinie eines LDMOS-Bauelements mit integriertem Grabengate wird in Abb.2 mit der des zugrunde liegenden planaren Bauelements verglichen.



Die LDMOS Bauelemente mit integriertem Grabengate zeichnen sich durch eine signifikante Verringerung des Widerstands im eingeschalteten Zustand von bis zu 50% (36% im vorliegenden Fall) im Vergleich zum zugrunde liegenden planaren LDMOS-Bauelement aus, wenn beide Gateelektroden gleichzeitig betrieben werden. Gleichzeitig bleibt die Fähigkeit der Bauelemente, die vorgegebene Spannung zu sperren, trotz der Integration des Grabengates unverändert. Im Reinraum des IISB wurden LDMOS-Bauelemente mit integriertem Grabengate erfolgreich hergestellt und stellen somit die Machbarkeit dieses Ansatzes unter Beweis.

1 Schematische Darstellung des LDMOS-Bauelements mit integriertem Grabengate. Die Stromleitung kann unabhängig voneinander über die planare Gateelektrode oder das Grabengate erfolgen. Das integrierte Grabengate-Modul ist durch die gestrichelte Linie gekennzeichnet



2 Übertragungskennlinien des vorgeschlagenen LDMOS-Bauelements mit integriertem Grabengate im Vergleich zum zugrunde liegenden Standard-LDMOS Bauelement

Ansprechpartner

Dr. Tobias Erlbacher

Tel.: +49 (0) 9131 761-319

tobias.erlbacher@iisb.fraunhofer.de

Schwerpunkte, Trends und Potenziale

Das Jahr 2009 stand ganz im Zeichen des Themas Elektromobilität.

Die Bundesregierung stellte im Rahmen der Konjunkturpakete (KoPa) I und II erhebliche finanzielle Mittel für dieses Thema zur Verfügung und verabschiedete den „Nationalen Entwicklungsplan Elektromobilität“. Dessen Ziel ist es, Deutschland zum Leitmarkt für Elektromobilität zu entwickeln und die Führungsrolle von Wissenschaft, Automobil- und Zulieferindustrie zu behaupten. Die Forschung und Entwicklung, die Marktvorbereitung und Markteinführung von batterieelektrisch betriebenen Fahrzeugen in Deutschland sollen vorangebracht werden und bis 2020 eine Million Elektrofahrzeuge auf Deutschlands Straßen fahren.

Auf der Basis des Konzeptpapiers „Elektromobilität in der FhG“, an dessen Erstellung die Abteilung LES des IISB maßgeblich beteiligt war, konnte das Projekt „Fraunhofer Systemforschung Elektromobilität“ (FSEM) initiiert werden. Ziel dieses Projekts ist es, die Systemkompetenz der Fraunhofer-Gesellschaft (FhG) auf dem Gebiet der Elektrofahrzeuge auszubauen und die FhG zu einem starken FuE-Partner für die deutsche Automobilindustrie zu entwickeln. Für dieses Projekt wurden der FhG 30 Mio. Euro aus dem 500 Mio. Euro-Topf der Bundesregierung für Elektromobilität im Rahmen des KoPa II bewilligt.

In einer offenen Ausschreibung konnten sich alle Fraunhofer-Institute mit Projektbeiträgen bewerben. In dem daraus geformten Projekt, das mit einer Vielzahl an Teilprojekten die gesamte Kette von der elektrischen Energieerzeugung, -verteilung und -umsetzung im Fahrzeug, über Fahrzeugkonzepte, Batterietechnologien und Geschäftsmodelle bis hin zu Fahrzeugdemonstratoren abdeckt, kooperieren mit 33 Fraunhofer-Einrichtungen mehr als die Hälfte der Institute der FhG.

Dr. März leitet als Mitglied des Lenkungskreises des FSEM-Projekts das Schwerpunktprojekt „Elektrische Energieerzeugung, -verteilung und -umsetzung“. Darüber hinaus ist die Abteilung Leistungselektronische Systeme (LES) an mehreren Teilprojekten beteiligt. Hierbei geht es insbesondere um die verschiedensten leistungselektronischen Wandler, die für den Antrieb, das Energiemanagement und die „Betankung“ von Elektrofahrzeugen benötigt werden.

In Kooperation mit dem BMBF konnte 2009 die „DRIVE-E“-Ferienakademie initiiert werden,



die sich an Studenten aus dem gesamten Bundesgebiet wendet. Verbunden damit ist auch die Ausschreibung des „DRIVE-E“-Studienpreises für herausragende Studien- und Diplomarbeiten auf dem Gebiet der Elektromobilität.

1 *Dr. Martin März,
Abteilungsleiter*

Mit Unterstützung aus „KoPa I“-Investitionsmitteln konnte am IISB ein Prüfzentrum für Elektrofahrzeuge errichtet werden, das in dieser Form einzigartig in Deutschland ist. In dem Prüfzentrum können alle Komponenten eines elektrischen Antriebsstrangs getestet, vermessen und elektrisch-thermischen Zuverlässigkeitstests unterzogen werden.

Dazu verfügt das Prüfzentrum über eine Vielzahl an Einzelprüfständen. Ein Antriebsprüfstand, der auch die Vermessung gesamter Fahrzeugachsen erlaubt, dient zur Ermittlung von Drehzahl-Drehmoment und Wirkungsgradkennfeldern elektrischer Fahrzeugantriebe und zur Optimierung von Steuer- und Regelalgorithmen.

Eine mit PKWs befahrbare EMV-Zelle erlaubt die Untersuchung der elektromagnetischen Störemissionen und der Störfestigkeit von Komponenten des elektrischen Antriebsstrangs.

Ein Batterieprüfstand dient zur elektrischen und thermischen Charakterisierung sowohl von Einzelzellen als auch von gesamten Fahrzeugbatteriesystemen. Dazu verfügt der Prüfstand über einen speziell geschützten Container zur Aufnahme des Prüflings. Mit einer Lade- / Entladeleistung von bis zu 150 kW über eine netzrückspeisefähige DC-Quelle und einer Prüflingstemperierung zwischen -40°C und +115°C können auch große Speichereinheiten unter extremen Bedingungen charakterisiert werden.

Ein neuartiges Thermoschocksystem erlaubt erstmals die Untersuchung von Prüflingen mit großer thermischer Masse wie Antriebseinheiten oder Fahrzeugbatterien, die sich klassischen Temperaturwechseltests entziehen.

Kernelement des Prüfzentrums ist ein Allrad-Rollenprüfstand in einem zwischen -25 °C und +45 °C temperierbaren Prüfraum. Damit können Untersuchungen an Gesamtfahrzeugen, z.B. zur Reichweite bei extremen Umgebungstemperaturen, durchgeführt werden. Ein Ziel ist hierbei die Minimierung des Gesamtenergiebedarfs des Fahrzeugs und die Entwicklung optimaler, batterieschonender Betriebsstrategien.

Das Prüfzentrum ist auch ein Angebot an die Fahrzeugindustrie und bietet insbesondere den kleinen und mittelständischen Unternehmen kostengünstigen Zugang zu einzigartiger Prüftechnik und Beratungskompetenz.

Ansprechpartner

Dr. Martin März

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

martin.maerz@iisb.fraunhofer.de

Fügen von Leistungshalbleitern durch Sintern von Silber-Nanopartikeln

Seit Jahrzehnten ist Lötten der Stand der Technik beim Fügen von Halbleiterchips auf Leiterplatten. Der Einsatz der am häufigsten eingesetzten, bleihaltigen Legierungen wurde jedoch wegen gesundheitlicher Bedenken weltweit verboten. Darüber hinaus erfüllen herkömmliche Lotwerkstoffe nicht die Zuverlässigkeitsanforderungen zukünftiger Leistungselektronik. Neue Verbindungstechnologien müssen entwickelt werden.

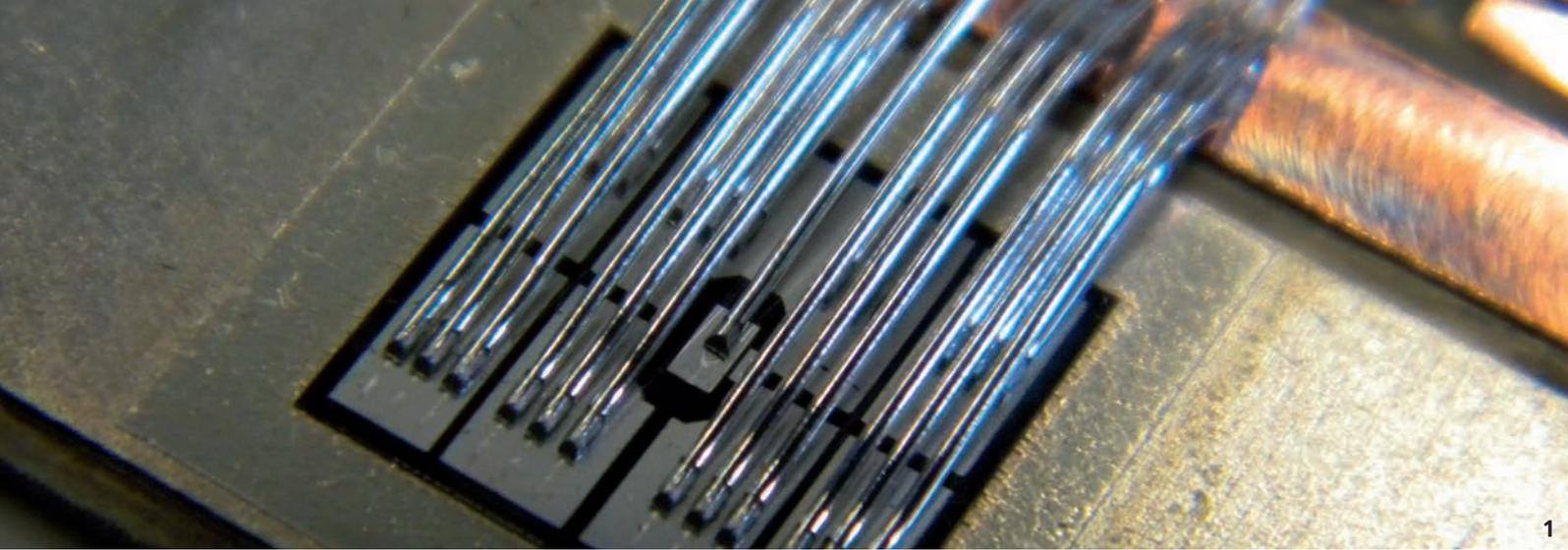
Eine davon ist das Drucksintern von Silberflakes. Aufgrund des hohen Drucks (30-50 MPa) werden dafür große Sinterpressen benötigt. Außerdem können Bauelemente und Keramiksubstrate brechen. Eine vielversprechende Weiterentwicklung ist der Einsatz von nanoskaligen Silberpartikeln. Aufgrund ihrer hohen Oberflächenenergie weisen sie eine verbesserte Sinterfähigkeit auf. Spontanes Versintern bei Raumtemperatur muss durch organische Beschichtungsmaterialien verhindert werden. Das Sinterverhalten wird durch die Kinetik des Abbaus dieser Passivierung, die sich in Luft schneller zersetzt als in sauerstofffreier Umgebung, bestimmt. Wegen des hervorragenden Sintervermögens der Nanopartikel konnte der zum Fügeprozess benötigte Druck um eine Größenordnung reduziert werden.

Um das Sinterverhalten von Verbindungsschichten aus nanoskaligem Silber zu untersuchen, wurden Sinterversuche in Luft und in Stickstoff durchgeführt. Der Sinterfortschritt wurde mit Hilfe eines Laserprofilometers (Nanofocus μ scan CF4) überwacht. Die durchschnittliche Höhe der Schichten vor (d_0) und nach dem Sintern (d) wurde ermittelt und gemäß Gleichung (1) in Dichte umgerechnet. Der Anfangswert p_0 von 45% der theoretischen Dichte von Silber ($10,49 \text{ g/cm}^3$) wurde durch Wiegen und Volumenmessung ermittelt.

Die Ergebnisse zeigen, dass das Sinterverhalten des Nanosilbers unter einem Chip in Luftatmosphäre, der eigentlich interessante Fall, eher mit dem freien Sintern in Stickstoff vergleichbar ist und nicht mit dem in Luft. Die Dichte bleibt niedriger und REM-Bilder zeigen ein feinkörnigeres Gefüge. Dies wird durch die Limitierung der Diffusion von Organik aus der, und von Sauerstoff in die Schicht verursacht. Das Aufbringen von Druck kann den Einfluss auf die Dichte ausgleichen. Der Druck bewirkt mehrere Effekte. Zunächst erhöht er die Packungsdichte durch Neuordnung der Partikel. Außerdem übt er eine mechanische Kraft auf die Passivierungsschichten aus, die dadurch lokal zerstört werden können. Des Weiteren generiert dieser eine weitere Triebkraft für das Sintern.

Die Dichte-Erhöhung von gedruckten Nanosilber-Schichten beim Sintern bei Temperaturen zwischen 200 und 300 °C, Drücken von 0 bis 30 MPa und Zeiten von bis zu 1800 s wurde in

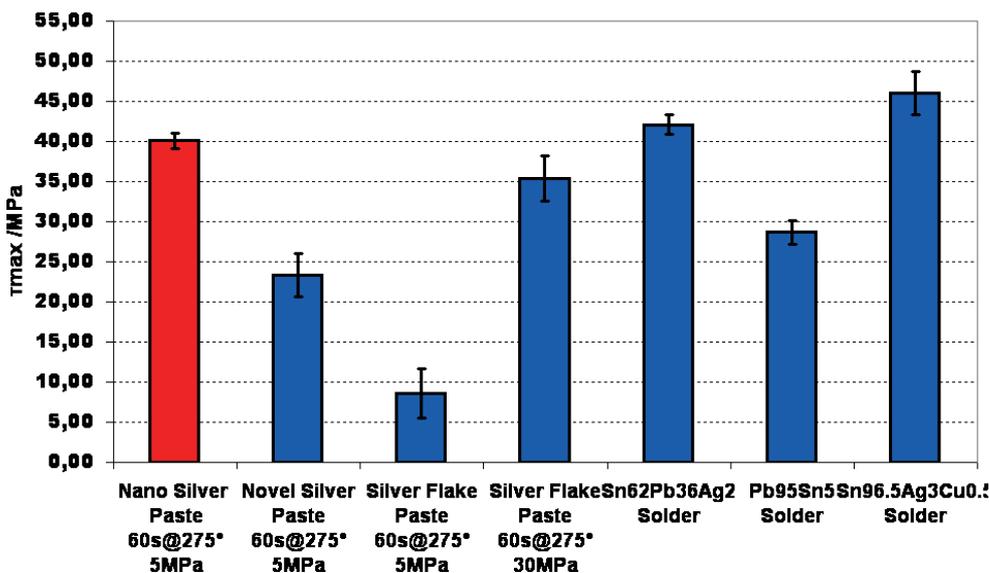
$$p = p_0 \cdot \frac{d_0}{d} \quad (1)$$



drei Messreihen ermittelt. In jeder wurde einer der drei Parameter sukzessive verändert, während die anderen beiden konstant blieben. Der Anstieg der Dichte mit der Zeit ist in den ersten Sekunden des Sinterprozesses sehr hoch. Nach 60 s flacht die Kurve zunehmend ab. Dichte und Temperatur weisen einen weitestgehend linearen Zusammenhang auf. Druck führt ebenfalls zu einer zu höheren Drücken hin abflachenden Dichtekurve. Die Versuche zeigen, dass jede beliebige Dichte zwischen 60 und 90% eingestellt werden kann.

Für Schertests wurden Dummy-Chips aus versilbertem Kupfer aufgesintert. Es wurden dieselben Parameter wie in den Dichteversuchen verwendet. Die Proben wurden in einer Universalprüfmaschine (Lloyd Instruments LRX plus) mit einem speziell entwickelten Werkzeug zerstört. Nach 60 s Sintern bei 275 °C und 5 MPa konnte eine gute Scherfestigkeit von 40 MPa ermittelt werden. Der Verlauf der Kurven der Scherfestigkeit gegen Zeit, Temperatur und Druck gleicht dem der Dichte. Daraus folgt, dass die Festigkeit mit steigender Dichte zunimmt. Im Vergleich zu anderen Verbindungstechnologien, wie verschiedenen Loten oder anderen Sintermaterialien, konnten ähnliche Festigkeiten nachgewiesen werden. Wenn eine Festigkeit von 30 MPa, ungefähr der Wert der schwächsten Loten, als Maßstab herangezogen wird, so ist es möglich, innerhalb einer Sinterzeit von 5 s mit einer Temperatur von 225 °C oder einem Druck von 2 MPa diese Marke zu erreichen.

1 Gesinterter und drahtgebondeter IGBT auf DCB-Substrat



2 Scherfestigkeit verschiedener Lot- und Sinterverbindungen

Ansprechpartner

Andreas Schletz

Tel.: +49 (0) 911 23568-27

andreas.schletz@iisb.fraunhofer.de

Intelligente On-Board-Batterie-Ladegeräte

Die Elektromobilität gilt derzeit als der Hoffnungsträger zum Erhalt einer motorisierten individuellen Bewegungsfreiheit. Mit der vollen Elektrifizierung des Automobils besteht eine realistische Chance, Individualmobilität durch die Nutzung regenerativer Energieerzeuger weitaus ressourcenschonender als bisher zu realisieren.

Als Schüsselement erweist sich nach wie vor die Batterie, die zum Laden ein entsprechend geeignetes Ladegerät benötigt. Hierbei bieten sich generell zwei Möglichkeiten an. Zum einen kann ein externes, stationäres und meist über eine Gleichstromverbindung am Fahrzeug angeschlossenes Ladegerät verwendet werden, oder aber ein mitgeführtes, sogenanntes „On-Board“-Ladegerät. Letzteres eröffnet als intelligente Variante vielfältige, weit über die einfache Ladefunktionalität hinausgehende, Anwendungen.

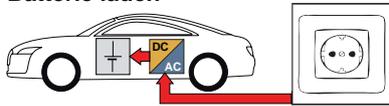
Abb. 1 verdeutlicht die Vorzüge eines intelligenten On-Board-Ladegeräts. Dargestellt sind drei Betriebsmodi, welche sich vor allem durch die sich ergebende Energieflussrichtung unterscheiden. Für den konventionellen Ladebetrieb würde demnach ein unidirektional arbeitendes Ladegerät genügen.

Wird dieses jedoch mittels eines bidirektional arbeitenden DC/DC-Wandlers realisiert, so kann es auch eine 230 V-On-Board-Steckdose, z.B. zum Betrieb eines leistungsstarken Staubsaugers, bereitstellen. Während der Fahrt könnte hiermit ebenfalls ein Notebook geladen werden.

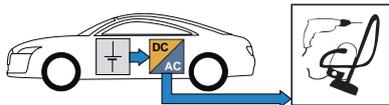
Zukünftig interessant erscheint vor allem der dritte, in Abb. 1 dargestellte, Betriebsmodus. Aufgrund der zunehmenden Anzahl regenerativer Energieerzeuger und deren stark schwankender Einspeiseleistung erfolgt eine Destabilisierung des öffentlichen Versorgungsnetzes. Als Abhilfemaßnahme bietet sich an, die zukünftig zur Verfügung stehende Energiespeicherfähigkeit von Elektrofahrzeugen zur Verbesserung der Netzqualität und, bei genügender Anzahl, auch zur Netzstabilisierung zu nutzen.

Abb. 2 zeigt, wie platzsparend Batterie und On-Board Ladegerät untergebracht werden können. Abb. 3 vermittelt einen Eindruck zum Inhalt der in Abb. 2 gezeigten „smart battery“. Im gewählten Demonstratorfahrzeug (Audi TT) bleibt das zu nutzende Kofferraumvolumen praktisch vollständig erhalten. Möglich wird dies auch durch eine äußerst komprimierte Leistungselektronik des Ladegeräts mit einer entsprechend hohen Leistungsdichte. Zur Veranschaulichung zeigt Abb. 4 ein am Fraunhofer IISB als Demonstrator entwickeltes intelligentes Ladegerät mit der vorangehend beschriebenen, wesentlich erweiterten Funktionalität.

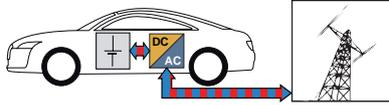
Batterie laden



230 V On-Board Steckdose



Netzqualität verbessern



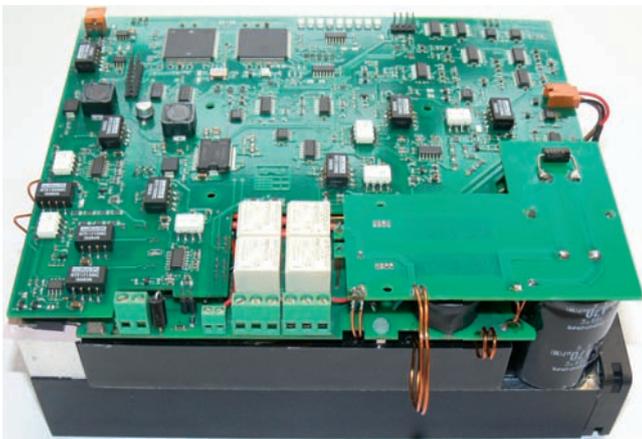
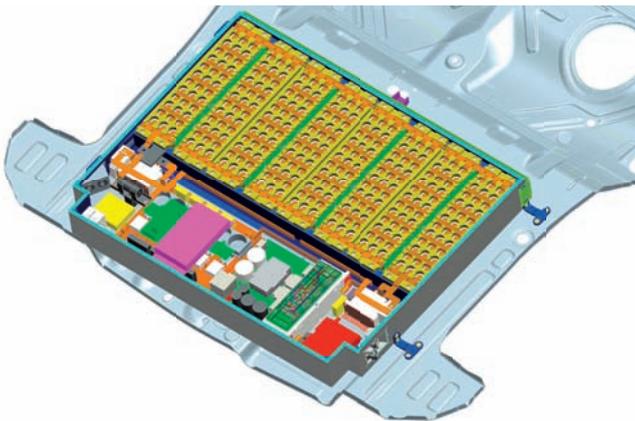
1



2

Deutlich erkennbar ist in Abb. 4 die Steuerplatine. Aufgrund des Einsatzes eines leistungsfähigen Mikroprozessors und eines integrierten Logik-Elements (FPGA) ist der erforderliche Bauelementeaufwand zur Erzielung der gewünschten umfangreichen Funktionalität relativ gering. Neben den eigentlichen Steuer- und Regelungsaufgaben, wie z.B. der Sicherstellung des gewünschten Ladestroms, ist aufgrund der gegebenen Möglichkeit zur Netzeinspeisung eine Vielzahl von Sicherheitsanforderungen zu erfüllen. Hierzu zählt im Einspeisebetrieb z.B. eine Überwachung der Netzspannung, der Netzfrequenz sowie der Netzimpedanz.

- 1 Betriebsmodi eines intelligenten On-Board-Ladegeräts
- 2 Integration des On-Board-Ladegeräts in eine „smart battery“-Darstellung im Demonstratorfahrzeug
- 3 Einbausituation des On-Board-Ladegeräts (CAD)



- 4 Am IISB entwickeltes intelligentes On-Board-Ladegerät

Ansprechpartner

Stefan Ditze

Tel.: +49 (0) 9131 761-225

stefan.ditze@iisb.fraunhofer.de

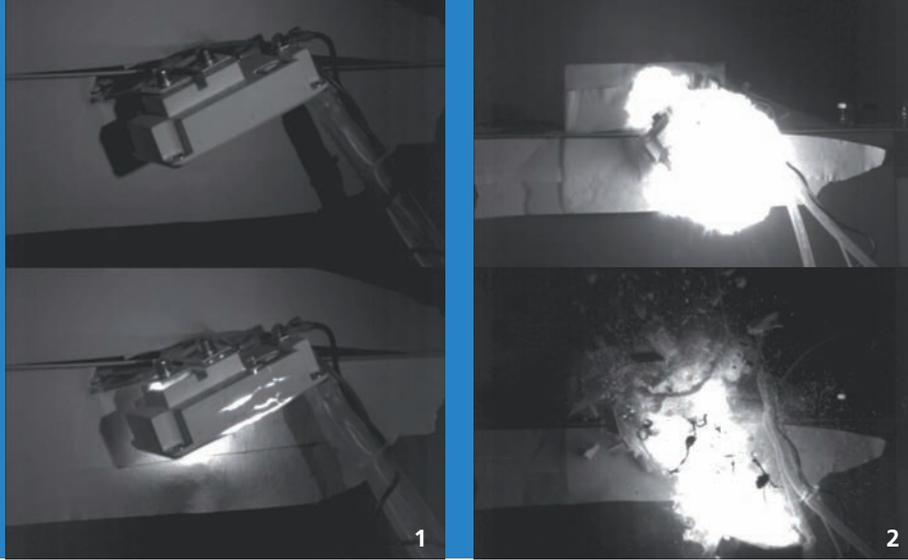
Explosionsschutz für Leistungshalbleiter

Eine große Herausforderung für die moderne Leistungselektronik ist – neben einer zunehmenden Leistungsdichte und Kostenreduktion – vor allem auch eine Steigerung der Zuverlässigkeit. Durch erhebliche Fortschritte im Bereich der Zuverlässigkeit der leistungselektronischen Einzelkomponenten steigt die Verlässlichkeit leistungselektronischer Systeme kontinuierlich an.

In industriellen Großanlagen werden sich jedoch Ausfälle auf absehbare Zeit mit vertretbarem Aufwand nicht vollkommen unterbinden lassen. Da für Großanlagen, z.B. im Bereich der Energieversorgung, Serviceintervalle von mehreren Jahren oder sogar Jahrzehnten vorgegeben sind, muss die Verfügbarkeit der Gesamtanlage über diesen Zeitraum sichergestellt werden. Abhängig von der Anwendung geschieht dies üblicherweise durch eine „n+x“-Redundanz, also eine Reihen- oder Parallelschaltung von Teilsystemen, bei der eine Anzahl von „x“ Teilsystemen als Reserve vorgehalten wird.

Gerade in Großanlagen werden große Mengen Energie bei hohen Spannungen und Strömen umgesetzt. Ausfälle von Leistungshalbleitern oder im Bereich der Ansteuerungselektronik können zu Teilkurzschlüssen und Lichtbögen im System führen, bei denen schlagartig große Mengen Energie frei werden. In einem typischen Anwendungsumfeld großer Leistungstransistoren kann dies der Explosionswirkung von mehreren 10 g TNT entsprechen. Durch die dabei entstehenden Kräfte treten erhebliche Beschädigungen an allen Komponenten in direkter Nachbarschaft zur Fehlerstelle auf. Durch herumfliegende, teilweise leitfähige Trümmerteile und austretende Heißgas- und Plasmawolken können aber auch Komponenten aus anderen Teilsystemen in einem weiten Umfeld beeinträchtigt werden. Hierdurch kann ein Einzelstörfall zu einer Kettenreaktion und somit zu einem Ausfall der Gesamtanlage führen, was durch den redundanten Aufbau vermieden werden sollte.

Ziel der Arbeiten am IISB ist es, durch eine veränderte Konstruktion der leistungselektronischen Systeme die Auswirkungen der Explosion lokal einzudämmen. Das beinhaltet in einem ersten Schritt eine grundlegende Untersuchung der Zerstörungsmechanismen. Dies geschah unter anderem mithilfe von Hochgeschwindigkeitsaufnahmen. Der Verlauf der Explosion eines IGBT-Moduls mittlerer Baugröße komplett ohne Eindämmmaßnahmen ist in den Abbildungen 1 und 2 dargestellt. Im Rahmen der Untersuchung wurden Fehlerfälle mit einem Vielfachen der in diesem Beispiel freigesetzten Energie durchgeführt.



In einem zweiten Schritt wurden unterschiedliche konstruktive Maßnahmen ausgearbeitet und in umfangreichen Messreihen erprobt. Da die Eindämmmaßnahmen auch erheblichen Einfluss auf das thermische Verhalten des Gesamtaufbaus haben, wurden diese ebenfalls thermisch charakterisiert. Weitere Aspekte sind die Auswirkung der Eindämmstoffe auf das Isolationsverhalten sowie eine kostenoptimierte Herstellung.

Im Rahmen dieser Untersuchungen entstanden neuartige Aufbauverfahren für leistungselektronische Aufbauten größerer Leistung. Neben der erwünschten Eindämmung der Zerstörungswirkung bieten diese – im Vergleich zu traditionellen Konstruktionen – erheblich erweiterte Freiheitsgrade für das thermische Design.



Auf Basis der Ergebnisse wurden drei Patente ins Leben gerufen.

Ein Schwerpunkt für weitere Untersuchungen auf diesem Gebiet ist die Störsicherheit von leistungselektronischen Ansteuerschaltungen gegenüber den bei den Explosionen benachbarter Teilsysteme entstehenden elektromagnetischen Feldern.

Ansprechpartner

Markus Billmann

Tel.: +49 (0) 911 23568-20

markus.billmann@iisb.fraunhofer.de

- 1 *Anfangsstadium der Explosion eines 1700 V, 400 A-Einzel-IGBTs ohne Havarieschutzmaßnahme*
- 2 *Fortgeschrittene Explosion eines 1700 V, 400 A-Einzel-IGBTs ohne Havarieschutzmaßnahme*
- 3 *Explosionsgeschützte H-Brücke mit vier IGBT-Schaltern für Spannungen bis zu 4,5kV und Ströme bis zu 1,5kA inkl. Ansteuerelektronik*

Ereignisse

Ingenieure gestalten Zukunft – Das IISB im Dialog mit Jugendlichen auf der „realize your visions 2009“

In den Zeiten eines beschleunigten technologischen Wandels gewinnt die ingenieurwissenschaftliche Nachwuchsförderung immer mehr an Bedeutung. Unter dem Motto „realize your visions – Ingenieure gestalten Zukunft“ hatte der Förderkreis für das Ingenieurstudium e.V. am 11. Februar 2009 zu einer Informationsmesse im Flughafen Nürnberg eingeladen. Die Veranstaltung richtete sich an Schüler oberer Klassenstufen, Eltern und Lehrer und fand bereits zum 10. Mal statt. Regionale Aussteller aus Industrie, Hochschullehre sowie Forschung und Entwicklung zeigten an ihren Messeständen und in verschiedenen Fachvorträgen ein breit gefächertes Informationsangebot zum Ingenieurberuf und spendeten Gewinne für ein Preisausschreiben. Das IISB präsentierte sich dem Publikum als attraktive Forschungseinrichtung mit vielseitigen Betätigungsfeldern im Bereich der Halbleitertechnologie, der Leistungselektronik und der Mechatronik. In zahlreichen Gesprächen mit den zukünftigen Studierenden nutzten Mitarbeiter des IISB und des Lehrstuhls für Elektronische Bauelemente der Universität Erlangen-Nürnberg die Gelegenheit, die ausgezeichneten Perspektiven eines ingenieurwissenschaftlichen Studiums hervorzuheben und über die interessanten Möglichkeiten einer studentischen oder beruflichen Tätigkeit in der anwendungsnahen Forschung aus eigener Erfahrung zu berichten. Bei der abschließenden Bekanntgabe der Gewinner des Preisausschreibens trat das IISB mit einem der Hauptpreise – einer Institutsführung mit Labor- und Reinraumbesichtigung für eine Schulklasse – in Erscheinung. Insgesamt stimmen das rege Interesse und die positive Resonanz seitens der Schüler zuversichtlich, auch in den kommenden Jahren qualifizierten wissenschaftlichen Nachwuchs zu gewinnen.

Bayerische Staatssekretärin für Wirtschaft zu Besuch am ZKLM

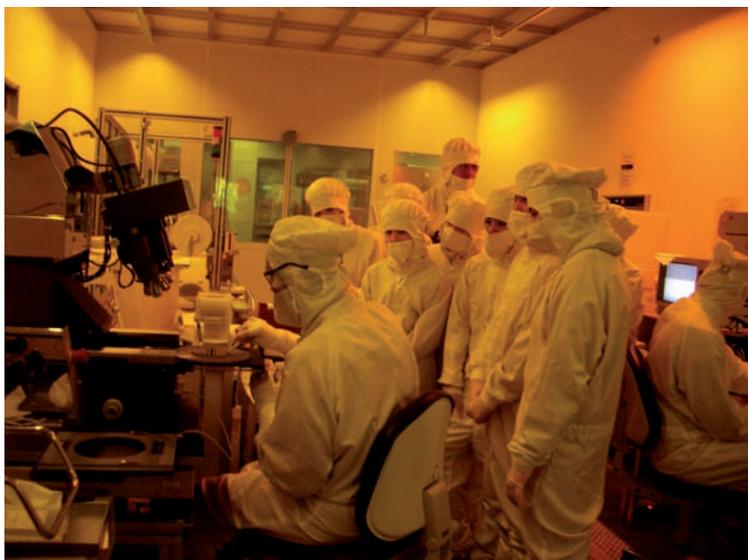
Katja Hessel, Staatssekretärin im Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie, besuchte am 21. April 2009 gemeinsam mit Vertretern des Kreisverbandes und des Arbeitskreises Wirtschaft der FDP Nürnberg den Bayerischen Cluster „Leistungselektronik“ in Nürnberg. Der Cluster „Leistungselektronik“ ist Teil einer Initiative der Bayerischen Staatsregierung zum Ausbau des Wirtschafts- und Wissenschaftsstandortes Bayern im Rahmen der Allianz „Bayern Innovativ“. Organisatorische Plattform für das Bayerische Cluster „Leistungselektronik“ ist der eingetragene Verein „European Center for Power Electronics“ mit Sitz im Energie-Technologischen Zentrum (etz) in Nürnberg. Im Rahmen der Informationsveranstaltung zu den Aktivitäten des Bayerischen Clusters „Leistungselektronik“ präsentierte



sich auch das Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik ZKLM, eine Außenstelle des IISB. Staatssekretärin Hessel, gebürtige Nürnbergerin und FDP-Abgeordnete im Bayerischen Landtag für den Wahlkreis Mittelfranken, informierte sich im Dialog mit den Wissenschaftlern bei einem Rundgang durch das ZKLM über die vielfältigen und erfolgreichen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten des IISB auf dem Gebiet leistungselektronischer Systemkomponenten für Hybridfahrzeuge und der Elektromobilität.

Girls' Day 2009 – Blick hinter die Reinraum-Kulissen

„Wie entsteht ein Chip?“ – das war 2009 die Frage am Fraunhofer IISB. 14 Mädchen der Klassenstufen 6 bis 10 erlebten einen spannenden Tag in der Welt der Halbleiter, Transistoren und Kristalle. Nach einem Film über die Herstellung von Mikrochips wurde anhand von Exponaten die Produktionskette von Halbleiterkristallen und Chips bis hin zu kompletten mikroelektronischen Systemen erläutert. So gerüstet durften die Schülerinnen dann selbst Laborversuche durchführen. In der Abteilung Kristallzüchtung konnten sie unter dem Mikroskop und im Becherglas live das Wachstum von Kristallen beobachten. Ein Highlight war sicher der Besuch im Reinraum, wo unter strengsten Anforderungen an Sauberkeit und mit großem technischen Aufwand mikroelektronische Bauelemente und Schaltungen entwickelt werden. Dort konnten die Mädchen mithilfe der Fotolithographie winzige Strukturen auf einen Wafer aufbringen. Im Leistungselektronik-Labor untersuchten sie mit einer Wärmebildkamera die Wärmeentwicklung in elektronischen Leiterplatten. Zum Abschluss der Veranstaltung wurden die Mädchen über die Berufsmöglichkeiten in der Mikro- und Nanoelektronik mittels Studium oder der am Fraunhofer IISB seit vielen Jahren sehr erfolgreich angebotenen Ausbildung zur Mikrotechnologin informiert.



1 *Moderatorin Franziska Niedermeier von Hitradio N1 überreicht die Urkunde mit einer Einladung zur Institutsbesichtigung am IISB an Lehrer Gerhard Spörlein vom Clavius-Gymnasium Bamberg (Foto: Fraunhofer IISB)*

2 *Bernd Eckardt vom ZKLM (links) erläutert Staatssekretärin Katja Hessel (2. v. l.) einen am IISB entwickelten Motor für Hybridantriebe (Foto: Fraunhofer IISB)*

3 *Highlight eines spannenden Tages: der Besuch im Reinraum (Foto: Fraunhofer IISB)*

Fortsetzung

Koreanisch-deutsche Unternehmerbörse am Fraunhofer IISB

Am 24. April 2009 fand am Fraunhofer IISB eine koreanisch-deutsche Technologie-Kooperationsbörse statt. Firmen beider Länder hatten dort Gelegenheit, sich zu präsentieren und Geschäftsmöglichkeiten zu diskutieren. Ausgerichtet wurde die Veranstaltung durch die Industrie- und Handelskammern der „Europäischen Metropolregion Nürnberg“ (EMN) in Kooperation mit der „Korea Industrial Technology Foundation“ (KOTEF).

Südkorea war dieses Jahr Partnerland der Hannover Messe, die vom 20. bis 24. April stattfand.

In der EMN pflegen viele hundert Firmen geschäftliche Beziehungen mit koreanischen Unternehmen – mit steigender Tendenz. Die Veranstalter nahmen dies zum Anlass, die Geschäftskontakte weiter auszubauen. Die Kooperationsbörse richtete sich daher besonders an ansässige Firmen. Auch für die regionale Forschung ist die Kooperation mit dem asiatischen Land von großem Interesse: So baut die Universität Erlangen-Nürnberg gerade eine Außenstelle im koreanischen Busan auf.

Thematische Schwerpunkte der Kooperationsgespräche waren unter anderem Technologien für energieeffiziente Antriebs- und Automatisierungslösungen. Mit seinen umfassenden Kompetenzen im Bereich der Leistungselektronik, Energieeffizienz und Elektromobilität war das Fraunhofer IISB als Partner der IHK Nürnberg für Mittelfranken der ideale Austragungsort.

Weitere Partner bei der Organisation der Veranstaltung waren die Initiative „Automation Valley Nordbayern“, der Bayerische Cluster „Mechatronik und Automation“, das in Erlangen ansässige „Korea-EU International Cooperation Center“ (KEUICC) und das koreanische „Ministry of Knowledge Economy“.

Fraunhofer IISB zeigt Leistungselektronik-Kompetenz auf der PCIM

Vom 12. bis 14. Mai 2009 fand in Nürnberg die „PCIM Europe“ statt, eine der führenden internationalen Fachmessen für Leistungselektronik und deren Anwendung in der Antriebstechnik sowie „Power Quality“. Ausstellungshighlight auf dem Messestand des IISB waren in diesem Jahr die neuesten Entwicklungen zu AC/DC- und DC/DC-Leistungswandlern für Elektrofahrzeuge oder Solaranlagen. Auf dem Stand des ECPE, mit dem das IISB eng zusammenarbeitet, wurde zudem der aktuelle Stand der Konzeptstudie des IISB zur Umwandlung eines serienmäßigen Audi TT in ein Hybridfahrzeug präsentiert.



Expertise zur Elektromobilität – Fraunhofer IISB beim Automobildialog der Bayerischen Staatsregierung

„Zukunftstechnologien des Automobils“ war das Thema eines Expertengesprächs der Bayerischen Staatsregierung am 25. Mai 2009 in Nürnberg. Bayerns Wirtschaftsminister Martin Zeil, Wissenschaftsminister Wolfgang Heubisch und Umweltminister Markus Söder hatten Unternehmen der Automobilindustrie und Energiewirtschaft sowie Vertreter der Forschung und der Verbraucher eingeladen. Als eine der führenden Forschungseinrichtungen in Bayern auf dem Gebiet der Leistungselektronik und Antriebstechnik für Hybrid- und Elektrofahrzeuge saß das Fraunhofer IISB mit am Tisch.

Nach Meinung von Dr. Martin März, Leiter des Zentrums für Kraftfahrzeug-Leistungselektronik und Mechatronik ZKLM des IISB, sind kurz- und mittelfristig die Hybridfahrzeuge der Weg in die Elektromobilität, langfristig ergänzt durch einen wachsenden Anteil reiner Elektrofahrzeuge. Der anstehende Technologiewandel im Automobilbau wird aber erhebliche Veränderungen in der Branche und in den Wertschöpfungsketten mit sich bringen. Kompakte und effiziente Leistungselektronik spielt dabei eine entscheidende Rolle. Mit Rekorddaten bei Leistungswandlern für die Elektromobilität, mit der weltweit erstmaligen Demonstration eines voll systemintegrierten Hybridmotors und mit einer eigenen Hybridplattform auf der Basis eines konventionellen Serienautos beweist das Institut seit Jahren seine herausragende Stellung als Forschungs- und Entwicklungszentrum. Von der Materialentwicklung bis zur mechatronischen Integration kompletter Systeme kann es dabei auf eine breite Kompetenzpalette und entsprechende technologische Möglichkeiten zurückgreifen. Das IISB empfiehlt sich hier als zuverlässiger und hoch innovativer Forschungspartner für die Industrie.

- 1 *Vertreter deutscher und koreanischer Unternehmen im Gespräch (Foto: Fraunhofer IISB)*
- 2 *Teilnehmer des Expertengesprächs der Bayerischen Staatsregierung am 25. Mai: vorne links Fraunhofer-Forschungsvorstand Prof. Buller, 2. von links Staatsminister Söder, links daneben im Hintergrund Dr. März vom IISB, vorne rechts Staatsminister Zeil (Foto: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie)*

Fortsetzung

Wissenschaft trifft Industrie: Erfolgreicher Know-how-Transfer beim DGKK-Seminar „Kristallzüchtung von Silicium“

Das IISB veranstaltete vom 17.-19. Juni 2009 in Freiberg das Seminar „Siliciumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“. Die Veranstaltung stand unter der Schirmherrschaft der Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V. (DGKK). 50 Teilnehmer, vorwiegend Ingenieure aus der Industrie, lernten in einem zweitägigen Kurs die Grundlagen und Technologien der Herstellung von Silicium, der Siliciumkristallzüchtung und der Fertigung von Siliciumscheiben.

Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft 2009 in Freiberg – Kristalle als Besuchermagnet am Fraunhofer THM

Rund 700 Schaulustige aller Altersstufen besuchten am 20. Juni 2009 zur Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft in Freiberg das Fraunhofer Technologiezentrum Halbleitermaterialien THM. Im Rahmen der Veranstaltung gab das THM der Öffentlichkeit einen breiten Einblick in die faszinierende Kunst und Wissenschaft der Kristallzüchtung. In einer Ausstellung mit Schautafeln, Mineralien und technischen Exponaten erklärten die Fraunhofer-Forscher ihren Gästen die Bedeutung von Halbleiterkristallen und deren Anwendungsmöglichkeiten in der Mikroelektronik und Photovoltaik. Zahlreiche Schaustücke illustrierten die vielfältigen industriellen Herstellungsverfahren und die während der Kristallzüchtung eingesetzte Messtechnik. In Experimenten konnten die Besucher das Kristallwachstum am Beispiel von Alaun-Salz „live“ unter dem Mikroskop mitverfolgen und Anleitungen für eigene kleine Experimente mit nach Hause nehmen. Nach dem gelungenen Auftakt und der überaus positiven Resonanz ist eine Teilnahme des Fraunhofer THM an der nächsten Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft in Freiberg bereits fest geplant.

Erfolgreiche Weiterbildung zur staatlich geprüften Technikerin Mikrotechnologien

Der erste Jahrgang der Aufstiegsfortbildung zum „staatlich geprüften Techniker/in Mikrotechnologien“ feierte im Sommer 2009 seinen Abschluss. Eine der Absolventinnen war Barbara Kupfer vom IISB.

Für qualifiziertes Fachpersonal in Hochtechnologieberufen ist es oft schwierig, berufsbegleitende Fortbildungsangebote zu finden, um sich beruflich weiterentwickeln zu können. In vielen Fällen bleibt nur der lange Umweg über ein Studium einschließlich der damit verbundenen Auszeit vom Beruf. Der Fachbereich Mikrotechnologien des „Regionalen Berufsbildungszentrums“



(RBZ) des Kreises Steinburg in Itzehoe bietet seit 2006 als Alternative die Weiterbildung zum „staatlich geprüften Techniker/-in Mikrotechnologien“ an. Gefördert vom BMBF, wurde die dreijährige berufsbegleitende, arbeits- und prozessorientierte Fortbildung in enger Zusammenarbeit mit Unternehmen, Forschungsinstituten und Netzwerken aus dem gesamten Bundesgebiet konzipiert. Die angehenden Techniker konnten sich, aufbauend auf ihrer Berufsausbildung, in den Prozesstechnologien der Halbleiterelektronik, der Mikrosystemtechnik, der Packagingtechnologien sowie der Werkstoffkunde und auf dem Gebiet der naturwissenschaftlichen Hintergründe weiterbilden.

Durch das Konzept der Ausbildung im dualen System verbrachte Barbara Kupfer abwechselnd zwei Monate am IISB in Erlangen und vier Wochen zur Blockweiterbildung am RBZ in Itzehoe. Für ihre Fortbildung zur Technikerin hatte sie mit Unterstützung der IHK Nürnberg für Mittelfranken ein Stipendium der „Stiftung Begabtenförderungswerk berufliche Bildung“ erhalten. Auch für das IISB hat sich die Unterstützung der Weiterbildung gelohnt. Barbara Kupfer war bereits als Auszubildende am Erlanger Institut, verfügt also über langjährige Erfahrung mit den dortigen Geräten und Reinraumlaboren. Ein bisschen stolz macht es da ihren Arbeitgeber schon, dass Barbara Kupfer die Technikerfortbildung als Jahrgangsbeste abgeschlossen hat.

- 1 *Wissenschaftler, Techniker und Ingenieure: Teilnehmer beim DGKK-Seminar „Siliciumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer“ (Foto: Fraunhofer THM)*
- 2 *Dicht belagert: die Ausstellung des Fraunhofer THM in Freiberg bei der Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft (Foto: Fraunhofer THM)*



- 3 *Barbara Kupfer (vorne rechts) vom Fraunhofer IISB mit ihren Techniker-Kollegen und Ausbildern bei der Zeugnisübergabe am 9. Juli 2009 in Itzehoe (Foto: A. Schulte-Döinghaus)*

Fortsetzung

Großes Interesse an Cluster-Offensive Bayern

Rund 1500 Teilnehmer informierten sich am 22. Juli beim Cluster-Kongress der Bayerischen Staatsregierung in Nürnberg über die Entwicklung und die Erfolge der Bayerischen Cluster. Das Fraunhofer IISB präsentierte am Stand des Clusters „Leistungselektronik“ seine neuesten Entwicklungen zur Elektromobilität.

Die 19 Bayerischen Cluster wurden 2006 mit der Aufgabe ins Leben gerufen, in enger Vernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft, insbesondere der mittelständischen Betriebe, Innovationen zu fördern und damit einen wesentlichen Beitrag für neue Produkte, Märkte und Arbeitsplätze zu leisten. In dem Netzwerk spielen die Forschungseinrichtungen eine wichtige Rolle. So ist das Fraunhofer IISB an der Arbeit mehrerer Cluster beteiligt, beispielsweise in den Clustern „Mechatronik und Automation“ und „Leistungselektronik“. Drei Jahre nach dem Start bot der Cluster-Kongress die Gelegenheit für eine eindrucksvolle Zwischenbilanz. Das Ziel, Wissenschaft und Wirtschaft miteinander zu vernetzen, hat sich sichtbar erfüllt: Unter den Kongressbesuchern waren mehr als 1000 Wirtschaftsvertreter. Führende Unternehmer und Wissenschaftler diskutierten in Nürnberg über Ziele, Chancen und Herausforderungen der Cluster. Rund 200 Aussteller boten Unternehmern die Möglichkeit, im persönlichen Gespräch Erfahrungen und Perspektiven auszutauschen.

Fraunhofer IIS und Fraunhofer IISB feierten das 60. Fraunhofer-Jubiläum und die erfolgreiche Kooperation mit der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg (FAU)

Rund 200 geladene Gäste kamen am 3. August zur gemeinsamen Feier des Fraunhofer IIS und des Fraunhofer IISB nach Erlangen-Tennenlohe. Moderiert von Ursula Heller vom Bayerischen Fernsehen informierte sich die Prominenz aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft über die vielseitigen Kooperationsprojekte der beiden Institute mit der Universität. Zur Diskussionsrunde gehörten die bayerische Wirtschaftsstaatssekretärin Katja Hessel, Fraunhofer-Vorstand Prof. Marion Schick und FAU-Vizepräsident Prof. Klaus Meyer-Wegener. Dazu gab es eine Posterausstellung, Rundgänge durch den Fraunhofer-Jubiläums-Truck und eine Vorstellung der IISB-Aktivitäten zur Elektromobilität.

Die Institutsleiter Prof. Heinz Gerhäuser und Prof. Lothar Frey stellten die erfolgreiche Zusammenarbeit mit der Friedrich-Alexander-Universität in den Mittelpunkt. Die Institute sind seit ihrer Gründung 1985 eng mit der Universität verbunden.

Zur Fortsetzung dieses Erfolgsmodells wurden bei der Jubiläumsfeier die Verträge für ein neues



1



2

gemeinsames Projekt unterzeichnet: die „International Audio Laboratories Erlangen“ des Fraunhofer IIS, kurz „AudioLabs“ genannt. Als Forschungspartner von Seiten der Universität bekräftigten der Dekan der Technischen Fakultät, Prof. Johannes Huber, und Prof. Wolfgang Peukert, Koordinator des Erlanger Exzellenzclusters „Engineering of Advanced Materials“, die Synergieeffekte für Universität und Fraunhofer. Huber blickt dabei auf eine langjährige Kooperation mit dem IIS zur Informationstechnologie zurück. Mit dem Exzellenzcluster arbeitet das IISB eng auf dem Gebiet der Nanopartikel und druckbaren Elektronik zusammen.

„IMPROVE“: Größtes europäisches Forschungsprojekt zur Effizienzsteigerung in der Halbleiterindustrie angelaufen – Fitnessprogramm für die europäische Halbleiterindustrie

Am Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB in Erlangen und bei seinen Projektpartnern haben die Arbeiten für das größte europäische Verbundprojekt zur Effizienzsteigerung in der Halbleiterindustrie – „IMPROVE“ – begonnen. Das Besondere an „IMPROVE“ ist, dass es sich um ein rein halbleiterorientiertes Projekt handelt, in dessen Mittelpunkt die Fertigung in Europa steht. Namhafte europäische Halbleiterhersteller und Gerätehersteller bzw. Firmen mit europäischen Fertigungsstandorten haben sich mit Forschungsinstituten, Universitäten und Softwareherstellern zu einem strategischen Bündnis zusammengeschlossen, um die Effizienz der europäischen Halbleiterindustrie und damit die Position im verschärften globalen Wettbewerb zu verbessern.

Das Akronym „IMPROVE“ steht für „Implementing Manufacturing Science Solutions to Increase Equipment Productivity and Fab Performance“. Von insgesamt neun geförderten Projekten wurde „IMPROVE“ im Rahmen einer europaweiten Ausschreibung des „ENIAC Joint Undertaking“ („European Nanoelectronics Initiative Advisory Council“) als bestbewerteter Forschungsvorschlag für eine Förderung durch die Europäische Union und ihre Mitgliedsstaaten ausgewählt. Einer der größten Geldgeber ist dabei das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) als nationaler Fördergeber. „IMPROVE“ hat ein Gesamtbudget von 37,7 Millionen Euro. Es wird zur Hälfte von den Projektpartnern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Forschung finanziert. Die andere Hälfte wird von „ENIAC“ und der Europäischen Union sowie aus Mitteln nationaler Behörden gedeckt. Das BMBF fördert das Projekt mit 3,5 Millionen Euro. Im Rahmen von „IMPROVE“ werden Methoden und Werkzeuge für eine bessere Kontrolle von Prozessschwankungen und reduzierte Durchlaufzeiten in den Fertigungsprozessen entwickelt. Damit lassen sich die teuren Anlagen und Ausrüstungen in der Halbleiterindustrie flexibler und kosteneffizienter einsetzen. Das Projekt gliedert sich in die drei Themenbereiche „Virtual Metrology“ („virtuelle Messtechnik“), „Predictive Maintenance“ („vorausschauende Instandhaltung“) und „Adaptive Control Planning“ („variable Qualitätskontrolle“). Das Fraunhofer IISB leitet die Arbeitspakete „Specifications“ und „Equipment Forum“. Es zeichnet damit für die Erarbeitung allgemeingültiger Spezifikationen zur breiten Anwendbarkeit der Lösungen in allen drei Themengebieten und die Erforschung und Einführung von Verfahren zur Effizienzstei-

1 Von links: Prof. Lothar Frey und Dr. Martin März, beide IISB, Wirtschaftsminister Martin Zeil, Wissenschaftsminister Dr. Wolfgang Heubisch und Prof. Josef Nassauer, Geschäftsführer der Bayern Innovativ GmbH, begutachten am Stand des Clusters „Leistungselektronik“ die Arbeiten des IISB zur Elektromobilität (Foto: Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie)

2 Von links nach rechts: Prof. Frey, Leiter des IISB, Prof. Gerhäuser, Leiter des IIS, und Ursula Heller vom Bayerischen Fernsehen während der moderierten Diskussionsrunde (Foto: Kurt Fuchs)

Fortsetzung

gerung verantwortlich. Die breit angelegte Koordination mit Workshops an allen europäischen Partnerstandorten vermeidet Insellösungen und stellt die Übertragbarkeit der Ergebnisse für die Industriepartner sicher. Durch das „Equipment Forum“ werden die Hersteller und Zulieferer der Halbleiterfertigungsgeräte eng in die Forschungsprozesse eingebunden. So lassen sich die Ergebnisse von „IMPROVE“ zeitnah kommunizieren, und die geforderten Modifikationen für die Ausrüstungen und Geräte können frühzeitig bei der Entwicklung und Konstruktion Berücksichtigung finden.

Forum für die Elektromobilität in Berlin eröffnet

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung hat zusammen mit der Fraunhofer-Gesellschaft am 9. September 2009 in Berlin das „Forum Elektromobilität“ eröffnet. Ziel des Forums ist es, die deutschen Akteure auf dem Gebiet der Elektromobilität zusammenzuführen, um gemeinsam die Entwicklung alternativer Antriebskonzepte voranzutreiben, neue Geschäftsmodelle abzustimmen und über das Thema zu informieren. Diese Aufgaben soll der neu gegründete Verein „Forum Elektromobilität“ wahrnehmen.

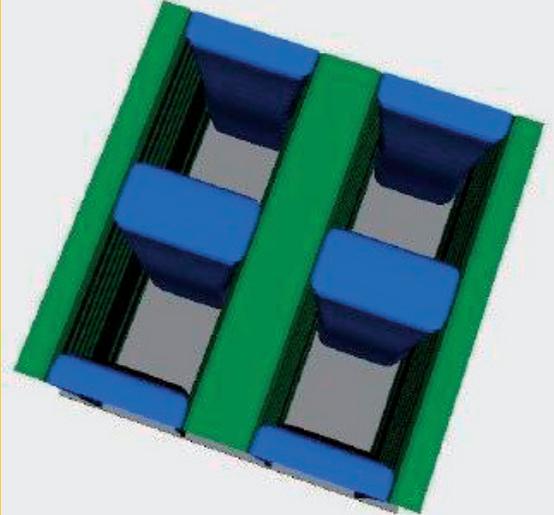
7. „Fraunhofer IISB Lithography Simulation Workshop“

Vom 25. bis 27. September 2009 fand in Hersbruck der 7. „Fraunhofer IISB Lithography Simulation Workshop“ statt. 32 Teilnehmer aus 8 Ländern trafen sich, um sich über die jüngsten Entwicklungen auf dem Gebiet der Lithographiesimulation auszutauschen.

Auch 2009 kamen die Teilnehmer gleichermaßen aus dem industriellen und universitären Bereich und deckten die volle Bandbreite bei den Anwendungen der Lithographiesimulation ab. Ein Fokus lag – den aktuellen Entwicklungen entsprechend – auf der Technik des so genannten „Double Patterning“, mit der auf bereits existierenden optischen Lithographiesystemen Strukturgrößen von 22 nm und darunter erreicht werden sollen sowie auf der EUV-Lithographie, dem potentiellen Nachfolger der optischen Lithographie für die Massenfertigung. Über Vorträge zur Zukunft der Lithographie für die Massenfertigung hinaus gab es auch zahlreiche Beiträge zu neuen und alternativen Techniken, z.B. über die Lithographie mit Zwei-Photonen-Prozessen und die Erzeugung molekularer Nanostrukturen mittels Nahfeld-Lithographie. Zu den anwendungsnahen Themen zählten unter anderem die Modellierung von Fotolacken und neue Entwicklungen in der Herstellung von Bauelementen mit Mask-Aligner-Systemen, die vor allem in der mittelständischen Industrie verwendet werden. Die internationale Ausrichtung und das fachübergreifende Themenspektrum des Workshops gaben Gelegenheit für vielfältige



1



2

Diskussionen und angeregten Austausch, von dem alle Teilnehmer profitieren konnten.

Internationale Tagung „ICSCRM2009“ in Nürnberg – Spitzentreffen zu Materialien für die Hochleistungselektronik

Vom 11. bis 16. Oktober 2009 fand in Nürnberg die „13th International Conference on Silicon Carbide and Related Materials“ (ICSCRM2009) statt. Die „ICSCRM“ ist die wichtigste internationale Tagung zu Halbleitermaterialien für die Hochleistungs- und Hochtemperaturelektronik. Organisiert wurde die „ICSCRM2009“ vom Fraunhofer IISB zusammen mit den Firmen Infineon und SiCED sowie der Universität Erlangen-Nürnberg.

1 *Bundesministerin Prof. Annette Schavan im Gespräch mit (v.l.) Dr. Martin März vom IISB, Fraunhofer-Forschungsvorstand Prof. Ulrich Buller und Daimler-Entwicklungsvorstand Dr. Thomas Weber (Foto: Fraunhofer IVI)*

2 *Simuliertes Profil eines im Double-Patterning-Verfahren belichteten Fotolacks nach dem Entwickeln (Bild: Fraunhofer IISB)*

3 *„ICSCRM2009“ in Nürnberg: Treffpunkt der internationalen Szene für Halbleitermaterialien für die Hochleistungs- und Hochtemperaturelektronik (Foto: Fraunhofer IISB)*



Die ICSCRM ist alle zwei Jahre wichtigster Treffpunkt von Wissenschaftlern und Industrievertretern aus aller Welt, um die neuesten Entwicklungen bei den so genannten „wide-bandgap semiconductors“ – Halbleitern mit großer Bandlücke – zu diskutieren. Diese Materialien sind aufgrund ihrer speziellen Eigenschaften die entscheidende Grundlage zur Realisierung von Bauelementen und Systemen für elektronische Anwendungen, bei denen besonders hohe elektrische Leistungen, Temperaturen oder Frequenzen eine Rolle spielen. Traditionell für militärische Zwecke oder in der Luft- und Raumfahrt im Einsatz, eröffnen sich immer mehr zivile Nutzungsmöglichkeiten, beispielsweise für effiziente Leistungswandler in Elektrofahrzeugen oder Photovoltaikanlagen, die mit elektronischen Bauelementen auf Basis des Halbleitermaterials Siliciumcarbid arbeiten. Materialien wie Galliumnitrid oder Aluminiumnitrid ermöglichen blaue Laser, wie sie z.B. in Blu-ray-Playern Verwendung finden, oder energiesparende Leuchtdioden.

Fortsetzung

Die Region Erlangen-Nürnberg ist einer der wichtigsten Standorte für Siliciumcarbid in Europa. Neben regional ansässigen Firmen, die Grundmaterial und Bauelemente herstellen, unterhalten das Fraunhofer IISB und die Universität Erlangen-Nürnberg umfangreiche Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten auf dem Gebiet. Aber auch zu Galliumnitrid, Aluminiumnitrid oder Graphenen – atomar dünnen Kohlenstoffschichten – wird kräftig geforscht. So ist es kein Zufall, dass die zahlreichen Teilnehmer der ICSCRM nach Austragungsorten in Japan oder den USA in diesem Jahr im CongressCenter Nürnberg (CCN) zusammenkamen.

Siliciumcarbid: Preisgekrönte Forschungsarbeiten des IISB

Gemeinsam haben Forscher des Fraunhofer IISB, der SiCrystal AG in Erlangen und der Kristallographie der Universität Freiburg Materialdefekte im Halbleitermaterial Siliciumcarbid untersucht. Diese Arbeiten wurden im Oktober 2009 sowohl mit dem „Poster Award“ auf dem Nutzertreffen der Ångstrom-Quelle Karlsruhe (ANKA) als auch mit dem „MANSIC Poster Award“ im Rahmen der Internationalen Siliciumcarbid-Konferenz in Nürnberg (ICSCRM2009) ausgezeichnet.

Die vorgestellten Arbeiten und Ergebnisse wurden gemeinsam vom IISB und der SiCrystal AG im Rahmen des von der Bayerischen Forschungstiftung geförderten Projekts „KoSiC“ durchgeführt. Die Messzeit für die Durchführung der Experimente am Synchrotron in Karlsruhe, die unter der wissenschaftlichen Betreuung von Dr. Andreas Danilewsky stattfanden, wurde vom ANKA zur Verfügung gestellt.

Jahrestagung 2009 des IISB – ein Blick auf die europäische Halbleiterfertigung

Erfolge und Potenziale der Forschung und Entwicklung für die europäische Halbleiterfertigung – diese Frage beleuchtete das IISB anlässlich seiner Jahrestagung am 15. Oktober 2009 in Erlangen. Organisiert wurde die diesjährige Jahrestagung von der Abteilung Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden. Das IISB ist auf diesem Gebiet ein europäisches Kompetenzzentrum mit den Schwerpunkten Geräte- und Prozessautomatisierung, Kontamination, Ausbeuteerhöhung, Fertigungssteuerung und Produktivität.

Die Halbleiterfertigung in Europa sieht sich starker Konkurrenz aus den USA und vor allem aus dem asiatischen Raum ausgesetzt. Anwendungsspezifische Technologien und Produkte, wie etwa für die Automobil-, Maschinenbau- oder Energiebranche sowie neue Entwicklungen in der Fertigung bieten der europäischen Halbleiter- und Geräteindustrie aber die Möglichkeit, ihre Position zu behaupten und neue Märkte zu erschließen. Eine starke Forschungslandschaft



1



2

in Europa spielt hierbei eine essenzielle Rolle. Speziell für kleine und mittelständische Unternehmen ist der Zugang zu europäischer Forschungskompetenz für die Vermeidung einer übermäßigen Abhängigkeit von Technologiezukauf aus Übersee von extremer Bedeutung. Zur Erhöhung ihrer Effizienz und Schlagkraft ist diese Forschungslandschaft auf europaweite Netzwerke und Kooperationen angewiesen.

Auf der Jahrestagung des IISB standen diese Netzwerke und Kooperationen im Mittelpunkt. Das IISB ist hier mit internationalen Partnern auf vielfältige Weise beteiligt, oft als Koordinator und Initiator europäischer Verbundprojekte. Themen, die in Vorträgen von IISB-Mitarbeitern und Vertretern von Kooperationspartnern beleuchtet wurden, waren zum Beispiel die Evaluierung von Halbleiterfertigungsgeräten, Fertigungsoptimierung, Messtechnik und Analytik, simulationsunterstützte Geräteentwicklung und – mit Blick in die Zukunft – die Chip-Fertigung auf 450 mm-Siliciumscheiben.

Auf dem Weg zu günstigerem Solarstrom – Innovationspreis Mikroelektronik geht an IISB und SolarWorld AG

Zusammen mit dem Fraunhofer-Technologiezentrum für Halbleitermaterialien THM in Freiberg untersuchten Forscher des Fraunhofer IISB im Auftrag des Industriepartners SolarWorld AG, wie sich der Kristallisationsprozess von kostengünstigen Siliciumkristallen für die Solarzellenproduktion verbessern lässt. Während bei der Herstellung der Kristalle das Silicium aus einer 1500 °C heißen Schmelze erstarrt, können sich durch unterschiedliche Strömungsgeschwindigkeiten in der Schmelze Verunreinigungen aufstauen. Die Verunreinigungen führen dann zu schädlichen Ausscheidungen und Fehlern im erstarrten Siliciumkristall. Da sich die Materialfehler nachteilig auf die Eigenschaften der aus den Kristallen hergestellten Solarzellen auswirken, müssen die fehlerhaften Bereiche aussortiert werden. Die Ausbeute verringert sich und die Kosten steigen. Die Wissenschaftler entwickelten nun die Idee, optimierte Magnetfelder auf die Siliciumschmelze wirken zu lassen. Die Magnetfelder beeinflussen die Strömung der elektrisch leitfähigen Schmelze und verhindern die Bildung der unerwünschten Ausscheidungen. Mithilfe von Computersimulationen und speziellen Messtechniken haben die Fraunhofer-Forscher auch die Produktionsanlagen des Industriepartners verbessert, so dass die Waferausbeute deutlich gesteigert werden konnte. Bei gleichzeitig verbesserter Qualität des Ausgangsmaterials wurden die Herstellungskosten für die Solarkristalle reduziert – wesentlich für das weitere Wachstum der Photovoltaik und preiswerteren Solarstrom.

Für die gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten wurde den Forschern im Rahmen der IISB-Jahrestagung am 15. Oktober 2009 der Georg-Waerber-Innovationspreis des Förderkreises für die Mikroelektronik e.V. verliehen.

1 *Birgit Kallinger vom Fraunhofer IISB mit der Urkunde zum „ANCA Poster Award“ (Foto: Fraunhofer IISB)*

2 *Dr. Dietrich Ernst, Vorsitzender des Förderkreises für die Mikroelektronik e.V., mit den Preisträgern Dr. Jochen Friedrich (links) und Dr. Bernhard Freudenberg (rechts) (Foto: IHK / Kurt Fuchs)*

Fortsetzung

Das Fraunhofer IISB öffnet seine Pforten – „Lange Nacht der Wissenschaften 2009“

Das Fraunhofer IISB präsentierte sich auch bei der vierten „Langen Nacht der Wissenschaften“ des Städtedreiecks Nürnberg-Fürth-Erlangen am 24. Oktober 2009 der interessierten Öffentlichkeit. An den Institutsstandorten in Erlangen und Nürnberg konnten sich die Besucher über die neuesten Entwicklungen in der Nanoelektronik und Elektromobilität informieren. Eine große Ausstellung widmete sich ganz den Kristallen als maßgeschneiderte Schlüsselwerkstoffe der Halbleiterindustrie. Die beliebten Reinraumführungen gaben Einblick in die extremen Anforderungen an die Genauigkeit und die Sauberkeit bei der Herstellung von Nanobau-elementen. Wie derartige Bauelemente mithilfe der Computersimulation entstehen, zeigte die Abteilung Technologiesimulation des IISB. Von den Leistungselektronikern erfuhren die Besucher alles über die effiziente Wandlung, Steuerung und Verteilung elektrischer Energie. Neben Experimenten mit der Wärmebildkamera und Vorführungen zum Energiesparen im Haushalt präsentierten auch die Kollegen vom Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente mit dem Projekt „EcoCar“ Möglichkeiten für den verantwortungsbewussten Umgang mit Energie.

Dass es bei großen Strömen und hohen Spannungen oft heiß hergeht, konnten die Besucher bei der leistungselektronischen Zaubervorlesung „Elektrotainment am IISB“ aus nächster Nähe erleben.

Auf einer Quizstation zum Thema „Gedruckte Elektronik“ zeigte der Exzellenzcluster „Engineering of Advanced Materials“ (EAM), wie elektronische Massenprodukte in Zukunft hergestellt werden. Ebenso war der Bayerische Cluster „Mechatronik und Automation“ mit einem Stand vertreten.

Ein besonderes Highlight war sicher der Fraunhofer-Truck mit der „Fraunhofer Roadshow“, die anlässlich des 60-jährigen Jubiläums der Fraunhofer-Gesellschaft durch Deutschland tourte und zur „Langen Nacht“ am IISB Station machte.

Schon traditionell und als deutliches Zeichen des großen Interesses der Öffentlichkeit konnte auch 2009 wieder der 1000. Besucher zur „Langen Nacht der Wissenschaften“ am Fraunhofer IISB begrüßt werden.

Doch nicht nur in Erlangen war das Fraunhofer IISB vertreten: Am ZKLM, dem Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik in Nürnberg, drehte sich alles um die Leistungselektronik und die Elektromobilität.



Strom verhindert unerwünschtes Zellwachstum – Erlanger Forscher gewinnen Preis für innovative Medizintechnik

Zu den Siegern des 11. Innovationswettbewerbs des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) zur Förderung der Medizintechnik zählt eine Forschergruppe des Instituts für Bioprozess- und Analysenmesstechnik, Heilbad Heiligenstadt, der Medizinischen Hochschule Hannover, der Dr. Langer Medical GmbH und des Fraunhofer IISB. Die Wissenschaftler entwickeln neuartige Elektroden für Hörimplantate, die mit gezielten Stromstößen von unerwünscht anhaftenden Zellen gereinigt werden und so Signale besser übertragen können. Auf diese Weise könnten Cochleaimplantate eine bessere Signalübertragung gewährleisten und das natürliche Hören besser nachempfinden. Nicht nur die Lebensqualität der Betroffenen ließe sich so entscheidend steigern. Auch die Kosten für Rehabilitation und Arbeitsausfälle ließen sich insgesamt senken. Zudem kann die Technik der selbstreinigenden Elektroden zukünftig möglicherweise auch für andere medizinische Anwendungen, wie etwa den Herzschrittmacher, eingesetzt werden.

Das BMBF lobte 2009 den „Innovationswettbewerb Medizintechnik“ bereits zum elften Mal aus. Dabei wurden elf besonders innovative, originelle und wegweisende Forschungs- und Entwicklungsideen der Medizintechnik aus über 100 Vorschlägen ausgewählt und vom BMBF finanziell gefördert. Ziel des renommierten Wettbewerbs ist es, den Weg von der ersten Idee bis zur Markteinführung zu beschleunigen. Hierzu fördert das BMBF die diesjährigen Gewinnerprojekte mit mehr als 5,1 Millionen Euro. Davon entfallen etwa 360.000 Euro auf die selbstreinigenden Elektroden.

Auszeichnung für am IISB ausgebildete Mikrotechnologin

Die Besten unter den Auszubildenden des Prüfungsjahrgangs 2008 / 2009 standen bei einer Feierstunde in der IHK Akademie Mittelfranken am 9. November im Mittelpunkt. IHK-Vizepräsident Jürgen Schlag zeichnete 111 junge Kaufleute und Facharbeiter aus, die in ihren Ausbildungsberufen Spitzenleistungen erzielt haben. Die ausgezeichneten 47 Kaufleute und 64 Facharbeiter haben ihre Ausbildung in 109 Berufen bzw. Fachrichtungen absolviert. Insgesamt hatten 9780 Prüflinge an den IHK-Abschlussprüfungen im Winter 2008/2009 und im Sommer 2009 teilgenommen.

19 der Absolventen hatten in ihrem Ausbildungsberuf die beste Leistung im Freistaat erreicht und wurden als „Bayerische Meister“ besonders geehrt, unter ihnen Teresa Büttner, die 2009 ihre Ausbildung zur Mikrotechnologin am Fraunhofer IISB abgeschlossen hat.

1 „Elektrotainment“ am IISB
– in 45 Minuten durch die
Welt der Leistungselektronik
(Foto: Fraunhofer IISB)

2 Teresa Büttner mit IHK-
Vizepräsident Jürgen Schlag
(links) und dem Wirtschafts-
referenten der Stadt Nürn-
berg, Dr. Roland Fleck
(Foto: Kurt Fuchs)

Fortsetzung

„More Moore“ und mehr: 10 Jahre ITRS

Die „International Technology Roadmap for Semiconductors“ (ITRS) entwickelte sich in ihrer nunmehr zehnjährigen Geschichte zum wichtigsten industriellen Strategiepapier für Halbleitertechnologie-Forschung.

Ursprünglich konzentrierte sich die ITRS darauf, die weitere Skalierung von Halbleiterbauelementen und die dabei zu erwartenden Bauelementeeigenschaften für die nächsten 15 Jahre vorherzusagen. Daraus konnten die Wissenschaftler ableiten, welche Forschungsergebnisse in den verschiedenen Bereichen vom Design über die Frontend-Technologien bis hin zur Ausbeuteerhöhung benötigt werden. Die verstärkte internationale Zusammenarbeit und der Wettbewerb zwischen den Halbleiterfirmen führten dazu, dass sich der Abstand zwischen Technologieknoten, der jeweils für eine Verdopplung der Anzahl der Transistoren pro Fläche stand, von drei auf zwei Jahre verkürzte.

Seit 2000 sitzt auch der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik V μ E mit im Boot: Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB sowie das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM arbeiten an der ITRS mit. Als erste Wissenschaftler von außerhalb der USA koordinieren Vertreter des Fraunhofer IISB seit 2002 mit „Modeling and Simulation“ sowie seit 2004 mit „Yield Enhancement“ Untergruppen der ITRS.

Die neuere Entwicklung in der ITRS ist vor allem von zwei Faktoren bestimmt: Zum einen nähern sich manche bisher verwendete Technologien physikalischen Grenzen. Eine weitere Verringerung der Gateoxidstärke über einen Nanometer hinaus ist beispielsweise nicht mehr möglich. Neue Bauelementearchitekturen und neue Materialien, wie z.B. Gatedielektrika mit höherer Dielektrizitätskonstante, sind die Antwort auf dieses Problem – die ITRS führte in dem Zusammenhang den Begriff des „Equivalent Scaling“ ein. Im Ergebnis wird so die Entwicklung der Bauelemente hin zu höherer Funktionalität und geringem Preis per Funktion auch für die nächsten 15 Jahre ermöglicht.

Ein zweiter Trend ist die Erweiterung der ITRS über die traditionelle Skalierung von Speicher- und Logikbauelementen hinaus. Die für Speicher und Prozessoren entwickelten Technologien sollen nun auch für andere Produkte und Anwendungsfelder nutzbar gemacht werden – von

Hochfrequenz, Automotive, Leistungselektronik bis hin zu Sensoren und Aktoren („More than Moore“).

Einerseits sind dies – in viel stärkerem Ausmaß als Speicher und Prozessoren – Schlüsselkomponenten für die deutsche Wirtschaft. So ist die Verwendung maßgeschneiderter elektronischer Systeme ein unverzichtbarer Wettbewerbsvorteil für die deutsche Automobilindustrie. Andererseits ist die Entwicklung von „More than Moore“-Technologien ohne profunde Kenntnisse und Fähigkeiten in „More Moore“ nicht möglich. Die weitere Forschung an Halbleitertechnologien für die Höchstintegration hat also eine volkswirtschaftliche Bedeutung, die weit über das Speichergeschäft hinausreicht.

PROFILE OF THE INSTITUTE

Objectives

Founded in 1985, the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology IISB conducts applied research and development in the fields of micro and nanoelectronics, power electronics, and mechatronics. With technology, equipment and material development for nanoelectronics, its activities in the field of technology simulation and its work on power electronic systems for energy efficiency as well as for hybrid and electric cars, the institute has an excellent international reputation.

Brief Portrait

The IISB consists of five departments and closely cooperates with the Chair of Electron Devices and the Chair of Materials for Electronics and Energy Technology of the University of Erlangen-Nuremberg in the field of crystal growth.

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

The organizational structure of the Fraunhofer IISB is illustrated on the following page.

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

Major Fields of Activity

The department of Technology Simulation develops physical models and high performance simulation programs for the optimization of single processes and process sequences in semiconductor technology and transfers them into application. Furthermore, it supports the development and optimization of lithography masks, processes, devices, and circuits by simulation.

The primary objective in the area of Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods is to support equipment and materials suppliers by R&D of novel equipment, materials, as well as methods and processes close to the equipment – up to the implementation into production – as well as to optimize yield and throughput. Special emphasis lies on questions concerning the compatibility of processes with other manufacturing steps, the reduction of contamination by different media, materials, equipment, and processes as well as safety, environmentally acceptable production, and the optimization of resources. “Integrated Metrology” and “Advanced Process Control” (APC) – which means the development and the application of methods of integrated metrology and process automation – aim at the improvement of process reproducibility and reliability. The “Equipment Assessment”, by using industrially compatible processes and characterization methods, reduces the risk of applying newly developed equipment and processes in semiconductor manufacturing. The research in the area of “Virtual Metrology” enables the prediction of physical metrology results, based on known equipment and process parameters and sensor data, without the need of an actual measurement. The accredited “analysis laboratory for micro and nanotechnology” assists with its methods for chemical and physical trace analysis which are also offered as services for the semiconductor and PV industries.

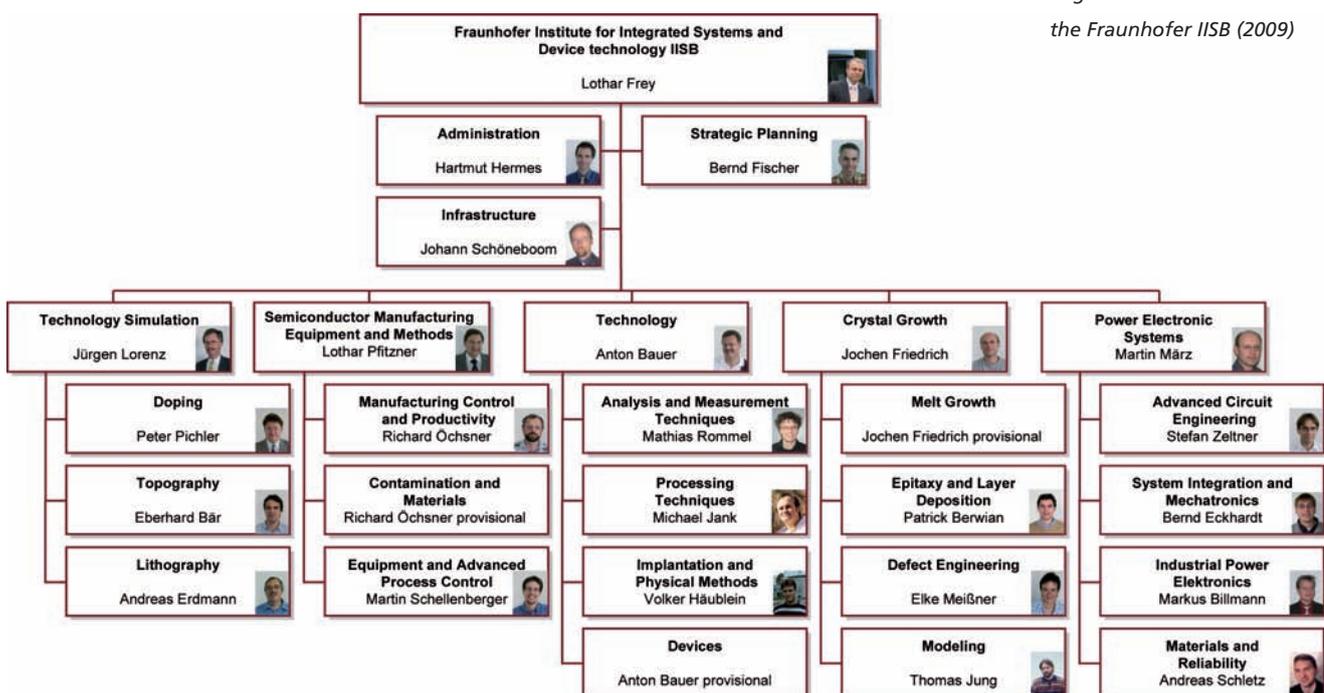
New technological processes and manufacturing methods for both VLSI and ULSI technology as well as for advanced power devices are being developed by the Department of Process Technology. The activities include surface and thin film technologies for novel materials, processes for thin dielectric and metallic layers, ion implantation, nano electronic, circuit modification and IC repair as well as development of passive devices.

In the working area Crystal Growth it is the objective to act as the prime R&D partner of industry in order to identify the correlation between the properties of crystals and crystalline films with the production conditions. Experimental process analysis, numerical modelling using software developed specially for crystal growth by IISB and theoretical studies are a strategic unit

giving the opportunity that IISB can contribute to the industrial process development based on the knowledge gained from this process-properties-correlation. The investigations focus on production techniques for bulk crystals and layers to be used in microelectronic, photovoltaic, and optical applications, including lasers and detectors.

Another large field of activity of the institute are power electronic devices. Here, the range of activities covers the development and application of new materials, reliability studies and fault analyses, questions regarding circuits and controls, the realization of complete system solutions for automotive engineering as well as power engineering, systems engineering and automation. The focus is on mechatronic system integration of electric power converters, i.e. the integration of power electronics, microelectronics, sensor technology and mechanics as well as on concepts and technologies to increase efficiency and power density in certain fields of application such as electric mobility and power engineering.

1 Organizational structure of the Fraunhofer IISB (2009)



PROFILE OF THE INSTITUTE

Cooperation with the Chair of Electron Devices

IISB and the Chair of Electron Devices, University of Erlangen-Nuremberg, do not only operate joint laboratories in the framework of a cooperation contract, but moreover are also working together in education and research.

Employees of IISB promote student practical training, and the professional training as "Micro-technologists" at IISB is being supported by employees of the Chair of Electron Devices. Furthermore, the Chair of Electron Devices does preliminary basic research work in several areas. This work, which is of great interest to IISB as well, comprises projects regarding new dielectrics, metal gate, SiC, and printable electronics.

Furthermore, staff of the IISB give lectures at the University Erlangen-Nuremberg. The lectures are:

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*



PROFILE OF THE INSTITUTE

Technology Center Semiconductor Materials THM

The subsidiary of IISB, the Fraunhofer Technology Centre of Semiconductor Materials (THM) in Freiberg 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

Dr. Jochen Friedrich

Phone: +49 (0) 3731 2033-100

Fax: +49 (0) 3731 2033-199

jochen.friedrich@thm.fraunhofer.de

www.thm.fraunhofer.de

¹ *Domicile of the Fraunhofer THM (technology center for semiconductor materials) in Freiberg, Saxony*



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 m² office and laboratory area including a "hybrid manufactory" are available for the meanwhile more than 20 engineers and technicians. Besides to two test vehicles, a hybrid car (Toyota Prius II) and a purely electrical car (Citroen AX), the ZKLM uses a proprietary hybrid development platform based on an Audi TT. The engineers at the ZKLM use these vehicles for the demonstration, prooftesting and optimization of system components.

Since 2007 the ZKLM is also domicile of the "Materials and Reliability" group that 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.

Contact

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

Advisory Board (2009)

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

Dr. Reinhard Ploß

Infineon Technologies AG
(Chairman of the Advisory Board)

Prof. Dr. Ignaz Eisele

formerly University of the German Federal Armed Forces, Munich

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. Johannes Huber

Dean of the Faculty of Engineering Sciences of the University of Erlangen-Nuremberg

RD Dr. Ulrich Katenkamp

Federal Ministry of Education and Research
Department 523 Electronics Systems, Elektromobility

MR Dr. Georg Ried

Bavarian Ministry of Economic Affairs, Infrastructure, Transport and Technology
Department VIII/3 Cluster, Fraunhofer-Gesellschaft

Dr. Karl-Heinz Stegemann

Signet Solar GmbH Dresden

Dr. Thomas Stockmeier

SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG



RESEARCH AND SERVICES

Contract Research Services

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

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

The second key activity of IISB is the development and assessment of semiconductor manufacturing equipment and materials. Most businesses active in this domain have evolved from mechanical engineering or chemical companies and are small or medium-sized. In this context, the close interrelation between equipment technology, physical-chemical process engineering, and device technology is of outstanding importance. The department provides interdisciplinary R&D services, and a wide range of know-how and skills including mechanical engineering, novel control concepts, metrology, chemical engineering, software engineering, and manufacturing techniques. Using advanced simulation tools and the latest technological developments, the department is able to provide system solutions for the benefit of E&M suppliers as well as for IC manufacturers. Recent examples for advanced developments are equipment development and assessment, equipment characterization methods for ultraclean processing, metrology for integrated quality control, novel equipment concepts, and integration of feedback and feed-forward controls into control systems as well as the analysis of new materials. Development of new manufacturing tools takes into account the increasing demand for immediate applicability in ULSI production lines and for enhanced reliability and productivity. The present focus of the department is, therefore, on providing complementary analytical characterization of equip-

ment, components, and materials to provide the latest measurement and control techniques to be integrated into equipment being modular measurement systems and the integration of novel monitoring strategy into IC manufacturing. Apart from that, analysis of trace impurities on semiconductor substrates (e.g. Si, GaAs), in process chemicals, gases and clean room environments through TXRF, AAS, ICP-MS, GCMS, FTIR and VPD-AAS are performed.

The technology department works on the development of new process steps and methods for the integration of circuits, the processing of device structures in power electronics and micro-systems technology, as well as on the qualification of gases and chemicals by means of test processes. For this purpose, IISB and the Chair of Electron Devices maintain joint cleanroom facilities. This allows the implementation of the most important process steps performed on silicon wafers with diameters from 100 to in the most instances 200 mm. Individual processes are developed for future VLSI and ULSI circuits. Special activities are focused on generating thin dielectric and metallic layers by means of chemical vapor deposition using organo-metallic precursor materials, as well as low and high-energy implantation of dopants. Moreover, research endeavors are being pursued in the domain of nano-structuring and analysis or repair of prototypes of electronic devices. The development of power devices and components for power devices is the challenges of the device group. Developments achieved in the abovementioned key areas are supported by metrological services. Classical testing methods, such as MOS, I-V, C-V, sheet resistance, mobility, doping profile, and Hall Effect measurements as well as SEM & TEM investigations, energydispersive X-ray analysis, the determination of feature size, layer thickness, wafer planarity, and process-induced wafer warp have evolved to a major field of activity.

The department of crystal growth provides various R&D services which are based on its know-how in crystal growth and solidification as well as on the profound experiences of its co-workers in mechanical engineering, process analysis and computer simulation. R&D services are especially the development and optimization of equipment and processes for melt growth of crystals to be used in microelectronics, optoelectronics, communication technology, photovoltaics, medicine technique and microlithography. Thereby, the strategy is to contribute by experimental and theoretical studies to the identification and quantification of the relation of process conditions on crystal properties and defects. The department is provided with highly efficient user-friendly simulation programs, which are especially suitable for heat and mass transport calculations in high-temperature equipment with complex geometry. These computer codes are continuously further developed in close cooperation with industry with regard to new or improved physical models, to an easier way to use the programs and to more efficient algorithms. Furthermore, profound experimental experience exists in the development and application of process analysis, especially for the determination of heat and mass transport in crystal growth equipment. In addition, numerous methods for electrical and optical characterization of crystals are available due to a close collaboration with the Institute of Material

Continuation: Contract Research Services

Science, Chair for Materials for Electronics and Energy Technology.

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

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

Not only by its membership of the Fraunhofer Alliance Microelectronics and its incorporation into the Engineering Faculty of the University of Erlangen-Nuremberg, but also by its connections to numerous chairs and institutes of other universities, research institutions, and organizations in Germany as well as in other European countries, in North America, Japan, and China, the basis for scientific research in the field of the technology and fabrication of microelectronic products is enlarged and guaranteed in the long run.

Facilities

The Institute for Integrated Systems and Device Technology has a total of 4,780 m² of floor space at its disposal; 2,620 m² for offices and special purposes and 1,590 m² of laboratory space. In addition, 600 m² of cleanroom space are shared with the Chair of Electron Devices (University of Erlangen-Nuremberg).

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

The IISB has the following equipment at its disposal:

PROCESSING EQUIPMENT

Doping: 5 ion implanters, including a high-energy implanter (up to 6 MeV), rapid thermal processing (RTP)

Oxidation, diffusion and annealing: 4-stage furnaces, 300 mm vertical furnace, rapid thermal oxidation

Layer deposition: LPCVD of SiO₂, Si₃N₄, polysilicon, TEOS, BPSG, PECVD of SiO₂ and low stress Si₃N₄, ALD and MOCVD of high-k dielectrics and metals, electron beam evaporation, resistive evaporation, inductive evaporator, sputtering system, annealing and epitaxy systems for SiC

Etching methods: plasma and RIE dry etcher for SiO₂, Si₃N₄, silicon, polysilicon and aluminum, resist ashing, wet benches for all essential etching steps

Cleaning: Compatible to RCA clean, Piranha, final cleaning equipment

Lithography: projection and proximity exposure systems, E-beam system, automatic wafer track for coating and developing

Nanoimprint Lithography: Nano Patterning Stepper (NPS 300) structuring of substrates with diameters up to 200 mm

Polishing: double side polishing, chemical mechanical polishing

2 bonders (manual and automatic), packaging

Al wedge bonding

Vacuum vapor phase soldering

RESEARCH AND SERVICES

Continuation: Facilities

Facilities for crystal growth: 5 high pressure furnaces, 1 multi-zone furnace for high vacuum and reactive atmosphere, several multi-zone furnaces, among other things for special applications

Wire saw and polishing machines

Printed Electronics Laboratory: Aerosol synthesis and precipitation of nanoscale materials, glove boxes, centrifuge, ultrasonic processor, ink jet printer, spin and spray coating, plasma processor, annealing furnaces and plates

Class 100 cleanrooms for the development, testing, prequalification, and mounting of semiconductor manufacturing equipment with MESC-compatible cluster platform with XPS measurement module, Test set-up for particle measurements, Test set-up for plasma diagnostics, Vertical furnace with in situ layer thickness metrology

METROLOGY AND ANALYTICS

Chemical characterization:

Vapor phase decomposition (VPD) with or without automatic droplet scanner

Pack extraction method (PEM)

Wafer surface preparation system (WSPS)

TOC / DOC measurement tools

Optical characterization:

Atomic absorption spectroscopy (AAS)

Optical emission spectroscopy with inductively coupled plasma (ICP-OES)

Defect inspection on unpatterned wafer surfaces

Thermal imaging system

Fourier transformation infrared spectroscopy (FTIR)

Microscopy with digital image conversion

Optical system for wafer inspection and classification

Particle contamination (patterned and un-patterned)

Particle counter

Particle counter for liquid and gaseous media and for monitoring cleanroom quality

Photometer

Layer thickness (optically with ellipsometry or interferometry, mechanically with profilometry, rapid interferometry for in situ measurements, spectral ellipsometry (in situ, ex situ))

Totalreflection X-ray fluorescence analytics (TXRF)
UV / VIS / NIR spectrometry
Physical characterization:
Liquid chromatography (LC)
Gas chromatography mass spectrometer with thermo-desorption (TD) GC MS
Calometry, thermodynamics (DTA and DSC)
Trap density (Deep Level Transient Spectroscopy (DLTS))
Contact angle measurement tool
Micro viscosimeter and density measurement
Magnetic sector field mass spectroscopy
Mechanical stress in thin films
2 focused ion beam systems (FIB)
Secondary neutral mass spectroscopy (SNMS)
X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)
Scanning electron microscope (SEM) with energy-dispersive X-ray analysis (EDX)
X-ray diffraction (XRD) and X-ray reflectometry (XRR)
Scannig probe microscopy for electrical measurements: tunnel and leakage current (TUNA, c-AFM), spreading resistance (SSRM), capacitance (SCM)
Atomic force microscopy (AFM) for topography and roughness measurements
Wafer thickness and shape (capacitive)
Layer thickness (mechanically with profilometer)
Feature size (scanning electron microscope, AFM)
Thermo-desorption
Thermal wave metrology
Transmission electron microscopy (TEM)
Electrical characterization:
Diffusion length and lifetime of minority carriers (Electrolytical Metal Tracer (Elymat), Micro-wave Detected Photoconductivity Decay (μ -PCD), Surface Photovoltage (SPV))
Resistivity mappings (four point probe and spreading resistance)
Contact-less oxide parameter mapping (Oxide thickness, charge and interface-state density)
I-V and C-V measurements with manual or automatic wafer probing, pulse probing
Impedance analyzer, parameter analyzer
Profile of carrier concentration and mobility (Hall measuring set, spreading resistance)
Solar cell measurement setup
Three-phase power meter with line harmonic analyzer
Burst and surge pulse sources, load-dump, ESD

Continuation: Facilities

DC power sources and electronic loads up to 60 kW
Partial discharge measuring
Z _{th} measurement equipment
Further metrology:
Climatic test cabinet
Drive test bench (up to 40 kW)
Power cycling test equipment
Oscilloscopes up to 10 GS/s (Gigasamples per second)
SOFTWARE TOOLS
Various tools (commercial ones as well as in-house developments) for equipment, process, and device simulation, e.g. ICECREM, TRIM, DIOS, DESSIS, FLOOPS, SENTAURUS, RAPHAEL, FLUENT, ESI CFD, CrysMAS, DEP3D, ANETCH, Dr.Litho, ENCOTION
3-D thermal FEA
Ansoft PEMAG
Arena (discrete event simulation)
Circuit simulation tools Pspice, Simplorer
Cadence design package for syntheses of analog mixed-signal ASICs
Development tools for equipment control
Fuzzy development system
COMPUTERS
Powerful computer network (incl. clusters) for performing simulations, PCs, and control computers
MISCELLANEOUS
Solar powered charging station for electric vehicles

Contact Informations

Director

Prof. Lothar Frey
Phone: +49 (0) 9131 761-100
Fax: +49 (0) 9131 761-102
info@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

Public Relations

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

Technology

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

Administration

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

Technology Simulation

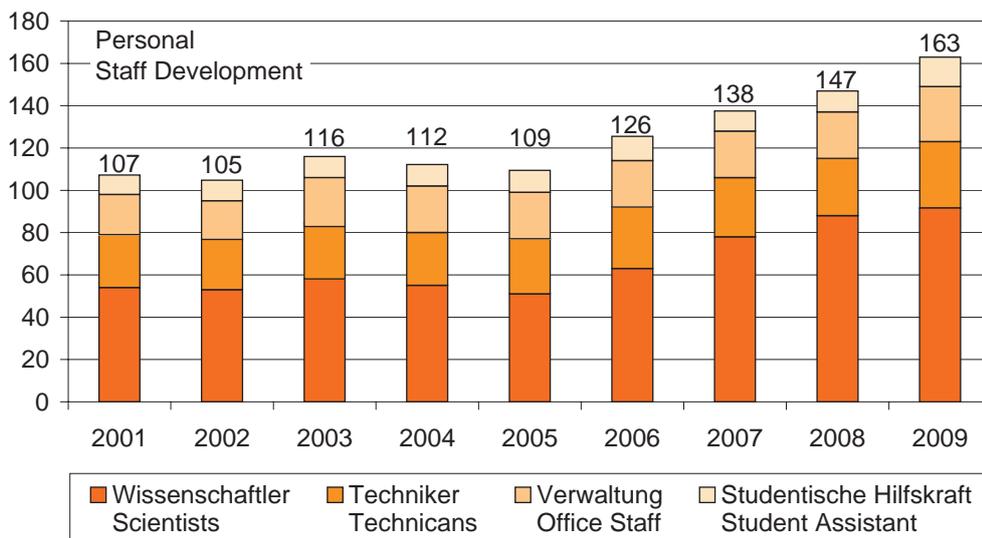
Dr. Jürgen Lorenz
Phone: +49 (0) 9131 761-210
Fax: +49 (0) 9131 761-212
juergen.lorenz@iisb.fraunhofer.de

Power Electronic Systems

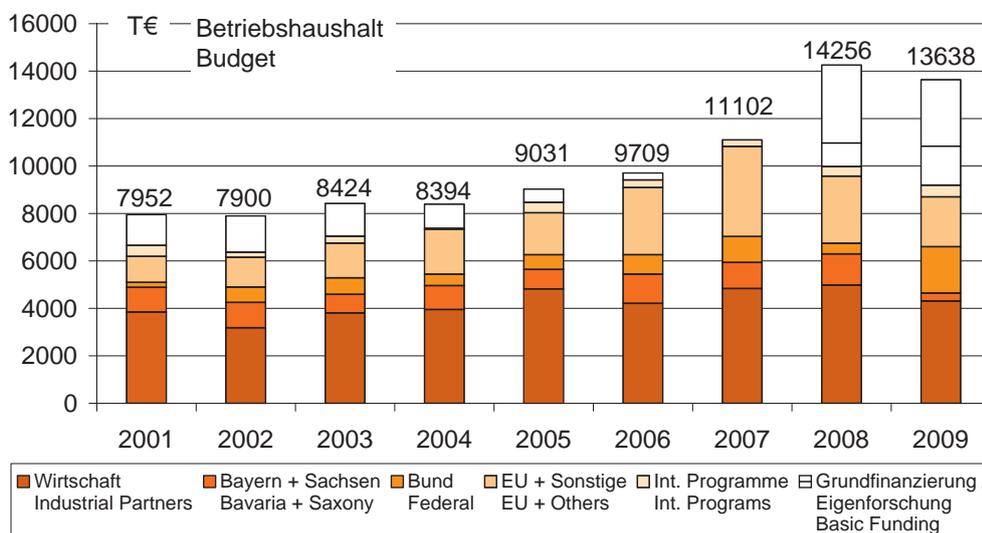
Dr. Martin März
Phone: +49 (0) 9131 761-310
Fax: +49 (0) 9131 761-312
martin.maerz@iisb.fraunhofer.de

REPRESENTATIVE FIGURES

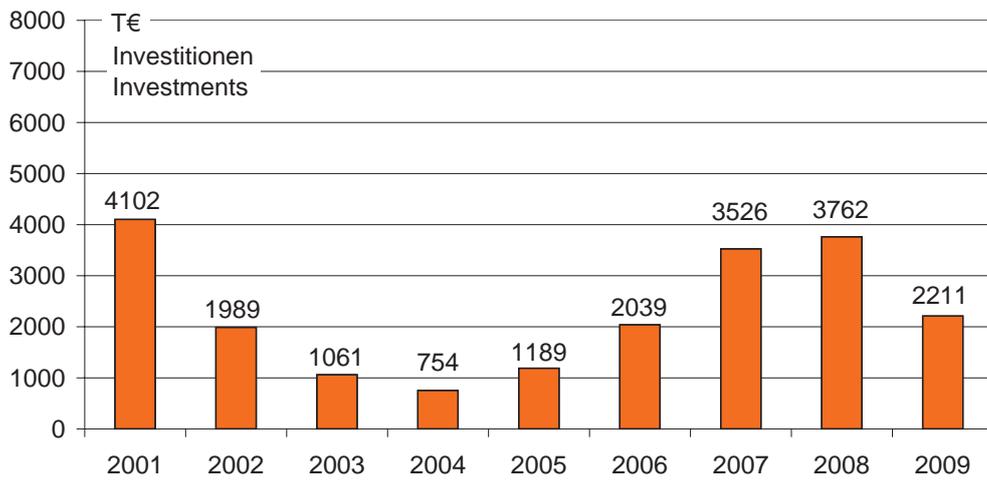
Staff Development, Budget and Investments



1 Staff development
2001 - 2009



2 Operating budget according
to financing domains
2001 - 2009



3 Capital investment
(without special funds)
2001 - 2009

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, ALLIANCE MICROELECTRONICS, "FÖRDERKREIS"

The Fraunhofer-Gesellschaft at a Glance

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 59 Fraunhofer Institutes. The majority of the 17,000 staff members are qualified scientists and engineers who work with an annual research budget of €1.5 billion. Of this sum, more than 1.3 billion Euros are 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 on solutions to problems that will not become acutely relevant for industry and society until five or ten years from now.

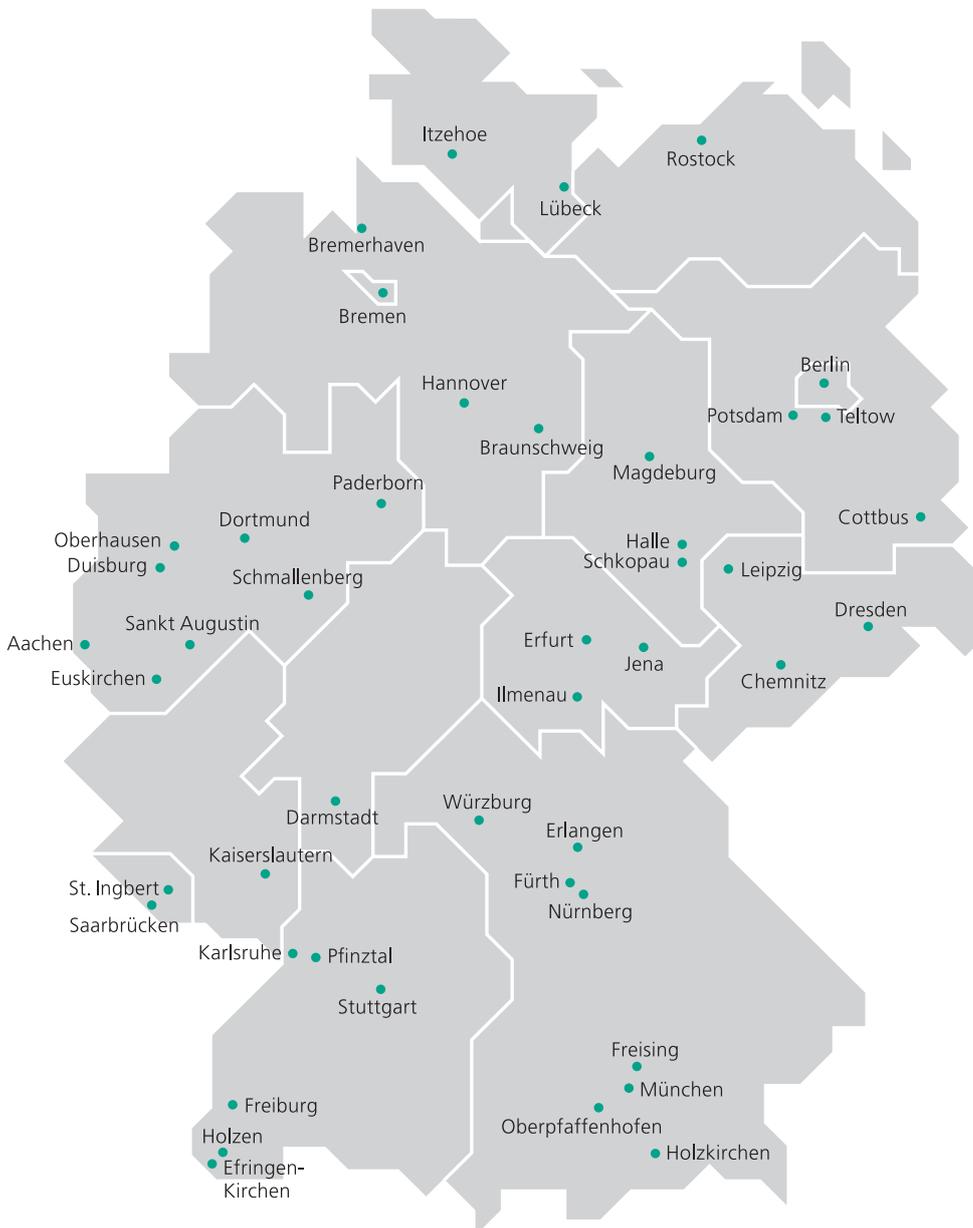
Affiliated research centers and representative offices in Europe, the USA and Asia provide contact with the regions of greatest importance to present and future scientific progress and economic development.

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 as well as 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, ALLIANCE MICROELECTRONICS, "FÖRDERKREIS"

The Fraunhofer Alliance Microelectronics

The Fraunhofer Group for Microelectronics VμE, founded in 1996, coordinates the activities of the Fraunhofer institutes working in the fields of microelectronics and microintegration.

The Fraunhofer Group Microelectronics combines the expertise of nine member institutes, three research institutions, and three guest institutes with a total of more than 2.400 employees.

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

Business Areas:

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

The office of the Fraunhofer Group for Microelectronics serves as a central liaison point for the twelve member institutes. Acting in an advisory function, it provides support to the steering committee of VμE in matters related to the coordination of research content and the planning of future work. The employees of the business office of the Fraunhofer Group for Microelectronics are contacts for customers out of the fields of science, research, business, and politics.



The alliance comprises the Fraunhofer Institutes for

- High Frequency Physics and Radar Techniques FHR
- Open Communication Systems FOKUS (Guest)
- Telecommunications, Heinrich Hertz Institute, HHI
- Applied Solid-State Physics IAF
- Digital Media Technology IDMT (Guest)
- Integrated Circuits IIS
- Integrated Systems and Device Technology IISB
- Microelectronic Circuits and Systems IMS
- Photonic Microsystems IPMS
- Silicon Technology ISIT
- Non-Destructive Testing IZFP-D (Guest)
- Reliability and Microintegration IZM

as well as the Fraunhofer Research Institutions

- Fraunhofer Center Nanoelectronic Technologies CNT
- Electronic Nano Systems ENAS
- Communication Systems ESK

Managing Director of the Business Office

Dr.-Ing. Joachim Pelka

Phone: +49 (0) 30 688 3759-6100

Fax: +49 (0) 30 688 3759-6199

joachim.pelka@mikroelektronik.fraunhofer.de

Fraunhofer Group for Mikroelektronik

SpreePalais at the Berlin Cathedral

Anna-Louisa-Karsch-Str. 2

10178 Berlin

Germany

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

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, ALLIANCE MICROELECTRONICS, "FÖRDERKREIS"

"Förderkreis für die Mikroelektronik e.V."

More than 25 years ago, the founders of the non-profit organization "Förderkreis für die Mikroelektronik e.V." (society for promotion of 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 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 ultramodern equipment. Besides the industrial members, academic partners of the "Förderkreis" are the two Fraunhofer institutes IIS and IISB in Erlangen and the chairs of Electronics, Reliable Circuits and Systems, Information Technology with Focus on Communication Electronics, as well as the Chair of Electron Devices of the University of Erlangen-Nuremberg, which is held by the head of the IISB, Prof. Lothar 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 and grants

Especially by the last item, the "Förderkreis" realizes its goal of promoting research, development, teaching and technology transfer together with its partners. Thus, in 1996 an innovation award for microelectronics was founded which is annually granted and endowed with 3000 Euros. The main criterion for the jury is an outstanding progress in the field of microelectronics, but also its implementation through 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 and Dr. Volker Häublein (2006, together with Infineon), Dr. Mathias Rommel and Dr. Holger Schmitt (2008, together with Süss and S.E.T. SAS) as well as Dr. Jochen Friedrich und Dr. Bernhard Freudenberg (2009, together with SolarWorld AG). Furthermore, the "Förderkreis" has recognized the importance of guaranteeing the future of technical education. In this context, in 2000, a youth award endowed with 500 euros 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, arouses lively interest.

Another instrument of promotion by the "Förderkreis" is a PhD grant, by which especially qualified young PhD students who work on their thesis at one of the microelectronics chairs of the University of Erlangen-Nuremberg can be supported with 720 euros per month over a period of three years. 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.

In 2009, the "Förderkreis für die Mikroelektronik" again was a good and reliable regional partner for the Fraunhofer IISB.

Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.

Chief Executive Officer:

Dr. sc. techn. h.c. Dietrich Ernst

Branch office:

IHK Nürnberg for Middle Frankonia

Contact:

Knut Harmsen

Managing Director of the "Förderkreis"

Phone: +49 (0) 911 1335-320

harmesen@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 2009 issue estimated this time and cost reduction at about one third for best practice cases. 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. For many years now, the close cooperation with industrial users and other research institutes, promoted by IISB, is a key element of the success of the department. The activities of the department span from internal research carried out to generate proprietary knowhow and intellectual property rights through joint research with partners who all contribute complementary skills as well as to bilateral cooperations and compound projects on the application of simulation to support the development of advanced processes and devices.

Two European projects which have been finished very successfully mid and end of 2009 demonstrate the broad scope of the activities: Within the project "ATOMICS" ("Advanced Front-end Technology Modeling for Ultimate Integrated Circuits), coordinated by IISB, predictive physical models have been developed for the activation and diffusion of dopant atoms in advanced low-temperature and millisecond annealing processes and advanced semiconductor layers. The consortium consisting of the semiconductor company STMicroelectronics, the software house Synopsys, the equipment company Mattson Thermal Products, the characterization company CSMA, the research institutes CNRS-LAAS and Fraunhofer IISB, and the University of Surrey achieved not only outstanding scientific results, but also succeeded to make these widely available via a multitude of publications and the implementation of models in the commercial process simulator "SENTAURUS" of Synopsys. The European project "MD3" ("Material Development for Double Exposure and Double Patterning") aimed at the development of materials suitable for optical lithography below feature sizes of 36 nm. The consortium consisted of the semiconductor company STMicroelectronics, the resist supplier Dow Electronic Materials, the research institutes LETI (coordinator), CNRS-LTM, Fraunhofer IISB, NCSR Demokritos, and the



Weierstrass institute. IISB coordinated the simulation workpackage which supported the experimental activities of the other workpackages. Through its simulation activities, the institute has made important contributions to the assessment and optimization of double patterning techniques which are the lithography methods currently applied for the fabrication of smallest features.

1 *Dr. Jürgen Lorenz,*
head of department

Due to physical limits of aggressive scaling (“More Moore”) approaches, it is important to perform focused research both on innovative materials, processes and devices as well as on the extension of the activities beyond mere scaling, e.g. for analog or high voltage devices, circuits and systems (“More than Moore”). The Technology Simulation department addresses both directions with external projects as mentioned above as well as with focused internal research e.g. on process variations, the co-simulation of electronic, mechanical and thermal effects, and optical simulation.

Besides the functionality of devices and circuits, e.g. high switching speed and low leakage currents, process variations, interactions between electrical, thermal and mechanical effects, and reliability issues in general gain more and more importance. Increasingly, these issues request a holistic investigation of the whole process and design chain. IISB addresses these problems among others within the Fraunhofer-internal project “Hierarchical simulation of nanoelectronic systems for mastering of process variations” (HIESPANA), in which IISB as coordinator and the Fraunhofer institutes IIS/EAS, IMS, ITWM and SCAI as partners develop a program system for the simulation of the impact of process variations on devices, circuits and systems.

Contact

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

Process Simulation for the Next Generation of CMOS Devices

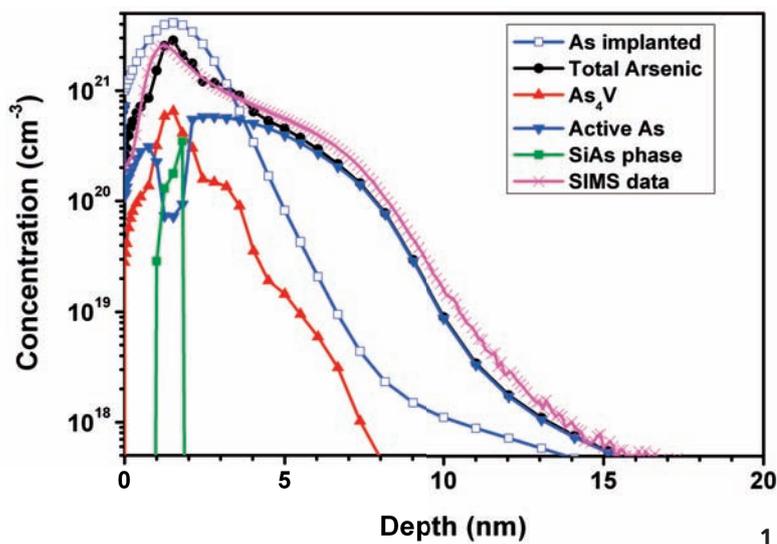
Advanced nanoelectronic semiconductor devices and circuits enable an overwhelming and further growing variety of applications in all areas of life. For their development, numerical simulation (Technology Computer-Aided Design, TCAD) has become an indispensable tool. It enables a rapid and cheap identification of the best options for possible device architectures for a specific application, optimization of the interplay of the processes, and determination of the best values regarding their parameters.

Challenges for Nanoelectronic Devices

One of the key challenges is that advanced nanoelectronic devices require extremely shallow junctions between device areas with different electronic polarity, but at the same time very small electrical resistivities to allow high speed and low power consumption. This requests sophisticated high-temperature processes to anneal the defects created during the implantation of dopant atoms needed to form the devices. In addition, new silicon-based materials are integrated into the process flow to allow new device architectures and the exploitation of mechanical strain. The latter serve to increase carrier mobility in the channels of devices, but will potentially also be used in future to increase the concentrations of electrically active dopants.

Broad Cooperation of Industry and Research

In the project "Advanced Front-End Technology Modeling for Ultimate Integrated Circuits" (ATOMICS) funded by the European Union within the area "Information Society Technologies" (IST) of its Sixth Framework, a consortium of European semiconductor, equipment and software companies (STMicroelectronics Crolles, Mattson Thermal Products, Synopsys, CSMA), complemented by leading research institutes and universities (IISB, LAAS-CEMES/CNRS, Univ. Newcastle upon Tyne) under coordination of the IISB, has achieved breakthroughs in understanding the physics of advanced processing of future nanoelectronic devices. In particular, it was possible to extend the capabilities of TCAD for the activation and diffusion of dopants as well as for the formation of extended defects. Figure 1 shows exemplarily the simulation of an advanced annealing process for arsenic. For the development of the model it was necessary to recalibrate the fractional diffusivity of arsenic via interstitials as shown in figure. 2. At the same time, the models could be extended to new materials like strained silicon, strained and unstrained SiGe alloys, and thin layers of silicon (silicon-on-insulator, SOI, and silicon-on-nothing). To be of im-

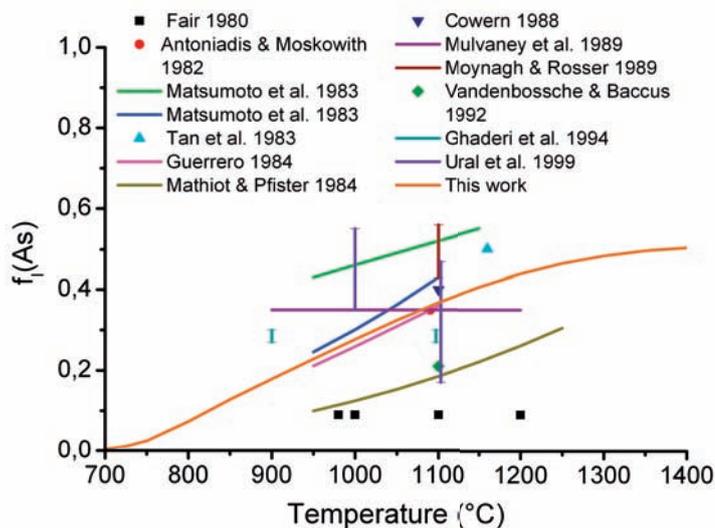


1

mediate use for the semiconductor industry, the models have been validated by STMicroelectronics with respect to industrial needs and have been implemented and integrated by Synopsys into the industry's standard process simulation software "Sentaurus Process". This is an important contribution to enable the further improvement of nanoelectronic devices and circuits.

1 Comparison between experimental and simulation results with a model developed at the IISB for "Spike" annealing with a peak temperature of 1000 °C followed by millisecond flash annealing with a peak temperature of 1300 °C after ion implantation of arsenic with 1 keV

2 Fractional diffusivity of arsenic via interstitials as a function of temperature. The model developed by IISB ("This work") are compared to literature values



Contact

Priv.-Doz. Dr. Peter Pichler
 Phone: +49 (0) 9131 761-227
 peter.pichler@iisb.fraunhofer.de
http://www.iisb.fraunhofer.de/en/arb_geb/atomics.htm

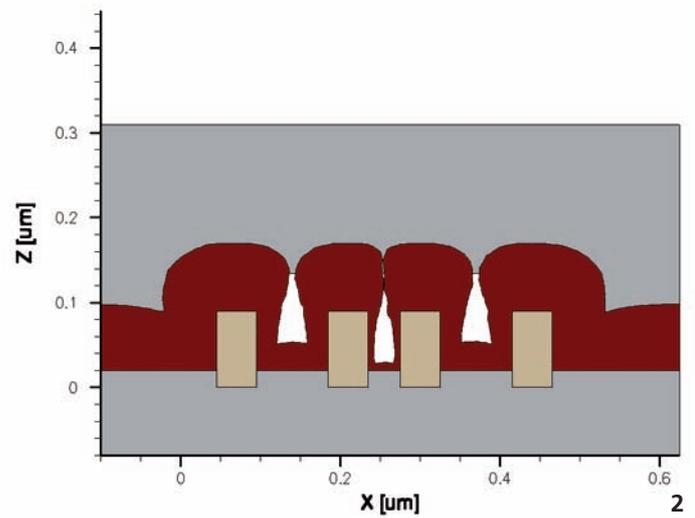
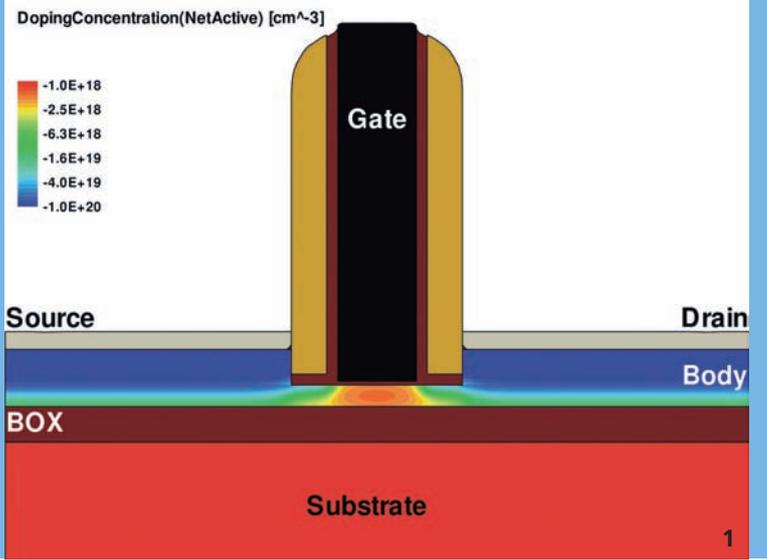
Simulation of Processes, Devices and Interconnects in the PULLNANO Project

The impact of technological options for 22 nm single-gate fully depleted thin-body SOI CMOS transistors on the performance of integrated circuits has been studied by means of computer simulation. We investigated two variants of the rapid thermal annealing schemes and performance boost using mechanical stress as well as two variants of the circuit interconnects, a conventional low-k-insulated interconnect and an air-gap interconnect structure. Transistors having a physical gate length of 22 nm have been analyzed. We studied the transistor characteristics as well as the performance of an SRAM memory cell circuit.

As an example for results of numerical simulations, the geometrical shape and the doping distribution inside the PMOS transistor are shown in figure 1. These simulations were performed using the Sentaurus TCAD system by Synopsys. Advanced models recently developed at IISB for simulating the activation and diffusion of arsenic and boron during the rapid thermal annealing were used in the simulations.

Regarding interconnects, the usage of so-called air-gap structures is a promising way to reduce the parasitic capacitances arising from the capacitive coupling between interconnecting metal lines. The physical-based simulator "DEP3D" of IISB has been used to study a low-temperature oxide deposition process which is an option for the manufacturing of air-gap structures (figure 2). However, it turned out that another option which is based on complete removal of the dielectric material between the interconnecting lines provides an even higher reduction of parasitic capacitances. Therefore, this option was used in our simulations for reducing the capacitance values to improve the SRAM cell performance. Based on the geometrical structure created with the topography simulation tools of IISB, the capacitances were extracted with the finite-element code STAP which has been developed at TU Vienna. Figure 3 shows the effects of air gaps in the interconnect insulation on the SRAM READ cycle dynamics. The simulation has been carried out by SPICE modeling, using compact transistor models extracted from numerical simulations and the interconnect capacitances described above. The use of air gaps reduces the delay in the READ cycle of the SRAM circuit by roughly 25 %, independently of the front-end options (thermal processing, mechanical stress).

By means of numerical simulation it has been shown that different technological options have



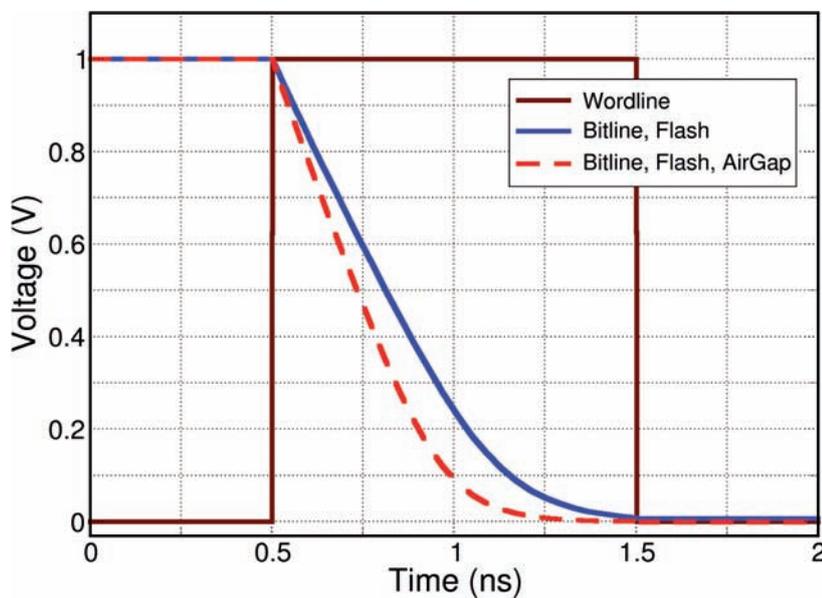
specific effects on the dynamic behavior of integrated circuits. For example, the SRAM WRITE delay times and inverter delay times are mostly determined by the transistor performance. Interconnects are important for the dynamics of the SRAM READ cycles.

The work described has been carried out within the Integrated Project „PULLNANO“ funded within the 6th Framework Programme of the European Commission which aims at research and development to push forward the limits of advanced CMOS technologies. At IISB, the departments Technology, Technology Simulation, and Semiconductor Equipment and Methods contributed to the work. The final review of the project (in early 2009) was very successful regarding work within the project as a whole as well as with respect to the various contributions of the departments of IISB.

1 Simulated geometry and doping distribution of a single-gate thin-body SOI PMOSFET

2 Simulation of low-temperature oxide (dark red) deposition on interconnecting lines (light brown) carried out by the physical-based deposition simulator „DEP3D“ of IISB

3 Impact of air gaps on the READ characteristics of the SRAM circuit



Contact

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

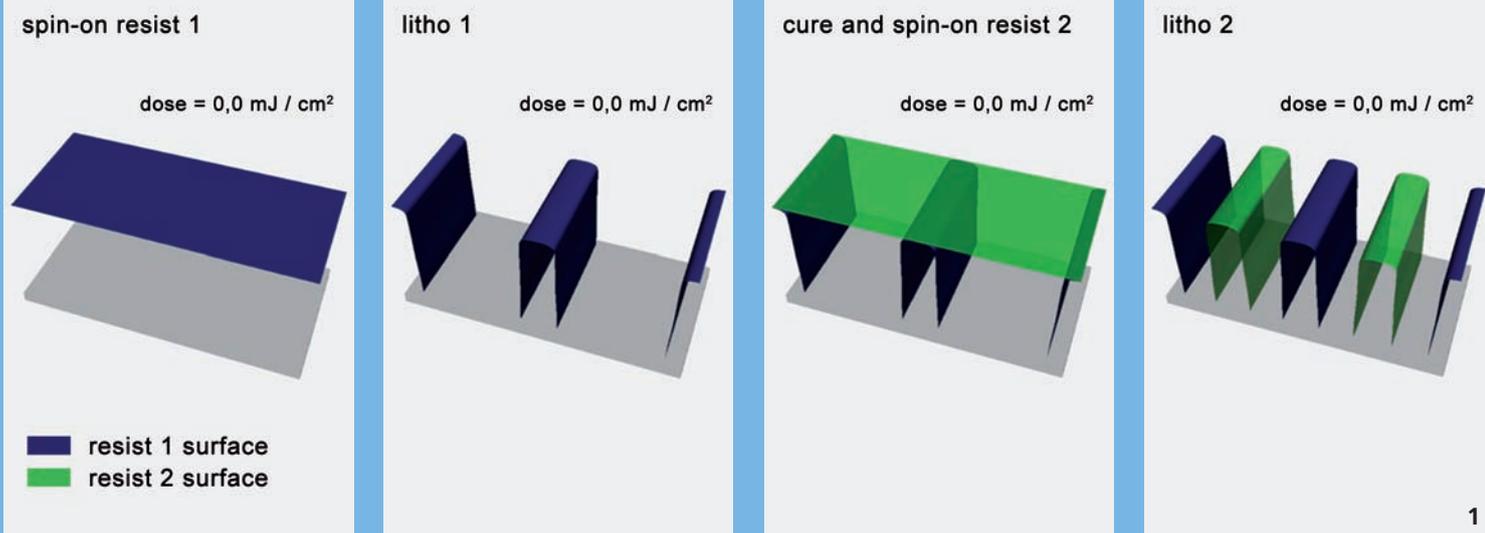
Optical Lithography for 32 nm

For more than 30 years, optical projection lithography has been a generally applied method of semiconductor fabrication. The performance of this patterning technique depends on the optical projection system including the mask and on the photoresist and its processing.

Optical projection tools and lithographic masks have been pushed close to their theoretical limit for a single exposure step with an achievable feature size of 36 nm. Recently, several new methods were proposed to use new photoresists and processing techniques to extend optical projection lithography below this limit. Most of these methods use optical or chemical non-linearities of the photoresist or other materials in combination with two or more exposures. The European project MD3 (“Material Development for Double Exposure and Double Patterning”) was dedicated to the development of appropriate materials which are the key for the successful realization of optical lithography for feature sizes below 36 nm. Fraunhofer IISB led the simulation workpackage of MD3 to support the experimental work in other workpackages. The development and research lithography simulator “Dr.LiTHO” of IISB was extended and combined with simulation algorithms of other partners to model the impact of material properties and processing conditions on the performance of lithographic processes.

Double exposure techniques combine two subsequent lithographic exposures with optical non-linearities. No special processing of the photoresist is required between these two exposures. Therefore, these double exposure techniques are considered as economically very attractive methods. On the other hand, materials with pronounced optical non-linearities are required for a practical realization of these techniques. Dedicated simulations were employed to identify the required material properties. Figure 1 shows simulation results for so-called reversible contrast enhancement layers (RCEL). These are materials which are deposited on the top of the resist and bleach under the impact of light. The optical non-linearity of the RCEL produces high spatial resolution intensity distributions inside the RCEL. However, at larger numerical apertures (NA) it becomes increasingly difficult to transfer these intensity distributions into the photoresist.

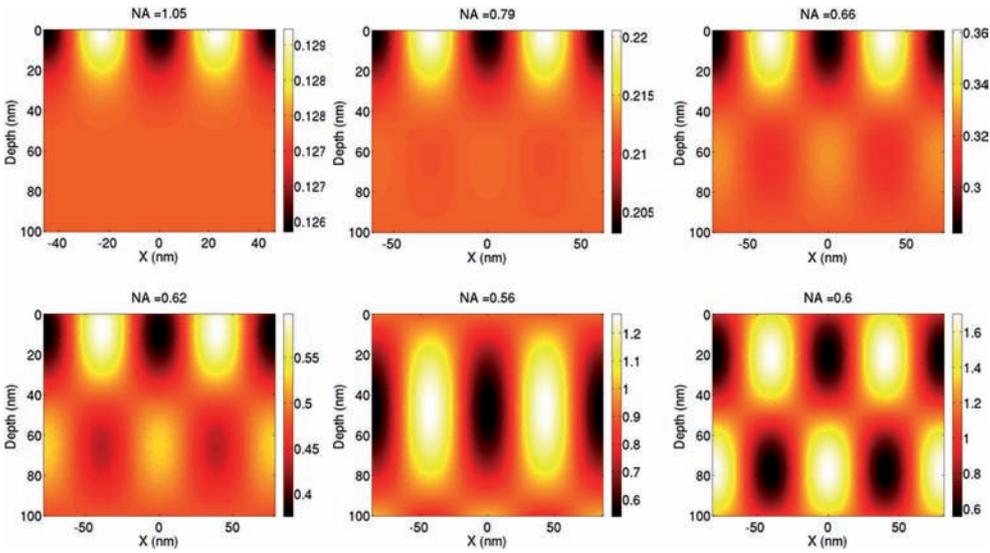
In contrast to double exposure techniques, double patterning techniques require special processing of the photoresist between two exposures. Additional processing steps increase the costs. On the other hand, chemical processing techniques like curing, photoresist development



or etch provide additional flexibility for the design of such processes. Figure 2 demonstrates how a lithography-cure-lithography-etch (LCLE) process can be used to create 32 nm lines and spaces. Simulations were used to identify the most appropriate materials and processing techniques. Dow Electronic Materials and other partners in the MD3 project have successfully demonstrated the very good performance of optimized materials for lithographic fabrication.

Due to the results of MD3 and other research and development activities, double patterning processes like LCLE are close to their introduction in manufacturing. They will be used for the fabrication at the 32 nm technology node. Moreover, these techniques are extendible to feature sizes of 16 nm. However, double patterning techniques come with increased process-related increased manufacturing cost. As long as other technologies such as EUV or multibeam e-beam writing are not mature enough, double patterning can be used for the ongoing miniaturization in micro- and nanoelectronics.

1 Simulated intensity distributions inside the photoresist using a RCEL for different numerical apertures



2 Simulated resist processing sequence for a litho-cure-litho-etch (LCLE) process

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

Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials

The research focus of the department Crystal Growth 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 numerical modeling.

For that purpose, IISB is provided with a well-suited infrastructure as well as with 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 regards to the needs of industrial partners.

In 2009, the department of Crystal Growth of Fraunhofer IISB has consolidated its position as a worldwide center of competence in the field of crystal growth.

In the field of crystallization of solar silicon, together with its subsidiary in Freiberg, the Fraunhofer Technology Centre Semiconductor Materials, IISB has developed ways to avoid the formation of harmful precipitates and has gained valuable knowledge about the heat and mass transfer processes in large silicon melts of its industrial partner by combined experimental analyses and numerical simulation. A consequent optimization of the industrial solidification process of multi-crystalline silicon ingots resulted in an enhancement of the production yield.

The investigations of crystal defects affecting long-term stability and reliability of silicon carbide devices are the focus in the area of research on high-power devices. Within this framework, it was possible to work out measures which helped to avoid the formation of special crystal defects during epitaxy. This is considered to be an important prerequisite for higher reliability of bipolar SiC devices. A detailed study with synchrotron white beam topography (SWBXRT) at the synchrotron ANKA (Karlsruhe) demonstrated that it is not possible to classify the types of dislocations in SiC with carrier concentrations of $n > 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ by means of regular defect-selective etching as the usual etching techniques are not selective enough. In order to enable the distinction and correct identification of dislocation types in such SiC material, a slightly doped, homoepitaxially grown SiC layer is needed which can be reliably analyzed by simple etching techniques.



In the field of earth exploration, safety, and medical engineering, there is a huge demand for new materials for the detection of high energy radiation. These detectors shall allow higher accuracy at a reduced radiation exposure. Depending on the application field, different radiation sources and detector materials are needed. The properties of these materials, however, limit their use and prevent their penetration into the market. IISB has started in collaboration with industrial partners to study the influence of the growth conditions of such detector materials on their material properties as a prerequisite to increase their market potential.

1 *Dr. Jochen Friedrich,
head of department*

In the simulation sector, the CrysMAS software which represents the main product of the department Crystal Growth was further tailored to the needs of the customers and their requirements concerning easier usage and availability of special physical models. Furthermore, the department Crystal Growth has successfully used its competence in thermal modeling for its industrial partners, especially for furnace manufacturers, to promote the development of new furnace generations for crystal growth and the processing of silicon and silicon carbide wafers. Within the framework of the BMBF cluster of excellence "Solarvalley Mitteldeutschland", the numerical results obtained by the department also deliver a small contribution to further reduction of the costs for the generation of solar power.

Last but not least, several invited talks at international conferences as well as the collaboration in different national and international expert panels in the field of crystal growth have contributed to strengthen the international reputation of the department Crystal Growth. Moreover, the Crystal Growth department itself organized several meetings. For its contribution to increase the yield during production of solar silicon, the department was awarded with the "Georg Waeber Innovation Award" of the "Förderkreis Mikroelektronik". The complementary investigations of the dislocations in SiC by x-ray topography and etching were honored by the "Best Poster Award" of the ANKA User Meeting and with the "Student Poster Award" of the International Conference on SiC and Related Materials.

The department Crystal Growth works closely together with research institutions and maintains national, as well as international cooperations with industry.

Contact

Dr. Jochen Friedrich

Phone: +49 (0) 9131 761-269

jochen.friedrich@iisb.fraunhofer.de

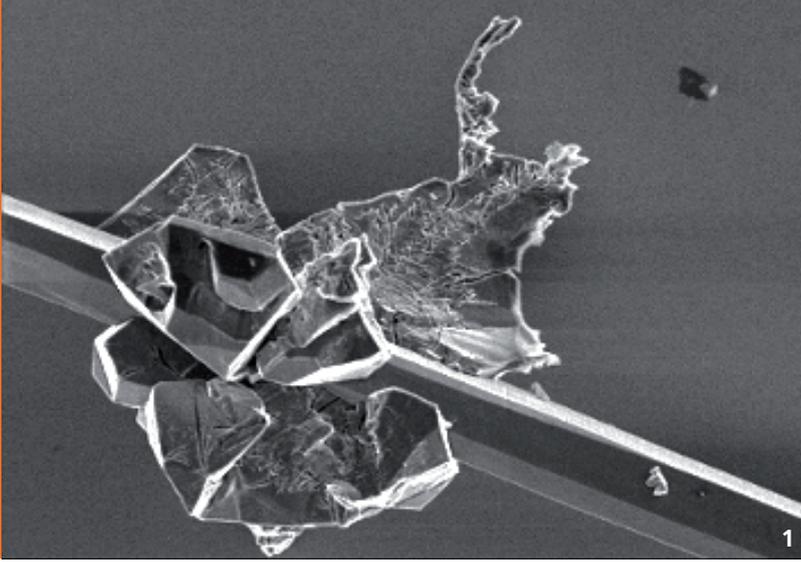
Microstructure in Multicrystalline Silicon for Photovoltaics and the Impact of the Growth Conditions

Today, photovoltaics are mainly based on crystalline silicon solar cells. For the manufacturing process, cost-effective silicon crystals with customized properties are used which are cut into thin silicon wafers for the solar cell production.

The silicon crystals, called ingots, are produced via controlled crystallization from a hot silicon melt with a temperature of 1500 °C. An important criterion for cost-effectiveness of crystallization of silicon ingots is the wafer yield per ingot. This is, beside other factors, mainly dominated by the carbon and nitrogen contamination level in silicon. Due to an interaction of the silicon with interior furnace equipment and the crucible material, the formation of defects like silicon carbide and silicon nitride precipitates can take place during the ingot solidification process. These precipitates have a deleterious influence on the subsequent wire sawing process due to their hardness. Furthermore, they can degrade the solar cell efficiency due to short circuit currents occurring. These ingot regions have to be rejected and hence reduce the wafer yield per ingot.

This is the starting point for the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology. At the headquarter in Erlangen as well as at the branch, the Fraunhofer Technology Centre for Semiconductor Materials THM in Freiberg, research is carried out in close cooperation with the industry partner SolarWorld AG on the avoidance of the precipitate formation to increase the wafer yield per ingot. The main challenge was to develop a detailed understanding on the formation mechanism of these crystal defects. By means of fundamental experiments and theoretical investigations, scientists from Fraunhofer and industry have identified together that a well-mixed silicon melt is necessary to avoid precipitate formation. In regions with low melt velocity (so-called “badly mixed regions”) in the vicinity of the solid-liquid phase boundary, an enrichment of contamination elements occurs and leads to the formation of precipitates in the silicon crystals. This was confirmed by laboratory-scale crystal growth experiments and accompanied numerical simulation. Thus, scientific requirements were built to reduce or to avoid the unwanted precipitate formation during industrial production of multicrystalline ingots by using suitable procedural measures.

To reach these conditions in industrial production, the scientists developed the idea to use optimized magnetic fields to influence the convection in the silicon melt. With the aid of numerical simulation and special measuring techniques, production furnaces were optimized to avoid

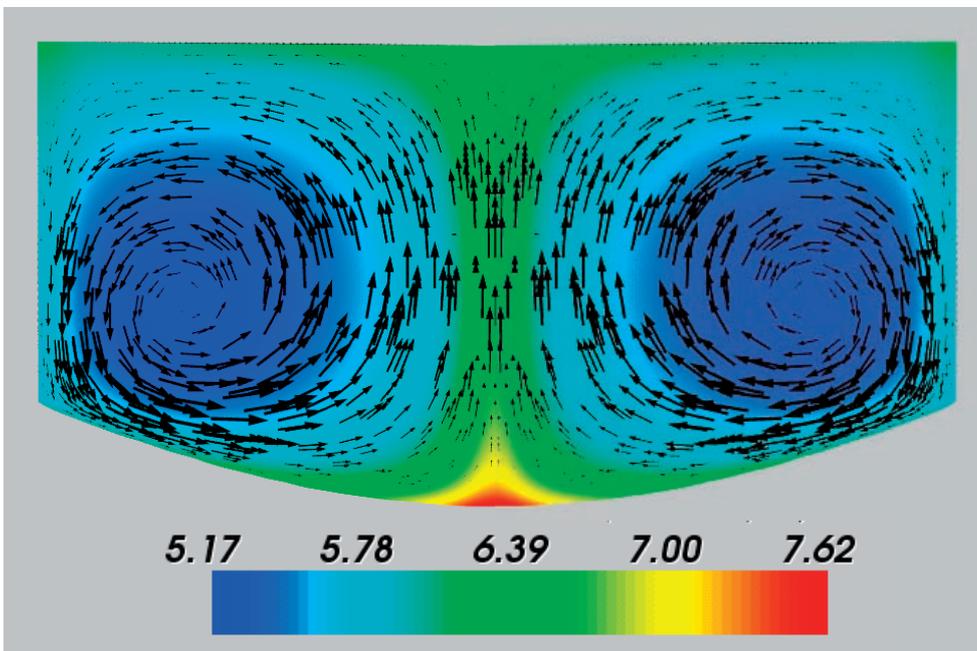


badly mixed regions during the crystallization process and to increase the wafer yield. Accordingly, the cost reduction step is an important requirement to ensure that the growth of photovoltaics will be continued during the next years.

The work was granted the "Georg Waeber Innovationspreis" from the "Förderkreises für die Mikroelektronik e.V." (society for promotion of microelectronics).

The research and development activities are funded partly by the European Regional Development Fund (ERDF) and by the Saxon State Ministry for Economic Affairs and Labor.

1 *SiC crystallites growing on a Si_3N_4 rod found in multicrystalline silicon*



2 *Calculated carbon concentration in 10^{18} atoms/cm³ in the silicon melt after 1 h of crystallization*

Contact

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

Crystal Defects in 4H-SiC Analyzed by X-ray Topography and Defect-Selective Etching

4H silicon carbide (4H-SiC) is the preferred material for high-power and high-voltage devices because of its intrinsic physical properties. The first generation of 4H-SiC devices was launched in 2001 and the development of further devices is in progress.

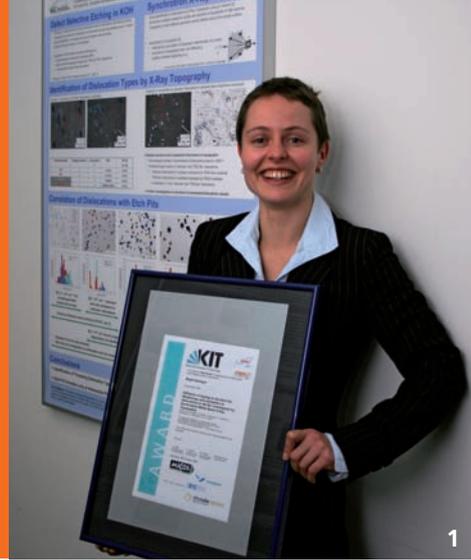
The quality and diameter of 4H-SiC wafers have been improved significantly during the last years. The correlation of crystal defects with device properties is still an important milestone for the identification of critical defects and for the development of processes to avoid defects in crystal growth and in device processing. This progress is able to further increase both the device yield and the attractiveness of the semiconductor.

Our partners SiCrystal AG, SiCED, Infineon Technologies as well as the Chair for Applied Physics of the University Erlangen-Nuremberg have been working together with the Fraunhofer IISB on a research project since 2007. This project is funded by the "Bayerische Forschungsförderung" (BFS) under contract number AZ-720-06. The material and process development are mainly focussed on line defects, so-called dislocations. Their dislocation density typically amounts to 10^4 cm^{-2} in 4H-SiC wafers. Different types of dislocations have to be considered since their structural properties and impact on the device performance differ significantly.

Defect-selective etching is known as standard method in industry to detect and identify dislocations. Dislocations intersecting the sample surface are decorated by characteristic etch pits, which can be automatically classified and counted within a subsequent microscopic investigation. Up to now, the identification of underlying dislocations was based on the assumption that each dislocation type is decorated by a specific etch pit type characterized by its shape and size.

Within the current research project, a comprehensive study was performed in order to identify dislocations by means of defect-selective etching as well as x-ray topography at the synchrotron ANKA. This study has proven that dislocations can be identified based on their etch pits for aluminum or material with low nitrogen doping only. The distinct dislocation types of samples with high nitrogen doping cannot be identified by their etch pit size.

Up to now, in pertinent literature the doping state of the sample has been insufficiently differentiated. Therefore, the conclusions drawn in former studies must be dealt with care. Our

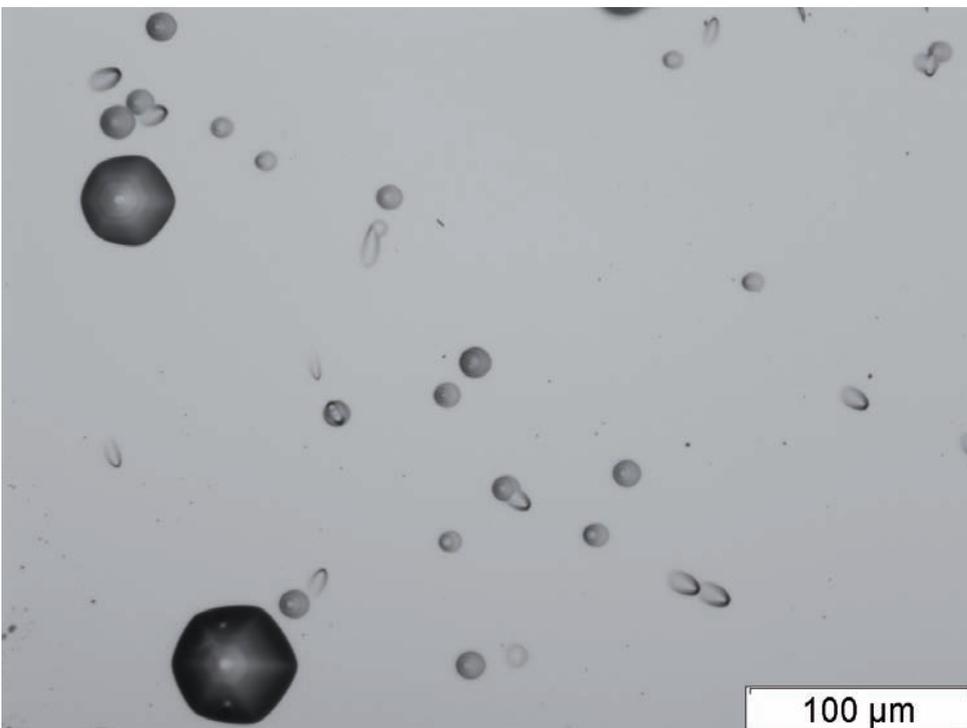


1

new results pose a new challenge for researchers: The development of alternative etching techniques is needed for identification of dislocation types in material with high nitrogen doping.

These results were presented as posters both at the annual users' meeting of the synchrotron light source ANKA in Karlsruhe and the International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSCRM2009) in Nuremberg. Birgit Kallinger and the research partners from Si-Crystal AG and the department of crystallography of the University of Freiburg won the "Best Poster Award" of the ANKA users' meeting as well as the "MANSIC Poster Award" during the ICSCRM2009.

- 1 *Radiant winner: Birgit Kallinger with the "Best Poster Award"*



- 2 *Etch pits at the surface of a 4H-SiC wafer with high nitrogen doping*

Contact

Birgit Kallinger

Phone: +49 (0) 9131 761-273

birgit.kallinger@iisb.fraunhofer.de

Thermal Modeling of Crystal Growth Furnaces and High-Temperature Equipment for Semiconductor Processing

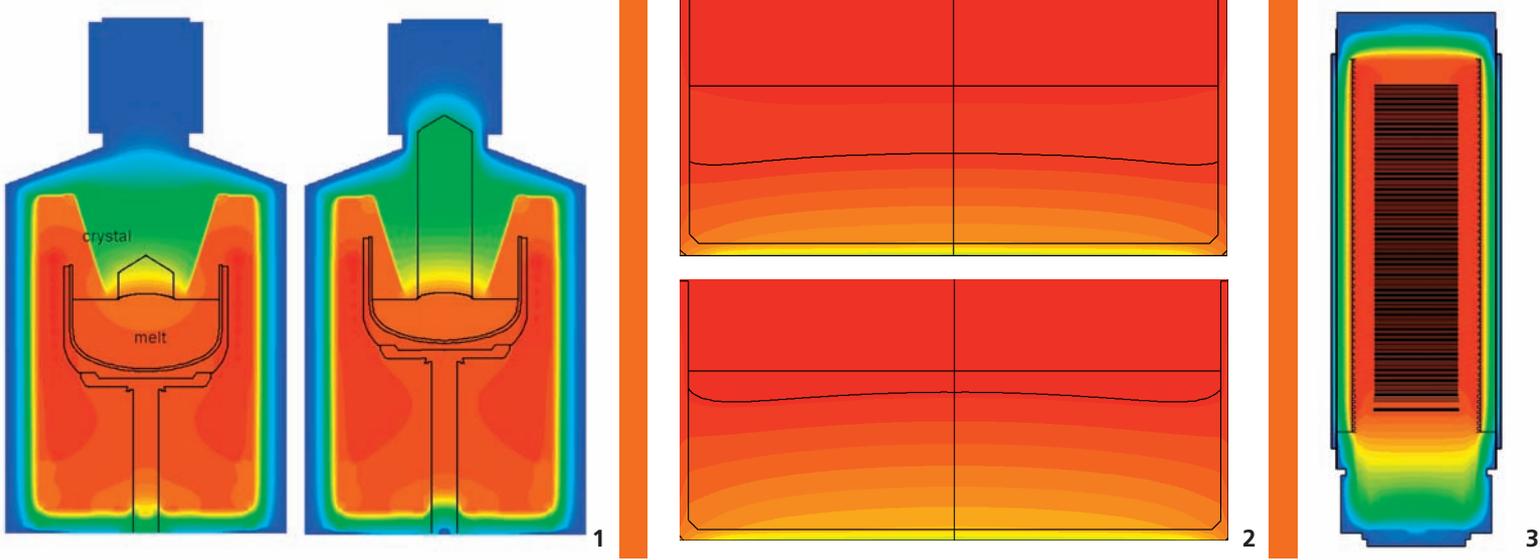
For the design of high-temperature furnaces and processes, Fraunhofer IISB uses to a large extent the in-house developed software "CrysMAS". The program allows a fast and user-friendly simulation of heat transfer processes, especially including thermal radiation which is the dominating transport process at high temperatures.

Within the joint initiative "SolarValley Mitteldeutschland", supported by the German Federal Ministry of Education and Research, IISB with its subsidiary THM in Freiberg is involved in sub-projects dedicated to the development of furnaces and processes for the production of photovoltaic silicon by the Czochralski method (see fig. 1). In this process, a seed crystal is dipped into a silicon melt and withdrawn in a controlled way such that a large single crystal is growing, which then will be cut into wafers for the production of solar cells. Within the framework of the joint initiative, it is planned to optimize the process according to the special requirements for photovoltaic silicon, e.g. by reduction of overall energy consumption and by an increase of the pulling rate. This work is being performed experimentally and accompanied by numerical simulations. Simulations can give valuable input here by estimations of the influence of constructive changes concerning insulations and shapes of heat shields in advance.

An alternative method for the production of photovoltaic silicon is the ingot casting process for multicrystalline silicon (see fig. 2), where a silicon melt is solidified in a controlled manner from bottom to top. An advantage of this method is its lower costs compared to the Czochralski method. An inherent problem of this method is the impossibility to observe the solidification front during the process. Therefore, simulations are important here for the development and optimization of the solidification process.

Also after production of the crystalline base material, semiconductors are typically exposed to a series of high-temperature processes, e.g. annealing, diffusion, and oxidation processes.

IISB is accompanying the development of such furnaces and processes by thermal simulations. The big challenge here is that, for example in case of oxidation of silicon at around 1000 °C (see fig. 3), the maximal temperature difference in a stack of 175 wafers should not exceed 2 °C in order to obtain a sufficiently homogeneous oxide thickness. This also poses a challenge for the numerical simulation, which has to take into account the radiative interaction among



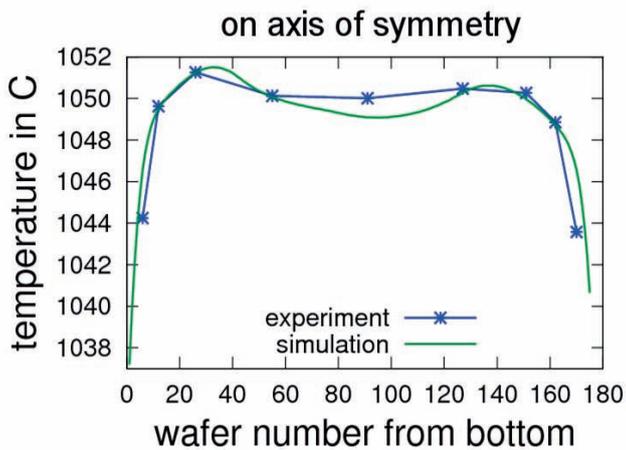
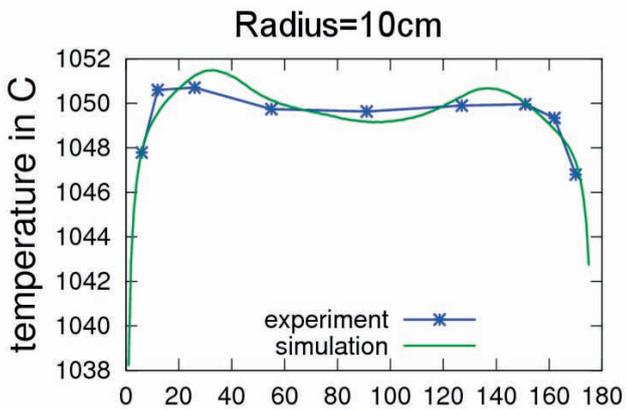
all wafer surfaces. In the case of the example given, after adaptation of the software, this task could be solved by parallel computation on 128 processors on the local IISB cluster within some hours. As shown in fig. 4, a very good agreement of calculated temperatures and those experimentally derived from oxide thicknesses could be observed.

1 Model of a Czochralski furnace at 2 different growth stages, furnace details removed

2 Computed temperature field in silicon melt and crystal as well as shape of solid-liquid interface for different process times

3 Computer model of furnace for oxidation of 175 silicon wafers and computed temperature field, furnace details removed

4 Calculated and experimentally determined temperature profiles of selected wafers in the oxidation furnace



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 primary objective consists in supporting equipment and materials suppliers in process development, process characterization and production-related evaluation by R&D close to the equipment. In view of the required interdisciplinarity and the wide technological spectrum, close networking both within the institute and with other local and foreign industry-near research institutions, as well as cooperation with semiconductor manufacturers, is of particular importance. Three groups contribute to the successful operation of the department: "Equipment and Process Automation", "Contamination and Materials", and "Manufacturing Control and Productivity". In the following, the focal areas of research and major activities in 2009 will be briefly described.

The group "Equipment and Process Automation" mainly works on the development of innovative process control systems on the basis of integrated measurement methods and sensors. Focal areas are in-situ and in-line integration of measurement systems into process equipment, virtual metrology, implementation of systems for the detection and classification of defects, metrology for the characterization of equipment and processes, and model-based process control. The adaptation to new materials and processes as well as the implementations are demonstrated by single process or so-called cluster tools. Bridging the gap between equipment research and development and its application in semiconductor manufacturing is most essential for the equipment suppliers.

The period of report was influenced by the successful completion of the "Integrated Project" funded by the EU for the evaluation of semiconductor manufacturing equipment with 33 partners from industry and science (see also separate report). In 19 subprojects, novel process and innovative measurement equipment has been developed and tested with the purpose of series production. In addition, the three years „ENIAC“ research project „IMPROVE“ has started, to increase efficiency in European semiconductor manufacturing. With a total budget of 37.7 million euros and over 30 partners from six countries, this is currently the largest funded project in manufacturing science. The focus of research is in the areas of "virtual metrology", "predictive maintenance" and „adaptive quality control.“ The groups of the department are directly involved in all research and also entrusted with the management of a forum for equipment manufacturers.



The group “Manufacturing Control and Productivity” works in the field of automation, production methods, logistics and quality assurance. The range of products and services covers the concept as well as the realization of feed-forward / feedback control, new statistical evaluation procedures (e.g. Bayesian networks) for adaptive production monitoring, predictive maintenance, evaluation of economic efficiency for equipment and production also by means of discrete event simulation. Basic and advanced training and education by applying e-learning methods and the preparation of e-learning training material is also part of the work. A new field of activity is sustainable manufacturing – equipment, processes, logistics and infrastructure are analyzed and optimized in terms of their resources – especially focusing on energy, water and chemicals consumption.

1 Prof. Lothar Pfitzner,
Abteilungsleiter

Focal areas of research in the group “Contamination and Materials” are Wafer Environment Contamination Control (WECC), cleaning and polishing processes for silicon wafers and yield enhancement. The group deals with contamination analysis of different materials, methods and equipment, further development of minienvironments in terms of transport and storage of silicon wafers, polishing processes for sub-45 nm technologies, double-side polishing, chemical-mechanical polishing (CMP), haze-free polishing as well as cleaning processes for sub-45 nm technologies including drying techniques and conditioning systems for silicon surfaces. In the field of yield enhancement, a fundamental understanding – acquired on the basis of elaborate measurement results – and advanced techniques are developed for the optimization of yield control and prospects. Various projects were carried out, during which silicon wafers, equipment, media, materials, and environment air-samples were examined in terms of particulate, inorganic, and organic contamination. The established center of excellence for the further development of minienvironments focused its research on improved automated handling, reduced electrostatic discharges, and optimized inert gas rinsing of FOUPs (Front Opening Unified Pods) as well as contamination analysis for the transportation of masks in containers. The chemical and physical analysis laboratory is a leading partner in the EU-funded project „ANNA”, a collaboration of several analysis laboratories throughout Europe. Within the project, the testing laboratory was accredited according to DIN EN ISO 17025 to establish its competence in the field of trace analysis and sample preparation.

Ansprechpartner

Prof. Lothar Pfitzner

Telefon: +49 (0) 9131 761-110

lothar.pfitzner@iisb.fraunhofer.de

SEMICONDUCTOR MANUFACTURING EQUIPMENT AND METHODS

SEA-NET - Success Story of an European Project on Equipment Assessment

The Integrated Project “SEA-NET” funded by the European Commission in the 6th Framework Programme covered equipment assessment activities with a specific approach by setting up 18 subprojects, each dedicated to the assessment of a specific process or metrology tool. In each subproject, an equipment supplier, at least one semiconductor manufacturer and a research institute participated (see table 1).

The main objective of “SEA-NET” was to validate emerging semiconductor manufacturing equipment for the nodes below 65 nm. As integrating activity, one dedicated subproject provided equipment-related training and workshops as well as interdisciplinary research and development. “SEA-NET” was coordinated by Fraunhofer IISB. The specific highlights of the “SEA-NET” project are:

- 18 equipment assessment activities, 16 of them yielding good and excellent results (a success rate of almost 90 %)
- new instrument of sustainable in-project interdisciplinary research activities established
- renowned R&D institutes provided development support and offered innovative approaches like virtual equipment engineering, application of APC and discrete event simulation

“SEA-NET” results provide numerous advantages to the semiconductor equipment and manufacturing industry: Fundamentally, it established a valuable framework to enhance and accelerate equipment development and evaluation techniques and fostered early collaboration between vendors and their potential customers. Furthermore, it provided equipment manufacturers with advanced research facilities, offered by IMEC, LETI and Fraunhofer, strengthening the European equipment industry by enabling early assessment of emerging tools and establishing a stable and sustainable research and development base. Results bulletins are available which cover the main achievements and present the benefits of each assessed equipment (www.sea-net.info).

In the medium and long term, „SEA-NET” will enhance the prospects for successful introduction of proven leading-edge European equipment in the global market for emerging technology nodes. “SEA-NET” strengthens the European equipment manufacturing industry in an ideal and sustainable way by combining advanced R&D topics with equipment assessment subproj-

ects involving a wide community of equipment suppliers, users and research institutes. All this provided “progress beyond the current state-of-the-art” and led to cost-effective equipment development and fast maturity. This complied with the EU’s call for a high level of science and technology (S&T) involvement and the need to advance manufacturing science in equipment and related applications. Also of great importance was the participation of leading IC manufacturers. Based on the experience and success, a new equipment assessment project has been started at the beginning of June 2010.

1 *Table 1: Overview of the “SEA-NET” subprojects and partners*

Equipment subproject	Partners (equipment manufacturer first)
Semiconductor Equipment for Wafer Bonding with Plasma Activation (CAP-B)	EVGroup, CEA-LETI, Soitec
Pulsed Plasma Immersion Ion Implanter (Pulsion 32 nm)	IBS, CEA-LETI, STMicroelectronics Crolles II
Ruthenium Atomic Vapor Deposition Competitiveness in Nanoelectronic Device Generations (Racing)	AIXTRON AG, Fraunhofer IISB, Infineon Munich
Plasma Enhanced Deposition of Thin Films in Batch Type Reactor (PEDBAR)	Centrotherm, R3T, Fraunhofer IISB, Qimonda
Linear Dynamic Deposition PVD for Production of Metal Gate Electrodes (LDD)	Singulus Technologies AG, Fraunhofer IISB, Qimonda
Extreme Scaling of Low-k Dielectric for sub 45 nm BEOL Roadmaps (Excaliber)	IMEC, NXP Belgium NV, ASM-I (sub-contractor)
Dicing System Based on Thermal Laser Separation (TLS Dicing)	Jenoptik Automatisierungstechnik GmbH, Fraunhofer IISB, Infineon Villach
Monitoring system for air-borne molecular contamination (MOSAIC)	Draeger Safety, Fraunhofer IISB, MCRT
A Process tool for Nanotubes and Nanowires in IC technology (Pro-Nano)	Oxford Instruments Plasma Technology, IMEC
Front-End-Of-Line Single Wafer Cleaning (SIWAC)	SEZ, IMEC, NXP Netherlands, Qimonda
Carrier Cleaner (Fab-Clean)	DMS, Fraunhofer IISB, STMicroelectronics Crolles II
Low Energy and Dose Im-plant Test (Lead-IT)	Semilab, Fraunhofer IISB, STMicroelectronics Crolles II, NXP Crolles R&D
Wafer Surface Measurement System plus (WSMSplus)	GeMeTec mbH, IMEC, NXP Netherlands
Metrology Using X-Ray Techniques (MUXT)	Jordan Valley, CEA-LETI, STMicroelectronics Crolles II, NXP Crolles R&D
Advanced overlay evolution for critical photolithography processes dedicated to 45 nm technology and below (ADORE)	KLA-Tencor, CEA-LETI, STMicroelectronics Crolles II
Ultimate Metal Contamination Wafer Mapper (Metal-Map)	Semilab, Fraunhofer IISB, MEMC Italy
Improved Source and Optics for X-Ray Metrology Tools (ISOX)	Jordan Valley UK, Xenocs, IMEC, Fraunhofer CNT, Qimonda
3D Integration of Bulk Si Wafers (3DB)	EVGroup, CEA-LETI, STMicroelectronics Crolles II

Contact

Dr. Richard Öchsner

Phone: +49 (0) 9131 761-116

richard.oechsner@iisb.fraunhofer.de

SEMICONDUCTOR MANUFACTURING EQUIPMENT AND METHODS

TLS-Dicing: Potentials of Equipment Assessment

As described in the SEA-NET overview article, Fraunhofer IISB has managed a 3 ½-year project for the optimization and evaluation of new semiconductor manufacturing equipment until 2009. One innovative equipment was the “TLS dicing” system by Jenoptik (see fig. 1): With “thermal laser separation” (TLS), the chips on a wafer are separated not by sawing or ablation, but by a defined cleaving of the wafer. The technological basis for this is the smart combination of heat induced by a laser immediately followed by cooling. This combination generates stress in the material and causes the break of a sample.

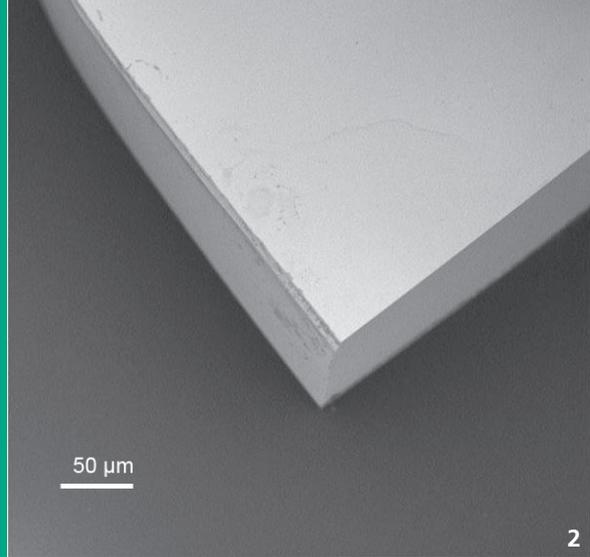
At the beginning of the project, Jenoptik already had some experience with the TLS-based separation of glass, ceramics and other brittle materials. A transfer of this technology to semiconductor manufacturing for wafer dicing applications was obvious - but also raised a variety of technical issues, especially as semiconductor technology with its various requirements (e.g. with regard to purity, standards, materials, or special procedures), it was a new environment to the industry partner. For this complex task, a cooperation within the SEA-NET project provided an ideal working environment.

For the joint development, IISB provided a complete “ecosystem”: This ranges from broad experience in the development, evaluation and optimization of equipment and processes to a complete series of measurement and analysis techniques for the characterization of devices, processes, and wafer quality parameters.

After defining the equipment specifications (e.g. in terms of equipment design, process sequences and relevant standards), development took place in several steps: First, requirements of semiconductor manufacturing were transferred to the TLS system and different equipment components were adapted accordingly. Examples included the optimization of the air flow within the equipment or the use of high-purity components. Furthermore, standards common to the semiconductor environment (e.g. for data communication, graphical user interfaces or wafer handling) had to be considered and implemented. The most significant technical challenges for which solutions have been jointly researched and developed were an optimized guidance of the cleaving, customized process cooling, and the optimization of speed and precision of the axes. After all, tolerances of less than 10 microns must be respected during the dicing process.



1



2

Following the development, the evaluation of the TLS system was done together with an IC manufacturer. The system could be tested at Fraunhofer IISB in an industry-compliant environment. The test program comprised, amongst others, marathon tests of the overall system, evaluation of particle contamination and, in particular, the assessment of the edge quality. Fig. 2 illustrates the edge quality achieved in the project. In addition to the excellent edge quality, the most relevant results are the high dicing speed of 300 mm/s and the lossless separation process (no material loss), which allows a closer packing of a larger number of chips on a wafer.

“TLS-Dicing” was one of the most successful subprojects of SEA-NET. The developed TLS Dicer received the “Best of West” award for innovation at SEMICON West 2008. Beyond the successful completion of the project, Jenoptik and the Fraunhofer IISB will continue their close cooperation in further equipment optimization and application development to make the potential of this new TLS technology widely available – for example in terms of devices with optimum optical or electrical properties on the basis of an absolutely smooth edge.

- 1 Jenoptik “TLS Dicer” for the thermal laser separation of microchips (picture by courtesy of Jenoptik)
- 2 SEM image of a chip edge after dicing with the “TLS Dicer”

Contact

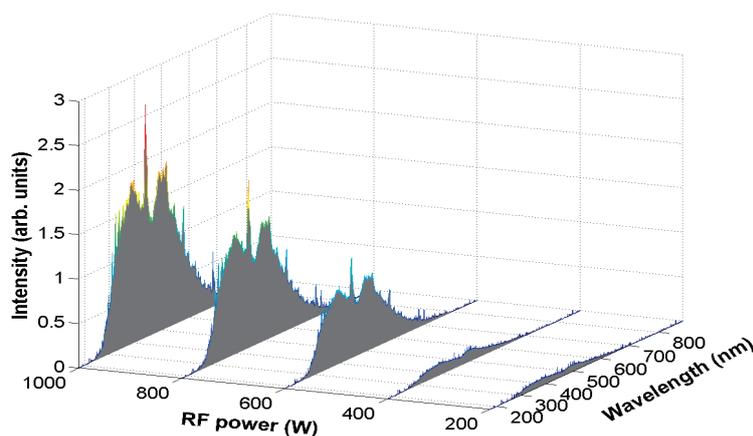
Dipl.-Ing. Martin Schellenberger
Phone: +49 (0) 9131 761-222
martin.schellenberger@iisb.fraunhofer.de

SEMICONDUCTOR MANUFACTURING EQUIPMENT AND METHODS

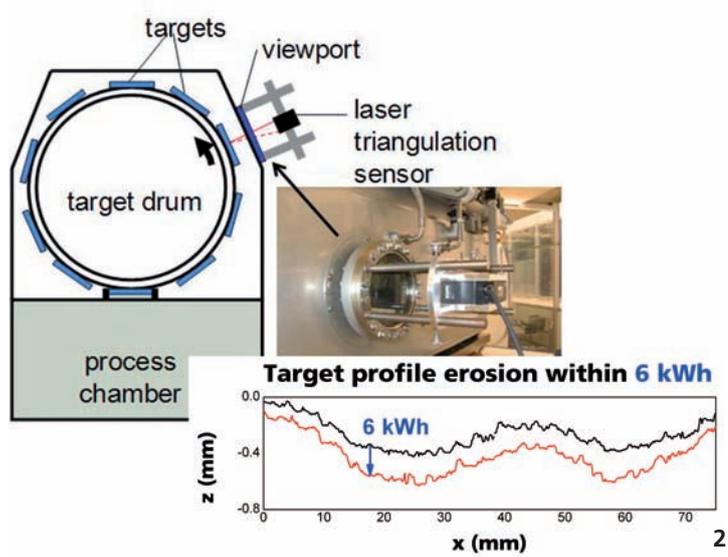
Advanced Process Control (APC) for Equipment Assessment

Within the Integrated Project "SEA-NET" (Semiconductor Equipment Assessment for NanoElectronic Technologies) which was funded within the Sixth European Framework Programme, a total of 19 subprojects on the assessment of new semiconductor manufacturing equipment were conducted successfully. These activities were efficiently supported by cross-projects to conduct generic developments which similarly occur for different types of equipment. One of the objectives was to develop, test, and make available Advanced Process Control (APC) methods based on integrated metrology at the early stage of equipment assessment. In the following, the envisaged technical objectives and the results obtained will be demonstrated by different process examples.

With decreasing feature sizes in semiconductor manufacturing, it is required to realize ultra-shallow p/n junctions, e.g. by means of plasma-immersion ion implantation. Optical emission spectroscopy was applied to characterize a newly developed plasma-immersion ion implantation system which enables the in situ determination of the plasma composition by analyzing the light emission from the plasma. Measuring the plasma composition enables the determination and optimization of key control parameters of the equipment, e.g. the fragmentation of the feedgases vs. the parameter settings of the plasma source as well as the detection of residual gases and contamination effects induced by photo resist (fig.1).



1 Spectrum of a BF_3 plasma vs. applied RF source power of a plasma-immersion ion implantation system



In sputtering processes, the cathode material (target) is removed by accelerated ions in the plasma and is deposited on the wafer. During that process, the target is eroded and, as a consequence, the envisaged process result on the wafer is influenced. Exceeding the target lifetime may result in contamination of the deposited layer. Hence, for the assessment of new equipment for linear dynamic magnetron sputtering, a measurement system based on the principle of laser triangulation was developed. The measurement system was adapted to a window and enables the analysis of the target surface profile and the determination of the surface erosion which is not visible for the operator (fig.2). By means of the measurement system it is possible to control the process parameters based on the current target profile. The application of endpoint control enables the optimum usage of expensive target material.

2 Laser triangulation system for the target control in dynamic linear magnetron sputtering

For the development of a new 300 mm mini-batch plasma furnace for thin-film deposition, optical emission spectroscopy was applied in a two-channel configuration. Applying an innovative solution for spectrometer integration, the plasma which is generated by two different excitation sources can be optimally adjusted and controlled in composition and homogeneity vs. the reactor volume.

A deposition module for pulsed MOCVD was optimized for the deposition of thin ruthenium films applying mass spectroscopy. This enables the improvement of the stabilization times and precursor injection parameters for the complex deposition processes which consist of a sequence of single steps. Additionally, basic deposition mechanisms can be investigated.

Within the "SEA-NET" project, solutions for automated process control based on integrated metrology could be successfully implemented for a variety of process applications already at the stage of assessment of newly developed equipment. This resulted in major benefits by the reduction of development time for the equipment. This early and successful implementation of control methods additionally pioneers a high acceptance to establish even complex measurement methods as an element of automated process control within the equipment.

Contact

Dr. Georg Roeder
 Phone: +49 (0) 9131 761-234
 georg.roeder@iisb.fraunhofer.de

Focal Areas of Research and Development, Trends and Potentials

The main activities of the semiconductor and nanotechnology department are characterization and integration of new materials into silicon technology, manufacturing of ultra-thin layers for nanotechnology, modification of nanostructures via ion beam techniques, development of device structures for power electronics or micro-electro-mechanical systems (MEMS), and design of ASICs.

For this purpose, IISB and the Chair of Electron Devices of the University of Erlangen-Nuremberg operate joint cleanroom facilities of 600 m² (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 150 mm, for certain process steps even on 200 and 300 mm wafers. 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 vapor 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. This work is supplemented by design activities for ASICs for power elec-



tronic applications. In the meantime, almost all necessary manufacturing steps for SiC devices can be performed at IISB.

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 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, nanoprobes for atomic force microscopy are developed by using FIB to determine physical and chemical parameters like doping profiles or layer properties with a much higher resolution. Based on these experiences, models have been developed describing the collateral modifications of the substrates outside the purposely irradiated areas.

The Challenge Program of the Fraunhofer-Gesellschaft allowed the acquisition of essential tools for ink printing of anorganic materials. This is the basis for a novel focus of the technology department, namely the development of printed electron devices. Meanwhile, inks developed by means of the synthesis of nanoparticles can be deposited by using direct structuring techniques on a wide variety of application-specific pretreated substrates. A thermal post-treatment for the adjustment of the electrical parameters of the layers completes the process chain.

1 *Dr. Anton Bauer,*
head of department

Contact

Dr. Anton Bauer

Phone: +49 (0) 9131 761-308

anton.bauer@iisb.fraunhofer.de

Control of Ink-Surface Interactions for the Printing of Electron Devices

Printing of electronic functional materials allows cost-effective manufacturing of circuits with reduced requirements regarding the complexity and performance of large-area substrates compared to silicon technology. In cooperation with Chair of Electron Devices (LEB), the whole process chain starting from ink formulation up to device characterization has been established.

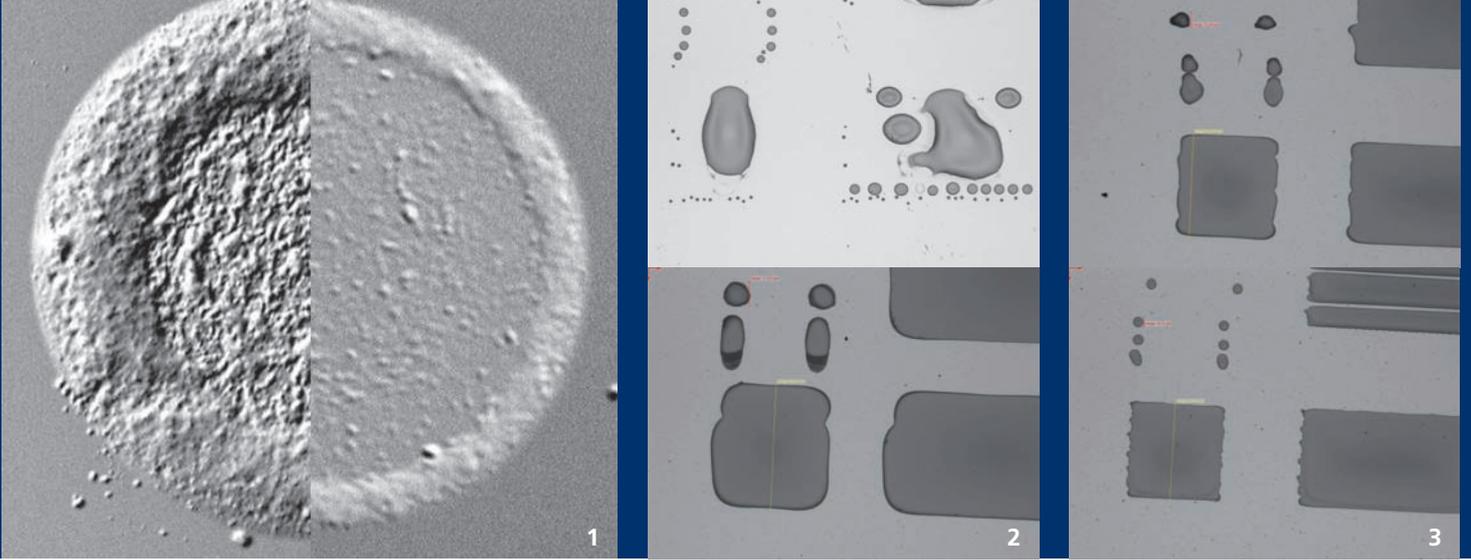
Due to the restricted resolution of the human eye, a rather gross performance is sufficient for subjectively high-quality images in graphics printing. In contrast, printed functional structures such as conducting lines must be of a closed shape to guarantee their electrical function. Furthermore, cracks due to drying must be avoided, a high resolution is decisive for maximum performance, and a homogeneous thickness distribution is mandatory for layered device architectures as metal-insulator-semiconductor stacks.

The wetting and drying behavior determines the spreading of the ink and the final distribution of the solid transported by the ink. Optimization of the print image must be repeated for each combination of ink and substrates involved.

The wetting behavior of ink on a given substrate is primarily determined by its surface tension and density. The solid content, as depicted in fig. 1, has a minor effect on the ink spreading. However, it is a crucial parameter for the drying of the droplet. The same applies to the vapor pressures of the employed solvents, the viscosity distribution in the droplet, and the process temperature. A diffusion-driven rearrangement of particles leads to material segregation at the edges, the so-called coffee stain effect (fig. 1).

Droplet spreading can be controlled by proper substrate selection (fig. 2) or surface modification via plasma treatment or surface termination. Fig. 3 shows an example, where hydrosilylation of a PECVD silicon oxide surface leads to a moderately hydrophobic surface that delivers an optimized print image with a droplet size of 40 μm upon deposition of an ethanolic silver nanoparticle ink.

The vast number of parameters and the different approaches make a purely experimental optimization highly demanding. In a cooperation with the Chair of Fluid Mechanics (LSTM) established via the Cluster of Excellence "Engineering of Advanced Materials", droplet spread-



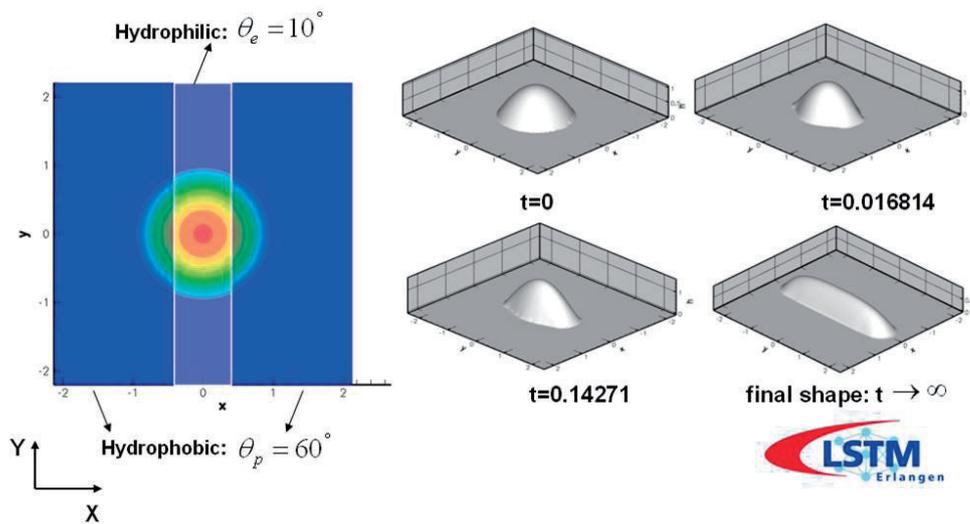
ding and drying processes will be modeled. The models will also help to research into advanced problems, e.g. printing onto substrates with inhomogeneous surface energy distributions. The experimental work on printing was funded by the Fraunhofer Challenge Program.

1 Single droplets of nanoparticulate Al_2O_3 ink with different solid content show comparable spreading whereas the coffee stain effect is more pronounced in the ink with low solid content

2 The print image is determined by ink and surface interaction. Ag nanoparticles ink jetted onto organic insulator (above, dewetting) and PECVD SiO_2 (below, interpenetration due to wetting)

3 A surface treatment by plasma reduces wetting significantly (above). However, best results are achieved by a vapor phase surface termination with hexamethyldisilazane (HMDS, below)

4 Resolution enhancement via pre-structured surface areas. Due to the 2D surface energy distribution, the jetted drops propagate into the hydrophilic regions and yield a sharp line



Contact

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

Engineering the Effective Work Function of Metal / High-k MOS Stacks by Means of Ion Implantation

In the course of the ongoing miniaturization in CMOS technology, the use of the established materials polysilicon and SiO_2 in the gate stack reaches its limits. Due to increasing gate leakage currents, device scaling in semiconductor fabrication has resorted to using hafnium-based high-k dielectrics as a substitute to SiO_2 for the gate dielectric in MOS stacks. Because of the higher relative permittivity, larger layer thicknesses are possible and, therefore, gate leakage currents can be kept within permissible limits. The polysilicon gate electrode has also been replaced by metal electrodes such as TiN in order to avoid depletion effects.

A major hurdle to the integration of high-k dielectrics is the variation of the device threshold voltage after high temperature anneals ($\sim 1000^\circ\text{C}$) in the fabrication process. There are two prominent approaches to solving this problem:

1. a gate-last integration approach in which the gate electrode is deposited only after high temperature anneals which circumvents the problem,
2. a gate-first approach in which capping dielectric layers of Al_2O_3 or La_2O_3 are deposited between the metal gate and high-k layer to control the device threshold.

Both of these methods increase process complexity significantly and, therefore, reduce the throughput.

In this project, it is shown that it is possible to control the effective work function (EWF) of the MOS gate stack and, thus, the device threshold voltage by doping the metal/high-k stack using ion implantation. This, compared with the processing of capping layers, increases process complexity only minimally and results in a potentially higher throughput.

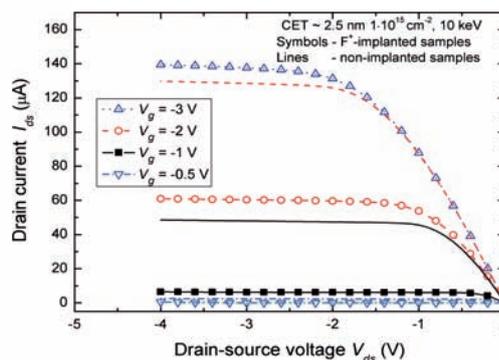
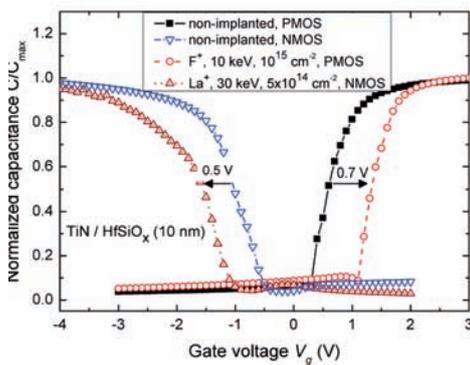
Experiments with a TiN/HfSiO_x high-k gate stack have shown that by doping this stack with lanthanum or dysprosium, it is possible to reduce the EWF of the stack. On the other hand, implanting fluorine in the gate stack increases the EWF. These changes in EWF due to doping can be seen in the shift of the capacitance-voltage curve of the implanted MOS devices (see fig. 1).

NMOS and PMOS devices require an EWF of about 4.0 eV and 5.1 eV, respectively. The EWF attained for fluorine-implanted PMOS devices was about 5.1 eV, while for lanthanum-implanted

devices it was about 3.9 eV. Similar shifts have been also obtained, if the HfSiO_x dielectric is replaced by HfO_2 .

Slight increases in the gate leakage current occur due to lanthanoid implantation, but are within one order of magnitude. Further reduction of implantation energy of the lanthanoids may reduce leakage current by minimizing the damage to the high-k dielectric. As far as fluorine implantation is concerned, the gate leakage current does not deteriorate.

PMOS transistors have been processed and characterized as well. It was shown that the threshold voltage could be specifically reduced by fluorine implantation without deteriorating other parameters such as channel resistance or mobility. Figure 2 shows the output characteristics of PMOS transistors with and without fluorine implantation. The larger drain current for the fluorine-implanted transistor results from the reduction of the device threshold voltage due to implantation.



- 1 C-V curves comparing lanthanum(La+)-implanted NMOS and fluorine(F+)-implanted PMOS capacitors with non-implanted devices
- 2 Output characteristics of PMOS transistors with and without fluorine implantation. The larger drain current for the fluorine-implanted transistor results from the reduction of the device threshold voltage

Contact

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

Integration of Trench Gate Technology into Planar Power Devices

The “Devices” group has developed new power devices with reduced on-state resistance by integration of trench gates into existing planar semiconductor technology.

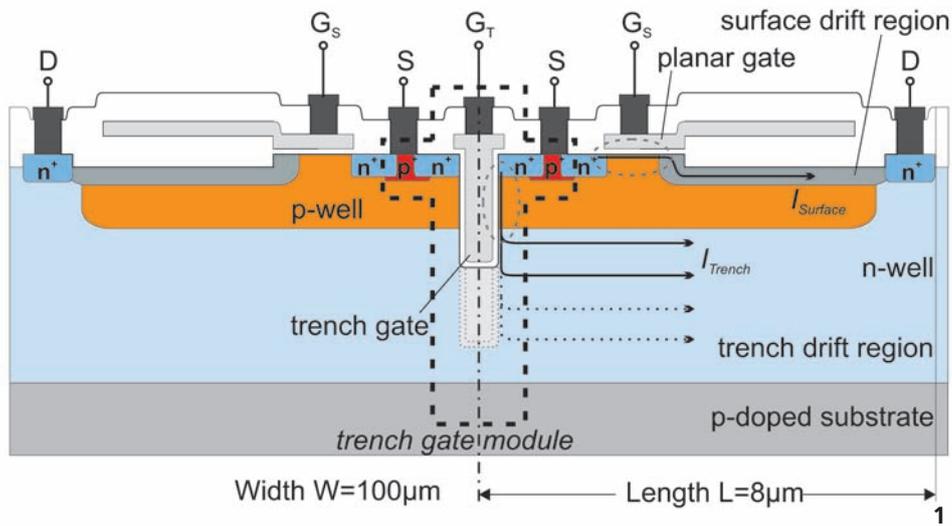
This new class of device benefits from an additional conduction path which results in a lower device resistance. Thus, energy losses are significantly reduced during device operation in an integrated circuit. These devices combine state-of-the-art research on advanced planar and trench-gated power devices by integrating the trench gate into the planar device. The concept allows to retain all fabrication steps used in the planar approach, requiring only a few additional process steps for trench gate formation. Hence, this integration scheme is highly feasible for the expansion of standard and application-specific integrated circuit (IC) manufacturing processes. There, implantation profiles and process sequences cannot be changed easily without directly degrading existing devices.

Fig.1 shows a schematic cross-section of a trench-gate integrated lateral double-diffused metal-oxide-semiconductor field effect transistor (LDMOS).

This class of lateral power devices is commonly used for energy conversion in complex integrated circuits (e.g. smart power ICs). There, vertical power devices like an insulated gate bipolar transistor cannot be applied. The required trenches are etched by a dry chemical process prior to thermal gate oxidation and the trench gate module can be conveniently fabricated along with the planar gate structures. The trench and planar gates can be independently controlled by their respective gate electrodes. Investigations have been carried out for different voltage classes of the LDMOS devices and for different trench depths.

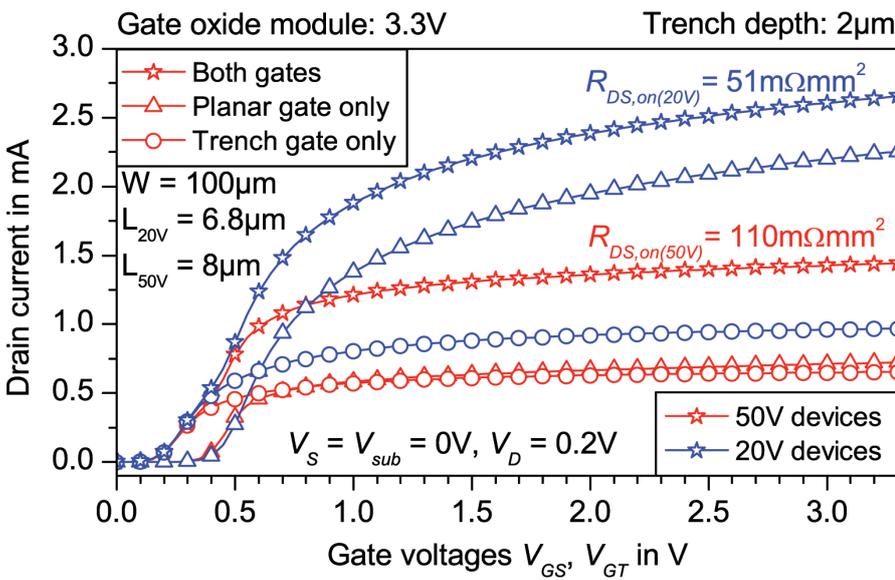
One of the critical electrical parameters for power devices is their on-state resistance. It limits, for example, the energy efficiency of power converters due to energy losses. The transfer characteristics of a LDMOS device with integrated trench gate is compared to that of its underlying planar LDMOS device in Fig.2.

The LDMOS transistors with integrated trench gate exhibit a tremendous reduction of the on-state resistance by up to 50% compared to the underlying standard LDMOS devices when both gates are operated simultaneously. At the same time, the capability of the devices to block a specified voltage remains unaltered despite trench gate integration.



LDMOS devices with integrated trench gate have been successfully fabricated in the cleanroom of the IISB, demonstrating the feasibility of the approach.

1 Schematic overview of the LDMOS device with integrated trench gate; current conduction can be independently controlled by the planar and trench gate. The incorporated trench gate module is indicated by the dashed line



2 Transfer characteristics of the proposed LDMOS device with integrated trench gate in comparison to the underlying standard LDMOS device

Contact

Dr. Tobias Erlbacher
 Phone: +49 (0) 9131 761-319
 tobias.erlbacher@iisb.fraunhofer.de

Focal Areas of Research and Development, Trends And Potentials

The work of the year 2009 was characterized by the topic of electric mobility. Within the framework of the national economic recovery plans („KoPa I and II“), the German federal government provided considerable financial resources for this subject and adopted the „National Development Plan for Electric Mobility“. The objective of the plan is to make Germany the market leader of electric mobility and to maintain the leading role of science, automotive industry and component supplier industry. Furthermore, the goal is to promote research and development, market preparation and market introduction for battery-driven vehicles in Germany and thus to achieve that one million electric vehicles will drive on German streets by 2020.

Based on the draft paper „Elektromobilität in der FhG“ (electric mobility at FhG), to the creation of which the department of „Power Electronic Systems“ (German abbr.: LES) of the IISB contributed to a large extent, it was possible to initiate the project „Fraunhofer System Research for Electromobility“ (FSEM). The objective of this project is to strengthen FhG's system expertise with regard to the topic of electric vehicles and to make of FhG a strong R&D partner for the German automotive industry. For the project, FhG received 30 million Euros of the federal government's 500 million Euro budget for electric mobility within the framework of the economic recovery plan „KoPa II“.

Within the framework of an open call for tenders, all institutes of FhG could apply for the project with their project contributions. Now, 33 Fraunhofer institutes (i.e. more than a half of all institutes of FhG) participate in this project with many subprojects covering the whole range of topics from electric power generation, distribution and implementation within the vehicle, vehicle concepts, battery technologies and business models to vehicle demonstrators.

As a member of the steering committee of the FSME project, Dr. März chaired the main project „Electric Power Generation, Distribution and Implementation“. Moreover, the department of „Power Electronic Systems“ (German abbr.: LES) participated in several subprojects. These subprojects especially deal with different power electronic converters required for driving electric vehicles as well as for the energy management and „fueling“ of such vehicles.

In 2009, the „DRIVE-E“ holiday academy could be launched in cooperation with the German



Federal Ministry of Education and Research (BMBF) addressing students from all over Germany. In this context, the call for papers for the "DRIVE-E Students' Award" for outstanding seminar papers and diploma theses in the field of electric mobility has been launched.

1 *Dr. Martin März,*
head of department

By means of investment appropriations from the "KoPa I" economic recovery plan, it was possible to build up a testing center for electric vehicles at the IISB which in its form is unique in Germany. In this testing center, all components of an electric drive train can be tested and measured as well as subjected to electrothermal reliability test.

For this purpose, the testing center is equipped with numerous individual test stands. A drive test stand (which also allows the measurement of entire vehicle axles) serves to determine the speed torque and efficiency characteristics of electric vehicle drives and to optimize control algorithms.

An EMC cabin which can be accessed with a car allows the examination of electromagnetic emissions and of the interference resistance of components of the electric drive train.

A battery test stand enables the electric and thermal characterization of both individual cells and the entire vehicle battery system. For this purpose, the test stand is provided with a specifically protected container for taking up the test sample. Due to a charging / discharging capacity of up to 150 kW via a regenerative DC power source and a test sample temperature control between -40 °C and +115 °C, the test stand also allows to characterize large storage units.

For the first time ever, a novel thermal shock system allows the examination of test samples with large thermal masses such as drive units or traction batteries which are not covered by conventional temperature cycling tests.

The core element of the testing center is an all-wheel roller-type test stand in a testing room where the temperature can be controlled to values between -25 °C and +45 °C. This test stand enables examinations of entire vehicles such as range tests at extreme ambient temperatures. Here, one objective is to minimize the total energy demand of the vehicle and to develop ideal battery-saving operating strategies.

The testing center is also considered to be an offer to the automotive industry and offers cost-effective access to unique test engineering and advisory expertise particularly for small and medium-sized companies.

Contact

Dr. Martin März

Phone: +49 (0) 9131 761-310

martin.maerz@iisb.fraunhofer.de

Power-Semiconductor Joining by Sintering of Silver Nanoparticles

For decades, soldering has been the technology of choice in die bonding. However, due to worldwide environmental regulations, the most common solder alloys, which contain lead, have been banned.

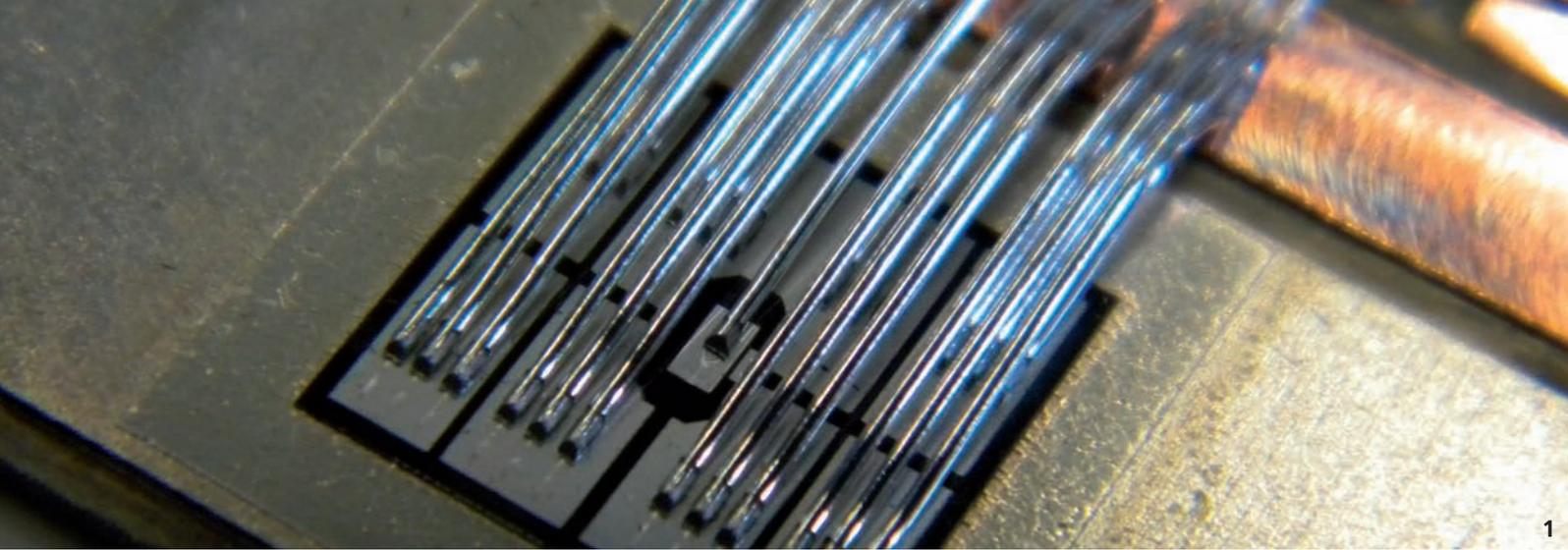
Furthermore, standard solders cannot fulfil the reliability requirements of future power electronic applications. New bonding technologies have to be developed. One of them is pressure sintering of silver flakes, which forms a highly reliable, highly thermally conductive bond. However, the level of pressure needed (30-50 MPa) requires powerful pressing equipment and can lead to cracking of the devices and ceramic substrates. A promising development is the use of nano-scaled silver particles. Their huge surface energy leads to improved sinterability. The particles even have to be passivated using organic capping materials to prevent them from sintering spontaneously at room temperature. The sintering of the silver nanoparticles is governed by the degradation kinetics of this capping layer that is much less stable in air than in atmospheres not containing oxygen. Due to the outstanding sintering characteristics of nanoparticles, the pressure needed for die bonding could be lowered by one order of magnitude.

In order to grasp the sintering characteristics of bonding layers consisting of nano-scaled silver, sintering experiments were conducted in both air and nitrogen. The progress of sintering was monitored using a laser profilometer (NanoFocus μ scan CF4). The average thickness of the silver layers was measured before (d_0) and after sintering (d) and converted to density according to equation (1). An initial density p_0 of 45 % of bulk silver (10.49 g/cm³) had been determined before by mass and volume measurement.

The results show that sintering of the nano-scaled silver in air, but under a chip – the real case of interest – is closer to uncovered sintering in nitrogen than in air. Densities remain lower and SEM pictures display more fine-grained microstructures. This is due to limitation of diffusion of organics out of and of oxygen into the layer. The application of pressure can make up for this in terms of density. It has several effects. First of all, it increases the packing density by rearranging particles. This raises the coordination number, i.e. the average number of particle-to-particle contacts per grain. Furthermore, it exerts a mechanical force in addition to the thermal load on the organic passivation layer, which may consequently be locally destroyed. Finally, the pressure provides another driving force for sintering, which can be shown to be of the same order of magnitude as the one created by the surface energy of bare nanoparticles.

The increase in density of stencil-printed layers of nano-silver when sintering at temperatures ranging from 200 to 300 °C, pressures between 0 and 30 MPa and for a time of up to

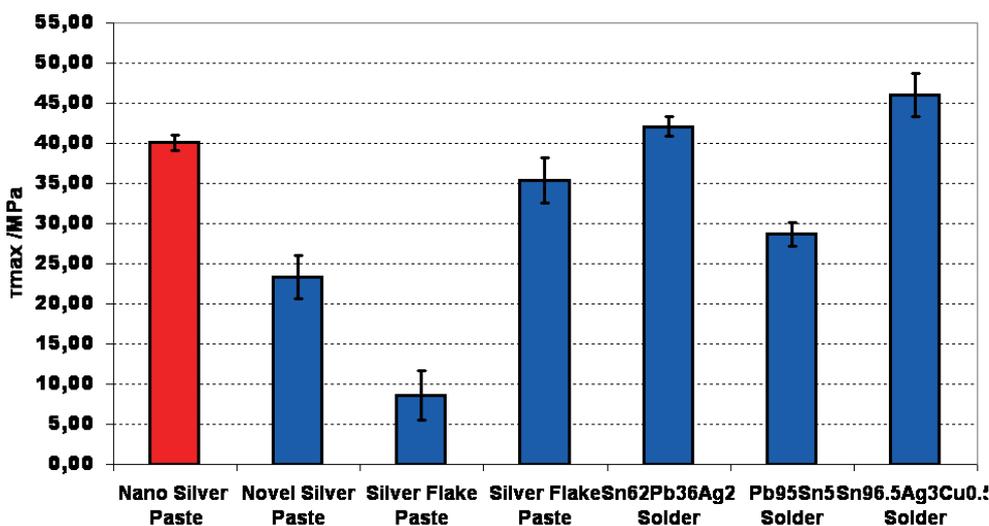
$$p = p_0 \cdot \frac{d_0}{d} \quad (1)$$



1

1800 s was measured. For this, non-metallized silicon chips that do not bond to the silver were pressed onto the printed layers. Three test series were run. In each of them, one parameter was varied while the remaining two were fixed. The increase of density over time is very high during the initial seconds of sintering. It slows down gradually after about 60 s. Temperature and density show an approximately linear relationship. Pressure again causes gains in density that abate with a rising level of pressure. The tests show that the density can be set to any value between 60 % and 90 % of bulk silver by adjusting the sintering time and the levels of temperature and pressure. Samples for shear tests were built using dummy chips made of silver-coated copper. The same sintering parameters as for the density measurements were used. The specimens were destroyed in a Lloyd Instruments testing machine (LRX) plus using a custom-built shear tool. After 60 s of sintering at 275 °C and 5 MPa, a good shear strength of 40 MPa was established. The shape of the resulting graphs of shear strength vs. time, temperature and pressure, respectively, resembles those of the density measurements, i.e. shear strength rises with increasing density. When comparing the nano-sintering technology to other methods of die bonding, such as different solders or other sintering materials, very competitive strengths could be shown. If a shear strength of 30 MPa, approximately the strength of the weakest solder materials, is regarded as benchmark, modest sintering parameters are sufficient: Even 5 s of sintering, a temperature of 225 °C, or a pressure as low as 2 MPa is enough to generate bonds that cross this bar if the remaining parameters are set correctly.

1 *Sintered and wire-bonded IGBT on DCB substrate*



2 *Shear strength of different solder and sinter die bonds*

Contact

Andreas Schletz
 Phone: +49 (0) 911 23568-27
 andreas.schletz@iisb.fraunhofer.de

Intelligent On-Board Battery Chargers

At present, electric mobility is considered to be the hope for a preserved individual motorized mobility. Full electrification of the automobile offers a realistic chance to realize individual mobility in a much more resource-saving way than today due to the use of renewable energy sources.

The battery still plays the leading part in electric mobility. For this purpose, an adequate charging device is needed which provides the battery with electric energy in a suited way. There are generally two possible alternatives. On the one hand, an external stationary charging device mostly connected via a direct current connection can be used. On the other hand, an on-board charging device can be applied which is included in the vehicle. As an intelligent alternative, the latter offers versatile applications which go far beyond the simple charging function.

Figure 1 clarifies the advantages of an intelligent on-board charging device. Three operating modes are depicted which differ mainly in their energy flow direction. In case of a conventional charging process, an unidirectional charging device would suffice.

Realization of the charging device using a bidirectional DC-DC converter allows the allocation of a 230 V on-board power socket, e.g. to supply a high-performance vacuum cleaner. Charging a notebook during the journey would also be possible.

With a view to future developments in energy use and environmentally friendly generation of energy, the third operating mode shown in figure 1 will gain in importance. As a result of the increasing number of renewable energy sources and their strongly varying feed-in capacity, a destabilization of the national grid occurs. The energy storage capability in future electric vehicles offers the remedy to counter the upcoming problems. These smart and mobile energy storages can be used to enhance the grid quality. With a sufficiently high number of electric vehicles, even grid stabilization is possible.

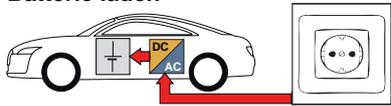
Figure 2 shows how battery stack and on-board charging device can be placed saving space.

Figure 3 shows the layout of the "smart battery" depicted in figure 2. In the selected demonstration vehicle (Audi TT), the useable trunk volume is preserved entirely. This is possible due to extremely packed power electronics and a high power density of the charging device.

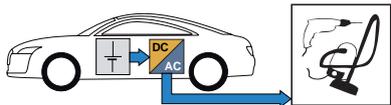
As an illustration, figure 4 shows an intelligent battery charging device developed at the Fraunhofer IISB as a demonstrator with the considerably extended functionality described above.

In figure 4, the control board is clearly noticeable. As a result of the application of a powerful microprocessor and an integrated logic circuit (FPGA), the required number of circuit elements to obtain the desired substantial functionality is comparatively small.

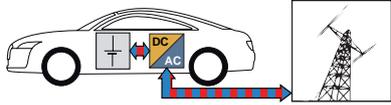
Batterie laden



230 V On-Board Steckdose



Netzqualität verbessern



1



2

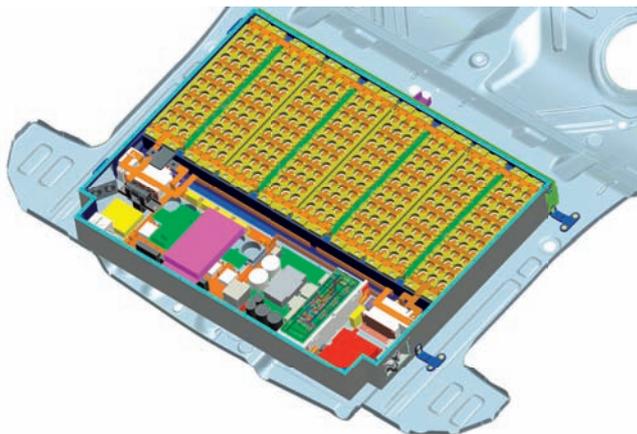
Besides the actual operating and controlling tasks like e.g. adjusting the desired load current, the charging device has to fulfill several safety requirements due to its feed-back functionality into the national grid. In case of feeding-back energy into the grid, tracing of grid voltage, grid frequency and grid impedance is necessary. In case of mains power failure or detection of an isolated network, the device stops its feed-back operation and disconnects itself from the grid.

1 *Operating modes of an intelligent on-board charger*

2 *On-board charger integrated into a smart battery*

3 *Design space for the on-board battery charger*

4 *Developed intelligent on-board charger*



Contact

Stefan Ditze

Phone: +49 (0) 9131 761-225

stefan.ditze@iisb.fraunhofer.de

Explosion Protection of Power Modules

A big challenge for modern power electronics is to combine the objective of increased reliability with higher power density and reduced costs. As a result of improvements regarding the reliability of single power electronic components the lifetime of power converters is increasing continuously.

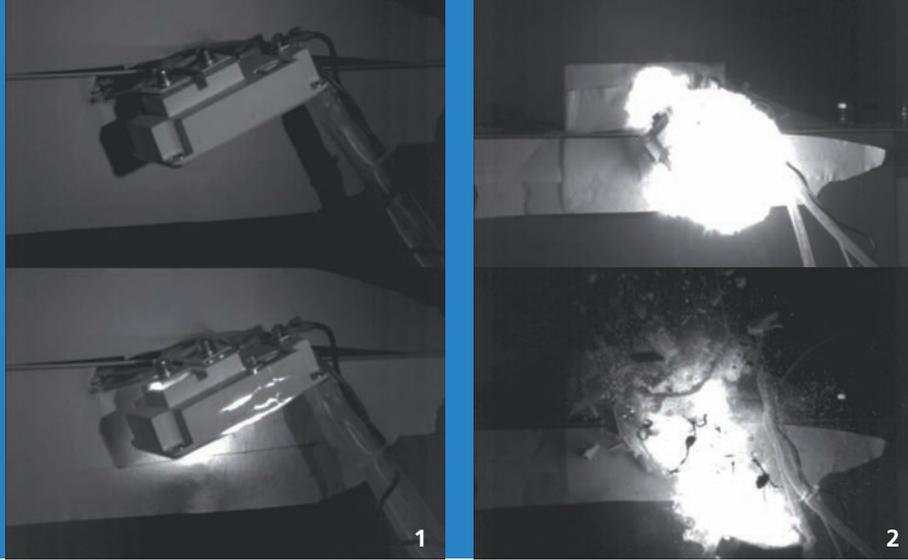
In large-scale industrial plants, failures within the power electronic system cannot be avoided completely at acceptable costs. Due to the fact that industrial plants have service intervals of several years or even decades, the availability of the entire installation has to be guaranteed for this period. Depending on the application, the availability is typically achieved by "n+x" redundancy. This means a series or parallel connection of subsystems with a number of "x" subsystems kept in reserve.

Especially in large-scale plants, energy is transferred at very high voltages and currents. Failures of power semiconductors or parts of the driving circuits may result in partial short-circuits and electric arcs within the system that instantly release a huge amount of energy. In a typical application of big power semiconductors, this energy has an explosion equivalent of several 10 g TNT.

The impact of the explosion may cause extensive damage to all components nearby. Flying conductive debris and escaping plasma may affect healthy components from surrounding subsystems. A single local failure may cause a chain reaction and a breakdown of the whole installation could be the consequence. The build-in redundancy cannot cover this special case.

The objective of the IISB research is to modify the construction of the power electronic systems in order to limit the impact of the explosion. As a first step, the exact destruction mechanism was under examination. This was done by observing the explosion with high-speed cameras. The process of the explosion of a medium-sized power transistor module without any surrounding case is shown in figures 1-4. Within this project, failures with much higher energy than shown in this example have been examined.

In a second step, different construction arrangements were prepared and tested in extensive test series. Due to the fact that the containments have a big influence on the thermal behaviour of the complete system, all construction versions ran through thermal tests and simulations. Also the influence on the electrical insulation and the manufacturability of the system was part of the examination.



Within this project, novel assembly techniques for high-power electronic systems have been developed. Beside the major objective to reduce the impact of the explosion, these new assembly concepts offer additional degrees of freedom for the thermal design of power electronic systems. Based on these results, three patents have been applied for.

The main focus for future research is on the fail-safe behavior of the driving circuits if exposed to heavy EMI caused by a failure within nearby subsystems.

- 1 *First stage of the explosion of a single IGBT of 1700 V, 400 A without hazard protection*
- 2 *Mid stage of the explosion of a single IGBT of 1700 V, 400 A without hazard protection*
- 3 *Explosion-protected H-bridge with four IGBT switches for voltages of up to 4.5 kV and currents of up to 1.5 kA including control electronics*



Contact

Markus Billmann
 Phone: +49 (0) 911 23568-20
 markus.billmann@iisb.fraunhofer.de

Events

Engineers Shape the Future – IISB in Dialogue with Young People at the “realize your visions 2009” Fair

In times of accelerated technological change, the promotion of young engineers is becoming more and more important. Complying with the slogan “realize your visions – engineers shape the future”, the “Förderkreis für das Ingenieurstudium e.V.” invited to an information fair at the Nuremberg airport on 11th February 2009. The event addressed pupils of upper class levels, parents and teachers and took place for the tenth time already. At their booths and in various presentations, local exhibitors from industry, academic education as well as from research and development presented a wide range of information regarding the profession of an engineer and donated prizes for a competition.

The IISB was presented to the public as an attractive research institution with manifold activities in the fields of semiconductor technology, power electronics and mechatronics. In numerous conversations with the future students, employees of the IISB and of the Chair of Electron Devices of the University of Erlangen-Nuremberg took the opportunity to highlight the excellent prospects of engineering studies and to report on the interesting opportunities of an academic or occupational activity in application-oriented research from their own experience. During the announcement of the winners of the competition, the IISB presented one of the main prizes: a guided tour of the institute including the laboratory and the cleanroom for a school class. Altogether, the great interest and the positive response of the pupils make us confident to be able to attract qualified young researchers also in the years to come.

Bavarian Secretary of State for Economic Affairs Visiting the ZKLM

Katja Hessel, Secretary of State at the Bavarian State Ministry for Economic Affairs, Infrastructure, Transport and Technology, visited the Bavarian Cluster for Power Electronics in Nuremberg on 21st April 2009 together with representatives of the district association and of the working group “Economic Affairs” of the FDP from Nuremberg. The Cluster for Power Electronics is part of an initiative of the Bavarian State Government aiming at strengthening Bavaria as a location for business and science within the framework of the alliance “Bayern Innovativ”. The organizational platform of the Bavarian Cluster for Power Electronics is the registered association “European Center for Power Electronics” domiciled in the “Energie-Technologisches Zentrum” (“etz”, energy-technological center) in Nuremberg. Within the framework of an information event regarding the activities of the Bavarian Cluster for Power Electronics, the “Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik” (ZKLM, center for automotive power electronics

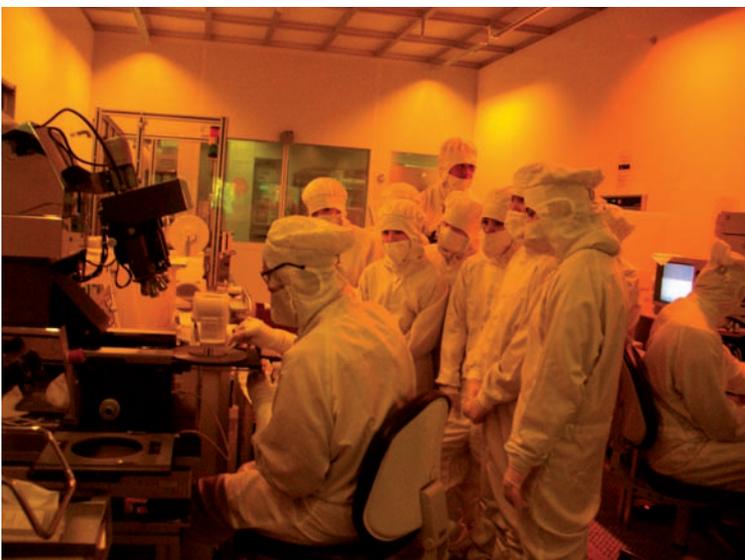


and mechatronics), a branch office of the IISB, was presented as well. During a guided tour of the ZKLM, Secretary of State Katja Hessel, born in Nuremberg and representative of the FDP in the Bavarian State Parliament for the electoral district of Middle Franconia, got informed in a dialogue with the scientists about the manifold and successful research and development activities of the IISB in the field of power electronic system components for hybrid vehicles and of electric mobility.

Girls' Day 2009 – a Look Behind the Scenes in a Cleanroom

"How are microchips made?" Once again this year, this was the question asked at the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology IISB. Fourteen girls experienced an exciting day in the world of semiconductors, transistors and crystals. After a film about the manufacture of microchips was shown, some exhibits were used to explain the production chain, from semiconductor crystals and chips to complete microelectronic systems. Once they were equipped with this information, the pupils were able to carry out some laboratory tests for themselves. In the crystal growth department, they were able to watch crystals growing live under the microscope and in beakers. One of the highlights was undoubtedly was a visit to the cleanroom where microelectronic devices and circuits are developed under the strictest conditions of cleanliness and with great technical effort. The girls were able to use photolithography to create tiny structures on a silicon wafer. In the power electronics laboratory, they investigated the development of heat in electronic circuit boards using a thermal camera. At the close of the event, the girls learned how to benefit from career options in microelectronics and nanoelectronics by studying or entering a vocational training program in microtechnology, which Fraunhofer IISB has successfully offered for many now.

- 1 Moderator Franziska Niedermeier from "Hitradio N1" handing over the certificate with an invitation to a guided tour of the IISB to Gerhard Spörlein, teacher at the "Clavius-Gymnasium" in Bamberg (photo: Fraunhofer IISB)
- 2 Bernd Eckardt from the ZKLM (on the left) presenting an engine for hybrid drives developed at the IISB to Secretary of State Katja Hessel (second from the left) (photo: Fraunhofer IISB)
- 3 The highlight of an exciting day – visiting the cleanroom (photo: Fraunhofer IISB)



Continuation

Korean-German Business Exchange at Fraunhofer IISB

On 24th April 2009, the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology IISB hosted a Korean-German technology cooperation exchange. Companies from both countries had the chance to present themselves and to discuss business opportunities. The event was hosted by the chambers of commerce and industry of the European Metropolitan Region of Nuremberg (EMN) in cooperation with the Korea Industrial Technology Foundation (KOTEF). This year, South Korea was the partner at the "Hannover Messe" trade fair, which took place from 20th to 24th April. Already, hundreds of companies within the EMN have business relations with Korean companies, and the number is increasing. The organizers took this opportunity to increase the number of business contacts. For that reason, the cooperation exchange particularly addresses at local companies. Cooperation with this Asian country is also of particular interest to researchers in the region. The University of Erlangen-Nuremberg, for example, is currently working on opening a branch in Busan in Korea.

Some of the main issues in the cooperation discussions were technologies for energy-efficient drives and automation solutions. Fraunhofer IISB is a partner of the Nuremberg Chamber of Commerce and Industry and its competencies in power electronics, energy efficiency and electromobility made it the ideal venue.

Other partners in organizing the event were the "Automation Valley Nordbayern" initiative, the Bavarian Cluster "Mechatronics and Automation", the Korea-EU International Cooperation Center (KEUICC) based in Erlangen and the Korean Ministry of Knowledge Economy.

Fraunhofer IISB Presents its Expertise in Power Electronics at the PCIM Trade Fair

From 12th to 14th May 2009, the "PCIM Europe" took place in Nuremberg, one of the leading international trade fairs for power electronics and their application in the fields of drive engineering and power quality. This year, one of the highlights at the booth of the IISB were the latest developments regarding AC/DC and DC/DC power converters for electric vehicles or solar energy plants. At the booth of the ECPE, an organization closely cooperating with the IISB, the current status of IISB's conceptual study regarding the conversion of a serial Audi TT into a hybrid vehicle was presented.



Expertise in Electric Mobility – Fraunhofer IISB at the “Automobildialog” (Automotive Dialogue) of the Bavarian State Government

“Zukunftstechnologien des Automobils” (future technologies for automobiles) was the subject of an expert meeting of the Bavarian State Government in Nuremberg on 25th May 2009.

Martin Zeil (Bavarian Minister of State for Economic Affairs), Wolfgang Heubisch (Bavarian Minister of State for Science) and Markus Söder (Bavarian Minister of State for the Environment) invited companies of the automotive industry and energy industry as well as representatives of research institutions and consumers. Fraunhofer IISB participated as one of the leading research institutions in Bavaria in the field of power electronics and drive technology for hybrid and electric vehicles.

According to Dr. Martin März, head of the “Zentrum für Kraftfahrzeug-Leistungselektronik und Mechatronik” (ZKLM, center for automotive power electronics and mechatronics) of the IISB, in the short and medium term, hybrid vehicles are the solution leading to electric mobility. In the long term, they will be complemented by an increasing share of purely electric vehicles. However, the upcoming technological change in the field of automotive engineering will involve substantial changes within the sector and in the value-added chains. Here, compact and efficient power electronics play a decisive role. Due to record-breaking data of power converters for electric mobility, the first demonstration worldwide of a fully system-integrated hybrid engine and with an own hybrid platform based on a conventional serial car, the IISB proves its outstanding position as a center for research and development already for years. From material development to mechatronic integration of entire systems, the institute can fall back on a wide range of expertise and on technological options. Here, the IISB underlines its role as a reliable and highly innovative research partner for industry.

1 *Representatives of German and Korean companies in conversation (photo: Fraunhofer IISB)*

2 *Participants of the expert meeting of the Bavarian State Government on 25th May. Front left: Fraunhofer Senior Vice President for Research Planning Prof. Dr. rer. nat. Ulrich Buller; second from left: Minister of State Markus Söder; behind, on the left: Dr. März from IISB; front right: Minister of State Martin Zeil (photo: Bavarian State Ministry for Economic Affairs, Infrastructure, Transport and Technology)*

Continuation

Science Meets Industry: Successful Transfer of Know-how at the DGKK Seminar “Crystal Growth of Solar Silicon”

On 17th to 19th June 2009, the IISB organized the seminar “Siliciumherstellung für die Photovoltaik: Vom Rohstoff über die Kristallisation zum Wafer” (silicon manufacturing for photovoltaics: from the raw material to crystallization to the wafer) in Freiberg. The event took place under the patronage of the “Deutsche Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung e.V.” (DGKK, German society of crystal growth). In a two-day course, 50 participants (mainly engineers from industry) learned about the basic principles and technologies of silicon manufacturing, silicon crystal growth and the manufacturing of silicon wafers.

“Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft” 2009 (Night of Science and Economy) in Freiberg – Crystals as Crowd-Pullers at the Fraunhofer THM

On 20th June 2009, almost 700 spectators of all ages visited the Fraunhofer THM (technology center for semiconductor materials) in Freiberg on the occasion of the “Night of Science and Economy”. Within the framework of this event, the Fraunhofer THM gave the public the opportunity to gain a deep insight into the fascinating art and science of crystal growth. In an exhibition with presentation boards, minerals and technical exhibits, the Fraunhofer researchers explained the significance of semiconductor crystals and their possible applications in microelectronics and photovoltaics. Numerous exhibits presented the manifold industrial manufacturing processes and the metrology applied during crystal growth. In experiments, the visitors could observe a “live” crystal growth process under the microscope using the example of alumen and could take home instructions for making their own little experiments. After this successful start and due to the very positive response, it is already planned that the Fraunhofer THM will participate in the next “Night of Science and Economy” in Freiberg.

Successful Advanced Training to Become a “Staatlich geprüften Technikerin Mikrotechnologien” (State-Certified Technician for Microtechnologies)

The graduates of the first year of the advanced training to become a “state-certified technician for microtechnologies” celebrated their degrees in summer 2009. One of the graduates was Barbara Kupfer of the IISB.

For qualified experts in high-technology professions, it is often very important to find extra-occupational offers for advanced training in order to enhance their vocational qualification. In many cases, only the way of academic studies with the associated break from work. Since



2006, the department "Microtechnologies" of the "Regionales Berufsbildungszentrum" (regional center for vocational training, RBZ) of the district of Steinburg offers an advanced vocational training to become a "state-certified technician for microtechnologies" in Itzehoe as an alternative.

With funding by the BMBF, the three-year, extra-occupational, work and process-oriented advanced training was conceived in close cooperation with companies, research institutes and networks from all over Germany. On the basis of their vocational education, the future technicians got advanced training regarding process technologies of semiconductor electronics, microsystems technology, packaging technologies as well as materials science and regarding the principles of natural sciences.

Due to the concept of a dual-system vocational training, Barbara Kupfer alternately spent two months at the IISB in Erlangen and four weeks for a block-type training at the "RBZ" in Itzehoe. For her advanced training to become a technician, she was supported by the Nuremberg CCI for Central Franconia to be granted a scholarship of the "Stiftung Begabtenförderungswerk berufliche Bildung" (a German foundation for promoting the highly-talented on the job). For the IISB, supporting the advanced training is a benefit, too. Already as an apprentice, Barbara Kupfer worked at the IISB in Erlangen. Thus, she has a long-time experience regarding the institute's equipment and cleanroom laboratories. Of course, her employers are proud of the fact that Barbara Kupfer completed the advanced training to become a technician as the best of her class.

1 Scientists, technicians and engineers: participants of the DGKK seminar "Silicon Manufacturing for Photovoltaics: From the Raw Material to Crystallization to the Wafer" (photo: Fraunhofer THM)

2 Crowded: the exhibition of the Fraunhofer THM in Freiberg during the "Night of Science and Economy" (photo: Fraunhofer THM)



3 Barbara Kupfer (front right) of the IISB with her colleagues and training supervisors during the graduation ceremony on 9th July 2009 in Itzehoe (photo: A. Schulte-Döinghaus)

Continuation

Great Interest in Cluster Initiative Bavaria

On 22nd July 2009, almost 1500 participants informed themselves on the development and success of the Bavarian Clusters at the Cluster Congress of the Bavarian State Government in Nuremberg. At the booth of the Cluster for Power Electronics, the Fraunhofer IISB presented its latest developments regarding electric mobility.

The 19 Bavarian Clusters were founded in 2006 with the objective of promoting innovations in close cooperation of science and industry, particularly medium-sized companies, and thus to make a substantial contribution with regard to new products, markets and jobs. In this network, research institutions play an essential role. Thus, the Fraunhofer IISB participates in several Clusters such as e.g. in the Cluster for Mechatronics, Automation and Power Electronics. Three years after it has been launched, the Cluster Congress offered the opportunity of drawing an impressive interim balance. The Cluster's objective of linking science and industry obviously has been achieved: More than 1000 representatives from industry were among the visitors of the congress. In Nuremberg, leading managers and scientists discussed the objectives, opportunities and challenges of the Clusters. About 200 exhibitors offered companies the opportunity of exchanging their experiences and prospects in personal conversations.

Fraunhofer IIS and Fraunhofer IISB Celebrated the 60th Anniversary of "Fraunhofer-Gesellschaft" and the Successful Cooperation with Friedrich-Alexander University of Erlangen-Nuremberg (FAU)

On 3rd August 2009, about 200 invited guests visited the joint celebration of the Fraunhofer IIS and the Fraunhofer IISB in Erlangen-Tennenlohe. Hosted by Ursula Heller from Bavarian television, VIPs from politics, industry and science informed themselves about the versatile cooperation projects of the two institutes with the University of Erlangen-Nuremberg. Katja Hessel (Bavarian Secretary of State for Economic Affairs), Prof. Marion Schick (Fraunhofer Senior Vice President) and Prof. Klaus Meyer-Wegener (Vice-President of the University of Erlangen-Nuremberg) participated in a panel discussion. Moreover, the guest could visit a poster exhibition, guided tours of the Fraunhofer anniversary truck and a presentation of IISB's activities regarding electric mobility.

The heads of the two institutes, Prof. Heinz Gerhäuser and Prof. Lothar Frey, underlined the successful cooperation with the Friedrich-Alexander University of Erlangen-Nuremberg. Since they have been founded in 1985, the institutes are closely linked to the university.

In order to continue with this model of success, contracts for a new joint project were signed



1



2

during the anniversary celebration: the “International Audio Laboratories Erlangen” (“Audio-Labs”) of the Fraunhofer IIS. As research partners from the University Erlangen-Nuremberg, Prof. Johannes Huber (dean of the Faculty of Engineering) and Prof. Wolfgang Peukert (coordinator of the Erlangen Excellence Cluster “Engineering of Advanced Materials”) underlined the synergetic effects for both the University and the Fraunhofer institutes. Here, Prof. Huber looks back on a long-term cooperation with the IIS regarding information technology. The IISB closely cooperates with the Excellence Cluster in the field of nanoparticles and printable electronics.

“IMPROVE”: Launch of the Major European Research Project on the Efficiency Increase in Semiconductor Industry – Fitness Programme for the European Semiconductor Industry

At the Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology (IISB) in Erlangen as well as its project partners, the activities concerning the largest European joint research project on the efficiency increase in semiconductor industry “IMPROVE” have been launched. What makes it unique is that “IMPROVE” is a purely semiconductor-oriented project, in the centre of which stands the production in Europe. For this reason, a number of renowned European semiconductor manufacturers and equipment suppliers as well as companies with European production sites have affiliated to research institutes, universities, and software suppliers to a strategic alliance in order to improve the efficiency of the European semiconductor industry and to strengthen its position in a tightened global competition in parallel.

The acronym “IMPROVE” stands for “Implementing Manufacturing Science Solutions to Increase Equipment Productivity and Fab Performance”. From nine funded projects, “IMPROVE” was chosen as the research proposal with the best evaluation within the framework of a pan-European call of the ENIAC Joint Undertaking (“European Nanoelectronics Initiative Advisory Council”) for a funding by the EU and its member states. Regarding national support, the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) has made the biggest fund available. “IMPROVE” has a total budget of 37.7 million Euros. It is financed equally by the project partners from industry, sciences, and research on the one side, and by ENIAC and the European Union as well as with national support from the public authorities on the other side. The BMBF contributes to the funding with 3.5 million Euros.

Within the framework of “IMPROVE”, novel methods and equipment for a better control of process fluctuations and reduced cycle times in the production process are developed. This allows for a more flexible and cost-effective application and operation of the expensive equipment in semiconductor industry. The project is divided into three subject areas – “Virtual Metrology”, “Predictive Maintenance”, and “Adaptive Control Planning”. The Fraunhofer IISB is project leader of the subject areas “Specifications” and “Equipment Forum”. Thus it is responsible for drafting the general specifications for a broad application of the developments in all three subject areas as well as for the development and introduction of methods to increase efficiency. The project’s broad coordination with workshops at all European partner locations

1 From the left: Prof. Lothar Frey and Dr. Martin März, both from IISB, Martin Zeil (Bavarian Minister of State for Economic Affairs), Dr. Wolfgang Heubisch (Bavarian Minister of State for Science) and Prof. Josef Nassauer (CEO of Bayern Innovativ GmbH), looking at the work of the IISB regarding electric mobility at the booth of the Cluster for Power Electronics (photo: Bavarian State Ministry for Economic Affairs, Infrastructure, Transport and Technology)

2 From left to right: Prof. Frey (head of the IISB), Prof. Gerhäuser (head of the IIS) and Ursula Heller (Bavarian television) during the panel discussion (photo: Kurt Fuchs)

Continuation

helps avoiding stand-alone solutions and ensuring the applicability of the results in industrial production. By means of the "Equipment Forum", the manufacturers and suppliers of semiconductor equipment are closely involved in the research process. Thus, the results of "IMPROVE" can be communicated promptly and the modifications necessary for the equipment production can be taken into consideration during the development and construction cycle.

Inauguration of the "Forum Elektromobilität" (Forum for Electric Mobility) in Berlin

Together with the "Fraunhofer-Gesellschaft", the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) inaugurated the "Forum Elektromobilität" (forum for electric mobility) in Berlin on 9th September 2009. The objective of the forum is to bring together the German protagonists in the field of electric mobility in order to promote the development of alternative drive concepts, to coordinate new business models and to inform about the subject. These tasks shall be assumed by the newly founded association "Forum Elektromobilität".

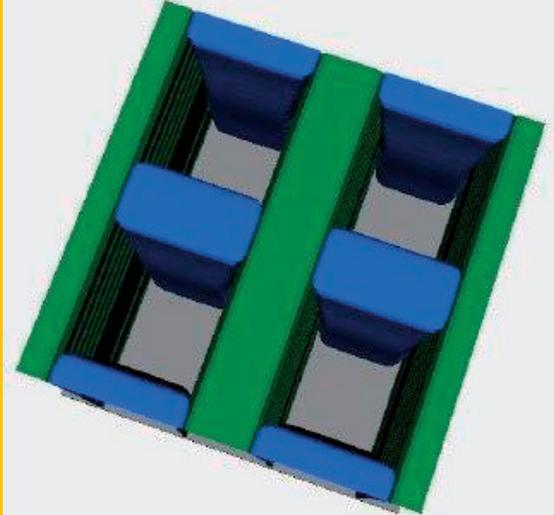
7th "Fraunhofer IISB Lithography Simulation Workshop"

From 25th to 27th September 2009, the 7th "Fraunhofer IISB Lithography Simulation Workshop" took place in Hersbruck. 32 participants from 8 countries met in order to exchange information on the latest developments in the field of lithography simulation.

In 2009 as well, the participants came both from industry and university and covered the full range of applications of lithography simulation. According to the latest developments, the workshop focused on the method of the so-called "double patterning" which is intended to achieve structure sizes of 22 nm and below by means of already existing optical lithography systems as well as on EUV lithography which is the potential successor technology of optical lithography for mass production. Besides presentations concerning the future of lithography for mass production, the workshop consisted of several presentations regarding new and alternative methods, e.g. on lithography with two-photon processes and the production of molecular nanostructures by means of near-field lithography. With regard to application-oriented subjects, the workshop dealt with e.g. the modeling of photoresist and new developments for the manufacturing of components by means of mask-aligner systems which are mainly used in medium-sized industry companies. The workshop's international orientation and the interdisciplinary range of topics offered the opportunity for versatile discussions and lively exchange of experience as a benefit for all participants.



1



2

ICSCRM 2009 in Nuremberg – High-Level Conference on Materials for High-Power Electronics

From 11th to 16th October 2009, the “13th International Conference on Silicon Carbide and Related Materials” (ICSCRM 2009) took place in Nuremberg. The ICSCRM is the most important international conference regarding semiconductor materials for high-power and high-temperature electronics. It was organized by the Fraunhofer IISB together with the companies Infineon and SiCED as well as with the University of Erlangen-Nuremberg. Every two years, the ICSCRM is the most important meeting point of representatives from science and industry from all over the world to discuss the latest developments concerning the



1 Prof. Annette Schavan (Federal Minister of Education and Research) talking with (from left to right) Dr. Martin März from IISB, Prof. Ulrich Buller (Fraunhofer Senior Vice President for Research Planning) and Dr. Thomas Weber (Member of the Daimler Board of Management, Group Research) (photo: Fraunhofer IVI)

2 Simulated profile of a photoreist exposed by means of the double-patterning method after development (figure: Fraunhofer IISB)

3 ICSCRM2009 in Nuremberg: Meeting point of the international community for semiconductor materials for high-power and high-temperature electronics (photo: Fraunhofer IISB)

so-called “wide-bandgap semiconductors”. Due to their specific properties, these materials are the decisive basis for the realization of components and systems used for electronic applications requiring a particularly high electrical power, temperature or frequency. Though they are traditionally used for military purposes or in aerospace industry, more and more civil applications open up such as in efficient power converters for electric vehicles or in photovoltaic systems using electronic components which are based on the semiconductor material silicon carbide. Materials such as gallium nitride or aluminum nitride allow blue lasers as they are used e.g. in blu-ray players or energy-saving light-emitting diodes.

The region of Erlangen-Nuremberg is one of the most important locations for silicon carbide research and industry in Europe. Besides local companies manufacturing bulk material and components, the Fraunhofer IISB and the University of Erlangen-Nuremberg are doing considerable

Continuation

rable research and development in this field. Other main topics of research are gallium nitride, aluminum nitride or graphenes (atomic-scale carbon layers). Thus, it is no coincidence that after venues in Japan or the USA the numerous participants of the ICSCRM came together in the CongressCenter Nuremberg (CCN).

Silicon Carbide: Award-Winning Research Activities of the IISB

Together, researchers of the Fraunhofer IISB, of SiCrystal AG in Erlangen and of the crystallography department of the University of Freiburg examined material defects in the semiconductor material silicon carbide. In October 2009, these activities were decorated both with the Poster Award at the ANKA User Meeting and with the MANSIC Poster Award within the framework of the International Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ICSRM 2009) in Nuremberg.

The presented activities and results have been carried out and achieved by the IISB and SiCrystal AG within the framework of the "KoSiC" project which has been funded by the Bavarian Research Foundation. The measuring time required for carrying out experiments at the synchrotron light source in Karlsruhe (ANKA) with the scientific support of Dr. Andreas Danilewsky was provided by ANKA.

Annual Meeting 2009 of the IISB – A Glance at European Semiconductor Manufacturing

Success and potentials of research and development for European semiconductor manufacturing: This was the focus of the IISB's Annual Meeting on 15th October 2009 in Erlangen. This year's Annual Meeting was organized by the department of Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods. In this field, the IISB is a European center of excellence focusing on device and process automation, contamination, yield enhancement, manufacturing control and productivity.

Semiconductor manufacturing in Europe encounters fierce competition from the USA and particularly from Asia. However, due to application-specific technologies and products such as for the automotive industry, for mechanical engineering and the energy sector as well as to new developments for manufacturing, the European semiconductor and device industry has the opportunity of maintaining its position and of developing new markets. Here, a strong research landscape in Europe plays a substantial role. Especially for small and medium-sized companies, the access to European research excellence is extremely important in order to avoid an excessive



1



2

dependence on technology acquisitions from overseas. To increase its efficiency and its clout, this research landscape depends on pan-European networks and cooperations. IISB's Annual Meeting focused on these networks and cooperations. Here, the IISB contributes with international partners in several ways, very often as coordinator and initiator of European joint projects. Subjects which had been dealt with in presentations of IISB staff members and by representatives of cooperation partners were e.g. the evaluation of semiconductor manufacturing equipment, manufacturing optimization, metrology and analytics, simulation-based device development and, with regard to the future, chip manufacturing on wafers with a diameter of 450 mm.

On the Way to Cheaper Solar Power – “Innovationspreis Mikroelektronik” (Innovation Prize for Microelectronics) Awarded to IISB and SolarWorld AG

Together with the Fraunhofer THM (technology center for semiconductor materials) in Freiberg and on behalf of the industry partner SolarWorld AG, researchers of the Fraunhofer IISB investigated how to improve the crystallization process of low-priced silicon crystals for the production of solar cells. When the silicon from a hot melt with a temperature of 1500°C solidifies during crystal growth, impurities might accumulate in the melt due to different flow rates. The impurities involve detrimental precipitation and defects in the solidified silicon crystal. As the material defects have an unfavorable effect on the properties of the solar cells made of the crystals, the defective areas have to be removed. This means a decrease of the yield and an increase of costs.

Now, the researchers developed the idea of optimized magnetic fields working on the silicon melt. The magnetic fields influence the flow of the electrically conductive melt and thus prevent the formation of the unwanted precipitation. By means of computer simulation and specific measuring methods, the Fraunhofer researchers improved the manufacturing facilities of the industry partner so that the wafer yield could be increased remarkably. With the quality of the base material being improved simultaneously, they succeeded in reducing the manufacturing costs for the solar crystals. This is an essential factor for further growth of photovoltaics and for cheaper solar power.

For their joint research and development activities, the researchers were awarded the “Georg-Waeber-Innovationspreis” (Georg-Waeber innovation prize) of the “Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.” within the framework of the Annual Meeting of the IISB on 15th October 2009.

- 1 *Birgit Kallinger of the IISB with the ANKA Poster Award certificate (photo: Fraunhofer IISB)*
- 2 *Dr. Dietrich Ernst (chairman of the “Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.”) with the laureates Dr. Jochen Friedrich (left) and Dr. Bernhard Freudenberg (right) (photo: IHK / Kurt Fuchs)*

Continuation

Fraunhofer IISB Opens its Gates – Long Night of Sciences 2009

Again on 24th October 2009, the Fraunhofer IISB presented itself to the interested public within the framework of the 4th “Long Night of Sciences” of the tri-city area of Nuremberg-Fürth-Erlangen. At the institutes’ locations in Erlangen and Nuremberg, the visitors could get informed on the latest developments in nanoelectronics and electric mobility. A large exhibition focused on crystals as customized key materials of semiconductor industry. The popular guided tours of the cleanrooms provided an insight into the extreme requirements regarding accuracy and cleanliness necessary for the manufacturing of nano-scale components. The department of Technology Simulation of the IISB demonstrated how such components are manufactured by means of computer simulation. From the department of Power Electronics the visitors learned everything about the efficient conversion, control and distribution of electric energy. Besides experiments with an infrared camera and presentations regarding domestic energy-saving, the colleagues from the Chair of Electron Devices also presented possibilities for a responsible use of energy with their “EcoCar” project.

During the “magic” lecture called “Electrotainment at the IISB”, the visitors could see at close range that with high currents and voltages it often gets very hot. At a “quiz station” regarding the topic of printed electronics, the Excellence Cluster “Engineering of Advanced Materials” (EAM) showed how electronic mass products will be manufactured in the future. The Bavarian Cluster “Mechatronics & Automation” was also represented with a booth.

A special highlight certainly was the Fraunhofer truck with the “Fraunhofer Roadshow” which was touring all over Germany on the occasion of the 60th anniversary of the “Fraunhofer-Gesellschaft” and which stopped at the IISB for the “Long Night of Sciences”.

In 2009, we were able once again to welcome the 1000th visitor of the “Long Night of Sciences” at the Fraunhofer IISB which already traditionally and clearly shows the great interest of the public.

However, the Fraunhofer IISB was not only represented in Erlangen: At the ZKLM (center for automotive electronics and mechatronics) in Nuremberg, it was all about power electronics and electric mobility.



Current Prevents Undesirable Cell Growth – Researchers from Erlangen Winning Prize for Innovative Medical Technology

A research group of the Institute for Bioprocessing and Analytical Measurement Techniques (iba) in Heilbad Heiligenstadt, the Hanover Medical School (HMM), the Dr. Langer Medical GmbH and the Fraunhofer IISB is one of the winning teams of the 11th “Innovationswettbewerb zur Förderung der Medizintechnik” (innovation competition for the promotion of medical technology) of the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF). The researchers developed novel electrodes for hearing implants which can be cleansed of undesirable adhesive cells by means of targeted current pulses in order to achieve an improved signal transmission. Thus, cochlea implants might ensure an improved signal transmission and a better simulation of the natural hearing. By means of this method, not only the quality of life of the people concerned can be increased remarkably. It might also be possible to reduce the total costs for rehabilitation and non-productive time. Moreover, in future, the technology of self-cleaning electrodes might be used for other medical applications as well, e.g. for cardiac pacemakers. In 2009, it was already the 11th “Innovationswettbewerb zur Förderung der Medizintechnik” (innovation competition for the promotion of medical technology) initiated by the BMBF. For this competition, eleven particularly innovative, inventive and promising research and development ideas in the field of medical technology were selected from more than 100 proposals and funded by the BMBF. The objective of the renowned competition is to accelerate the process from the first idea to the introduction on the market. For this purpose, the BMBF funded this year’s winning projects with a total of more than 5.1 million Euros. From this amount, the project of the “self-cleaning electrodes” was granted approximately 360,000 Euros.

Award for Microtechnologist Trainee of the IISB

On 9th November 2009, the best trainees of the year 2008/2009 were in the focus of a ceremony of the “IHK Akademie Mittelfranken” (CCI Academy Central Franconia). CCI Vice President Jürgen Schlag honored 111 young salespeople and skilled workers who achieved top results in their occupation requiring formal training. The honored 47 salespeople and 64 skilled workers successfully completed their vocational training in 109 professions or disciplines. Altogether, 9780 trainees participated in the CCI’s final exams in winter 2008/2009 and in summer 2009. 19 of the graduates obtained the best results of their profession in the Free State of Bavaria and were particularly honored as “Bayerische Meister” (Bavarian champion) – among them Teresa Büttner who completed her vocational training as a microtechnologist at the IISB.

- 1 *Electrotaimment at the IISB – in 45 minutes around the world of power electronics (photo: Fraunhofer IISB)*
- 2 *Teresa Büttner with CCI Vice President Jürgen Schlag (left) and Dr. Roland Fleck (Economic Department of the City of Nuremberg) (photo: Kurt Fuchs)*

Continuation

“More Moore” and Beyond – 10 Years of ITRS

The “International Technology Roadmap for Semiconductors” (ITRS) is the most important industrial strategy paper for the research needed within the area of semiconductor technology. It has been published for ten years now. What have been the important changes during that time?

In July 1998, the activities of the former “National Technology Roadmap for Semiconductors”, which was based in the US only, were extended to a worldwide scale by including Europe, Japan, Korea and Taiwan. “VμE” has been involved in the ITRS since 2000, represented by IISB and IZM. IISB representatives are the first scientists from outside the USA who coordinate ITRS subgroups (known as “International Technology Working Groups”), these being “Modeling and Simulation” (since 2002) and “Yield Enhancement” (since 2004).

The ITRS originally concentrated on the prediction of the continued scaling of semiconductor components for the following 15 years, and on the expected device properties (“More Moore”). From this, researchers derived the results required in each area, from design and front-end technologies to yield enhancement, to name only a few. The international cooperation thus promoted as well as the competition between semiconductor companies led to a reduction of the development time between technology nodes – with each one representing a doubling of the number of transistors per given area – from three to two years.

The later development in the ITRS has been largely determined by two factors: First, technology as used so far is reaching its physical limits. For example, decreasing the gate oxide thickness to values significantly below one nanometer – just a few atom layers – is no longer possible. This problem is solved in semiconductor technology, and thus in ITRS too, by using new device architectures and new materials such as gate dielectrics with a higher dielectric constant. The term “Equivalent Scaling” was introduced in the ITRS to describe this. The result thus allows the development of devices aiming at better functionality and lower prices per function within the next 15 years.

The second trend is the expansion of the ITRS beyond the traditional scaling of memory and logic devices. The illustration taken from the 2007 issue of the ITRS shows this: The technolo-

gies for memory and processors developed in “More Moore” can, in a second step, be adapted and exploited for other products and fields of application such as high-frequency technology, automotive, power electronics or sensors and actuators (“More than Moore”).

On the one hand, these are often more important to German industry as key components than memories and processors – the use of tailor-made electronic systems, for example, is an indispensable competitive advantage of the German automotive industry. On the other hand, developing “More than Moore” technologies is impossible without very good “More Moore” knowledge and capabilities. Continued research on semiconductor technologies for high-density integration thus also is of economic importance which goes well beyond the currently problematic memory business.

Gastwissenschaftler / Guest Scientists

Belkov, Dr., Vikrot
01.09. - 31.10.2009
Weißrussland
Staatliche Universität Minsk
Ion Beam Sputtering

Dazhong, Guan
01.01. - 31.12.2009
China
Chinese Academy of Sciences
Thermische Optimierung direktgekühlter Leistungshalbleitermodule

Goink, Dr., Michael
16.03. - 20.03.2009
15.09. - 09.10.2009
Russland
Centre for Thermophysical Researches „Thermo“ (CTR)
Alexandria
Simulation of Crystal Growth Processes in Realtime (RealSum)

Horntrich, Christine
01.04. - 30.04.2009
Österreich
TU Wien
ANNA- Entwicklung von TXRF Standard Referenzwafer

Juhasz, Dr., Gyorgy
19.10. - 31.12.2009
Ungarn
MFA Budapest
Development of optical models for ex situ and in line mapping ellipsometry of chemically deposited nanostructures

Kalra, Mohit
15.05. - 28.07.09
Indien
IIT Rookee
Rechnergestützte Auswertung von Diodenkennlinien

Kazantsev, Dr., Dimitery
01.01. - 16.01.2009
Russland
A.M. Prokhorov General Physics Institute, Moscow
Charakterisierung von strukturierten Materialien der Halbleitertechnologie mittels aperturloser Streulicht-Rasternahfeldmikroskopie

Kozma, Peter
19.10. - 23.10.2009
Ungarn
MFA Budapest
Development of optical models for ex situ and in line mapping ellipsometry of chemically deposited nanostructures

Major, Dr., Casaba
19.10. - 31.12.2009
Ungarn
MFA Budapest
Development of optical models for ex situ and in line mapping ellipsometry of chemically deposited nanostructures

Ouennoughi, Dr., Zahir
31.5. - 24.06.2009
Algerien
Université Ferhat Abbas Sétif
Messung von Schottkydioden auf SiC

Ouyang, Yi
26.11. - 31.12.2009
China
Chinese Academy of Sciences
Sensorlose Regelung von Asynchronmaschinen

Paskaleva, Dr., Albena
06.10 - 28.10.2009
Bulgarien
Bulgaria Academy of Sciences, Sofia
Trapping phenomena and their implication on long-term reliability of nano-scale metal gate/high-k dielectric-based devices

Patil, Niranjan
08.05 - 15.07.2009
Indien
Indian Institut of Technology, Bombay
Feuchte Sensoren auf Basis von ZnO-Nanostrukturen

Petrik, Dr., Peter
04.02 - 10.02.2009
17.07. - 27.07.2009
19.10. - 23.11.2009
Ungarn
MFA Budapest
Development of optical models for ex situ and in line mapping ellipsometry of chemically deposited nanostructures

Polgar, Dr., Oliver
19.10. - 31.12.2009
Ungarn
MFA Budapest
Development of optical models for ex situ and in line mapping ellipsometry of chemically deposited nanostructures

Syed, Aamir
18.05. - 28.07.2009
Indien
IIT Rookee, Uttarakhand
Temperature control of silicon carbide (SiC) wafers during ion Implantation

Zorenko, Dr., Yuriy
15.09. - 14.10.2009
Ukraine
Universität Lwin, Fakultät der Elektronik, Abt. Optoelektronik
Development of thin crystalline-film phosphors by Liquid Phase Epitaxy method

Patenterteilungen / Patents

März, M. Eckardt, B. Funk, T. Lehen, M.

Aufrüstsatz für die Ausrüstung eines mit einem Verbrennungsmotor betriebenen Kfz mit einem Elektroantrieb und Aufrüstverfahren

Erfindungsmeldung: 28.11.2008

DE 10 2009 006 121

März, M. Schletz, A. Roth, A.

Diskretes Widerstandsbauelement und Leistungsmodul mit einem diskreten Widerstandsbauelement

Erfindungsmeldung 10.9.2008

DE 10 2009 010 214

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 "39th European Solid-State Device Research Conference" (ESSCERC' 09), Athens, Greece, September 14 - 18, 2009
- Member of the Technical Program Committee of the "13th International Conference on Silicon Carbide and Related Materials 2009" (ICSCRM'09), Nuremberg, October 11 - 16, 2009

Erdmann, A.

- Member of the Program Committee of the Micro- and Nanoengineering Conference Europe (MNE) 2009", Ghent, Belgium, September 28 – 30, 2009
- Member of the Program Committee of SPIE Metrology Europe, Munich, June 14 – 18, 2009
- Mentor of the "Erlangen Graduate School of Advanced Optical Technologies" (SAOT)

Frey, L.

- Mitglied der Studienkommission Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
- Mitglied der Deutschen Physikalischen Gesellschaft
- Mitglied der Böhmischen Physikalischen Gesellschaft
- Mitglied des wissenschaftlichen Beirats des Leibnitz-Instituts für Innovative Mikroelektronik IHP Frankfurt/Oder
- Leiter der Fachgruppe 6.2.6. „Inspektion und Analytik“ der VDE/VDI-Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik (GMM)
- 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)

Friedrich, J.

- Vorstandsmitglied der „Deutschen Gesellschaft für Kristallwachstum und Kristallzüchtung“ (DGKK), Arbeitskreis Massivhalbleiter
- Member of the Organisation Committee of the "International Conference on Crystal Growing" (ICCG-17), Warsaw, Poland

Fortsetzung: Mitarbeit in Fachgremien, Fachverbänden und Komitees / Continuation: Participation in Committees

- Program Committee of the 6th International Workshop on Modeling of Crystal Growth, Lake Geneva, USA
- Advisory Committee of 4th International Workshop on Science and Technology of Crystalline Si Solar Cells, Taipei, Taiwan

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 “2009 International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices” (SISPAD 2009), San Diego, CA. USA, September 9 – 11, 2009
- Member of the Program Committee of the “39th European Solid-State Device Research Conference” (ESSDERC’ 09): Sub-Committee “Process and Device Simulation”, Athens, Greece, September 14 – 18, 2009
- Member of the Electrochemical Society
- Member of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

März, M.

- Wissenschaftlicher Beirat der „Conference on Integrated Power Systems“ (CIPS)
- Wissenschaftlicher Beirat der „Automatic Power Electronics Conference“ (APE)
- Stellvertretender Vorsitzender des Fachbereichs Q1 „Leistungselektronik und Systemintegration“ im VDE ETG
- Mitglied im Fachausschuss „Stromversorgungen“ des VDE ETG/ITG
- Mitglied im Cluster-Beirat „Bayerisches Cluster Leistungselektronik und Sensorik“
- Member of the Roadmap Committee of the “European Center for Power Electronics”

(ECPE)

- Member of the Steering Committee "Automotive" of the "Center for Transportation & Logistics Neuer Adler e.v. (CNA)"

Meissner, E.

- Mentorin im Mentoring Program ARIADNE der Technischen Fakultät der Universität Erlangen-Nürnberg
- Member of the International Steering Committee for Bulk Nitride Semiconductors
- Co-Chair of the "6th International Workshop for Bulk Nitride Semiconductors" (IWBNS-6), Poland
- Member of the Organisation Committee of the "International Conference on Crystal Growing" (ICCG-17), Warsaw, Poland
- Member of the German Organization Committee of the 15th International Summer School on Crystal Growth, Gdansk, 2013

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 the Advisory Committee "online educa", International Conference on Technology Supported Training and Learning
- Member of SEMI European Equipment Automation Committee
- Member of SEMI Task Force: Equipment Productivity Metrics Task Force
- Member of SEMI Task Force: Cluster Tool RAM Task Force
- Member of SEMI Task Force: Process Control Systems (PCS)
- Member of SEMI Task Force: Data Quality

Otto, M.

- Mitglied der GMM-Fachgruppen „Prozesskontrolle, Inspektion & Analytik“
- Member of the ITRS WECC (wafer environment and contamination control)
- Member of the SEMI International Environmental Contamination Control Task Force
- Mitglied im Fraunhofer Qualitätsmanagement-Netzwerk
- Mitglied im VDI-Committee "Reinraumtechnik – Chemische Kontamination"

Fortsetzung: Mitarbeit in Fachgremien, Fachverbänden und Komitees / Continuation: Participation in Committees

Pichler, P.

- Member of the Board of Delegates of the European Materials Research Society (E-MRS)
- Member of the Program Committee of the „Gettering and Defect Engineering in Semiconductor Technology Conference“ (GADEST 2009)

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, April 28-30, 2010-04-22
- Member of the Program Committee ISSM 2010 (IEEE „International Symposium on Semiconductor Manufacturing Conference“), Tokyo, Japan, October 18-20, 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 nm Technology

Roeder, G.

- Head of the SEMI Integrated Measurement Task Force Europe
- Koordinator der VDE/VDI-GMM-Fachgruppe 1.2.3 „Abscheide- und Ätzverfahren“

Ryssel, H.

- International Committee of the Conference „Ion Implantation Technology“ (IIT)
- The conference takes place biannually alternatingly in Europe, the USA, and East Asia.
- Mitglied der Informationstechnischen Gesellschaft (ITG): Leiter des Fachausschusses 8.1

„Festkörpertechnologie“

- Mitglied der VDE/VDI Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik (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
- Member of the Technical Program Committee of the “2009 International Conference on Solid State and Integrated Circuits Technology (ICSICT’2009)”, Beijing, China
- 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)

Schellenberger, M.

- Co-Chair der europäischen SEMI PCS-Taskforce
- Mitglied im Programmkomitee und Steeringkomitee der europäischen AEC/APC-Konferenz

Konferenzen, Workshops und Messebeteiligungen / Conferences, Workshops, Fairs and Exhibitions

Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Messtechnik

IISB, Erlangen, Sommer-/Wintersemester 2008

Erlanger Techniktage für Bayerische Eliteakademien

30. März 2009

Führung für Schüler des Clavius-Gymnasiums Bamberg

IISB, Erlangen, 2. April 2009

„Jugend und Technik“, Friedrich-Alexander- Universität

Universität Erlangen-Nürnberg, 6. – 7. April 2009

Girl's Day

IISB, Erlangen, 23. April 2009

Führung für Schüler des Gymnasiums Eckental

IISB, Erlangen, 23. April 2009

Koreanisch-deutsche Unternehmerbörse der IHK

IISB, Erlangen, 24. April 2009

*Infoveranstaltung und Führung für Schüler im Rahmen von
„Realize your Visions“*

IISB, Erlangen, 7. Mai 2008

ECPE Students' Day auf der PCIM

Nürnberg, 14. Mai 2009

Wissenschaftstag der Metropolregion Nürnberg

Nürnberg, 26. Mai 2009

*European-Russian Semiconductor Technology Conference
2009 on Networking*

Moscow, Russia, 3. – 4. Juni 2009

5th IISB Lithography Simulation Course

IISB, Erlangen, 4. – 5. Juni 2009

DGKK-Schulung „Siliciumherstellung für die Photovoltaik“

Freiberg, 15. – 17. Juni 2009

Nacht der Wissenschaft und Wirtschaft Freiberg

Freiberg, 20. Juni 2009

Kongress „Cluster-Offensive Bayern“

München, 22. Juli 2009

Feier zum 60-jährigen Bestehen der Fraunhofer-Gesellschaft

IIS, Erlangen, 3. August 2009

Verleihung des Jugendpreises Förderkreis Mikroelektronik

IISB, Erlangen

Praktikum „Mädchen und Technik“

IISB, Erlangen

7th IISB Lithography Simulation Workshop

Hersbruck

*11. IISB Jahrestagung „F & E für die europäische Halbleiterfer-
tigung - Erfolge und Potentiale“*

IISB, Erlangen, 15. Oktober 2009

*International Conference on Silicon Carbide an Related
Materials*

Messe Nürnberg, 11. – 16. Oktober 2009

*Verleihung des Georg-Waeber-Innovationspreises 2009 des
Förderkreises für die Mikroelektronik*
IISB, Erlangen

Lange Nacht der Wissenschaften
IISB, Erlangen, 24. Oktober 2009

Firmenkontaktmesse akademika
Nürnberg, 19. – 20. Mai 2009

Semicon Russia 2009
Moscow, Russia, 1. – 3. Juni 2009

PCIM 2009
Messezentrum, Nürnberg

bonding Firmenkontaktmesse 2009
Universität Erlangen-Nürnberg, Technische Fakultät,
7. - 8. Juli 2009

*Mitorganisation der „International Conference on Silicon
Carbide and Related Materials (ICSCRM2009)“*
Nürnberg, 11. – 16. Oktober 2009

Semicon Europa 2009
Dresden, 6.-8. Oktober 2009

CONTACT 2009
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg,
25. November 2009

SPS/IPC/DRIVES
Nürnberg, 23. – 25. November 2009

Publikationen / Publications

Bauer, A.J., Lemberger, M., Erlbacher, T., Weinreich, W.:
Search for Future High-k Dielectrics, Boundary Conditions and Examples
Modern Trends in Mathematics and Physics, S. S. Tinchev (Hg.), Heron Press Ltd., Sofia,
Bulgaria, 1, 2009
ISBN 978-954-580-264-5

Barmin, I.V., Senchenkov, A.S., Greif, A., Patzold, O., Wunderwald, U., Croll, A., Mitric, A.:
Application of rotating magnetic fields to crystal growth under microgravity (experiments on FOTON-M3)
PAMIR International Conference Fundamental and Applied MHD, Magnetic Liquids 7, 2008,
Magnetohydrodynamics, 45, 3, 325, 2009

Bazizi, E.M., Pakfar, A., Fazzini, P.R., Cristiano, F., Tavernier, C., Claverie, A., Burenkov, A.,
Pichler, P.:
*Comparison between 65nm Bulk and PD-SOI MOSFETs: Si/BOX Interface Effect on Point Defects
and Doping Profiles*
Proceedings, ESSDERC 2009, ed. by D. Tsoukalas and A. Dimoulas, Piscataway: IEEE, 292-295,
2009

Bazizi, E.M., Pakfar, A., Fazzini, P.R., Cristiano, F., Tavernier, C., Claverie, A., Burenkov, A.,
Pichler, P.:
PD-SOI MOSFETs: Interface Effect on Point Defects and Doping Profiles
Proceedings, 2009 IEEE International SOI Conference, Piscataway: IEEE, 978-1-4244-5232-3/09,
2009

Beckhoff, B., Nutsch, A., Altmann, R., Borionetti, G., Pello, C., Polignano, M.L., Codegoni, D.,
Grasso, S., Cazzini, E., Bersani, M., Lazzeri, P., Gennaro, S., Kolbe, M., Müller, M., Kregsamer,
P., Posch, F.:
Highly Sensitive Detection of Inorganic Contamination
Proceedings of 9th International Symposium on Ultra Clean Processing of Semiconductor
Surfaces, Solid State Phenomena, 145-146, 101, 2009

Beckhoff, B., Nutsch, A., Altmann, R., Borionetti, G., Pello, C., Polignano, M.L., Codegoni, D.,

Grasso, S., Cazzini, E., Bersani, M., Lazzeri, P., Gennaro, S., Kolbe, M., Müller, M., Kregsamer, P., Posch, F.:
Assessing Various Analytical Techniques with Different Lateral Resolution by Investigating Spin-coated Inorganic Contamination on Si Surfaces
ECS Transactions, 25, 3, 311, 2009

Berberich, S.E., Dorp, J. vom, Bauer, A.J., Ryssel, H.:
Silicon based trench hole power capacitor
EPE Journal 19, 2, 6, 2009

Berberich S., März M., Bauer A., Ryssel H., Poure P., Braun F., Lorentz V.:
Lossless Average Inductor Current Sensor for CMOS Integrated DC-DC Converters Operating at High Frequencies
Proceedings of AICSP Analog Integrated Circuit Signal Processing, 2009

Dadzis, K., Zschorsch, M., Wunderwald, U., Jung, T., Friedrich, J.:
Use of travelling magnetic fields to influence melt convection during Bridgeman type solidification of multi-crystalline silicon for photovoltaic applications
Proceedings, 6th International Conference on Electromagnetic Processing of Materials, 887, 2009

Billmann M., Malipaard D., Gambach H.:
Explosion Proof Housings for IGBT Module Based High Power Inverters in HVDC Transmission Application
Proceedings of PCIM 2009, 2009

Dagner, J., Friedrich, J., Müller, G.:
Influence of forced convection on the directional solidification of AlSi alloys: Comparison of experiments and simulation
Progress in Computational Fluid Dynamics, 9, 6-7, 2009

Dorp, J. vom, Berberich, S.E., Bauer, A.J., Ryssel, H.:
Analysis of the DC-arc behavior of a novel 3D-active fuse
Solid-state electronics, 53, 7, 809, 2009
DOI: 10.1016/j.sse.2009.02.015

Eckardt, B., März, M., Schletz, A.:
Anforderungsgerechte Auslegung von Leistungselektronik im Antriebsstrang
Elektrik/Elektronik in Hybrid- und Elektrofahrzeugen, Haus der Technik Fachbuchreihe, Eds.: O.

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Publikationen / Continuation: Publications

Sirch, 98, 213, 2009

Egelkraut S., Rauch M., Schletz A., März M.:
Polymer Bonded Soft Magnetics for EMI-Filter Applications
APE Automotive Power Electronics 2009, 3rd International Conference, 2009

Erdmann, A., Reibold, D., Fühner, T., Evanschitzky, P.:
Photomasks for semiconductor lithography: From simple shadow casters to complex 3D scattering objects
Advances in science and technology, Trans Tech Publications, 55, 173, 2009

Erdmann, A., Evanschitzky, P., Fühner, T.:
Mask Diffraction Analysis and Optimization for EUV Masks
Proceedings, SPIE Conference, 7271, 72711E, 2009

Erdmann, A., Fühner, T., Shao, F., Evanschitzky, P.:
Lithography Simulation: Modeling Techniques and Selected Applications
Proceedings, SPIE Conference, 7390, 739002-1, 2009

Erlbacher, T., Graf, T., DasGupta, N., Bauer, A.J., Ryssel, H.:
Suppression of parasitic electron injection in SONOS-type memory cells using high-k capping layers
Journal of vacuum science and technology, B, microelectronics and nanometers, 27, 482, 2009
DOI: 10.1116/1.3021020

Evanschitzky, P., Erdmann, A., Fühner, T.:
Extended Abbe Approach for fast and accurate lithography imaging simulations
Proceedings, SPIE Conference, 7470, 747007-1, 2009

Fet, A., Häublein, V., Bauer, A.J., Ryssel, H.:
Effective work function engineering by lanthanide ion implantation of metal-oxide semiconductor gate stacks
Journal of vacuum science and technology, B, microelectronics and nanometers, 27, 1, 2009

DOI: 10.1116/1.3021043

Fet, A. ; Häublein, V. ; Bauer, A.J. ; Ryssel, H. ; Frey, L.:

Lanthanum implantation for threshold voltage control in metal/high-k devices

Proceedings, 16th Biannual Conference on Insulating Films on Semiconductors 2009, 1782, 2009

und

Microelectronic engineering, 86, 7, 1782, 2009

DOI: 10.1016/j.mee.2009.03.042

Fuhrmann, J., Fiebach, A., Uhle, M., Erdmann, A., Szmanda, C.R., Truong, C.:

A Model of Self-limiting Residual Acid Diffusion for Pattern Doubling

Microelectronic Engineering, 86, 4-6, 792, 2009

Grieb, M., Noborio, M., Peters, D., Bauer, A.J., Friedrichs, P., Kimoto, T., Ryssel, H.:

Electrical characterization of MOS structures with deposited oxides annealed in N₂O or NO

Materials Science Forum, 615-617, 521, 2009

DOI: 10.4028/www.scientific.net/MSF.615-617.521

Jambrech, 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

35th International Conference on Micro and Nano Engineering (MNE 2009)

Kaiser, R.J., Koffel, S., Pichler, P., Bauer, A.J., Amon, B., Claverie, A., Benassayag, G., Scheiblin, P., Frey, L., Ryssel, H.:

Honeycomb voids due to ion implantation in germanium

Thin Solid Films, 518, 2323, 9, 2009

und

Proceedings of E-MRS Spring Meeting, Symposium I, 2009

DOI: 10.1016/j.tsf.2009.09.138

Kallinger, B., Thomas, B., Friedrich, J.:

Influence of substrate preparation and epitaxial growth parameters on the dislocation densities in 4H-SiC epitaxial layers

Materials Science Forum, 600-603, 143, 2009

Kames, J., Leibold, A., Nutsch, A., Otto, M.:

Detection of acidic substances of H-X type in clean room air

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENT- LICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Publikationen / Continuation: Publications

ECS Transactions (2009), 25, 3, Analytical Techniques for Semiconductor Materials and Process Characterization 6 (ALTECH 2009), 453, 2009

Kampen, C., Burenkov, A., Lorenz, J., Ryssel, H.:

Simulation assessment of process options for advanced CMOS devices

IEEE Electron Devices Society, 10th International Conference on Ultimate Integration of Silicon (ULIS 2009) IEEE, 273, 2009

Klar, O.:

Charakterisierung und Modellierung von Ladungseinfangmechanismen in dielektrischen Speicherschichten

Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg

<http://www.opus.ub.uni-erlangen.de/opus/volltexte/2009/1487/>

Kozłowska, M., Oechsner, R., Pfeffer, M., Bauer, A.J., Meissner, E., Pfitzner, L., Ryssel, H., Maass, W., Langer, J., Ocker, B., Schmidbauer, S., Gonchond, J.-P.:

Properties of TaN thin films produced using PVD linear dynamic deposition technique

Proceedings, International Conference on Solid Films and Surfaces (ICSFS), 2008, E-Journal of Surface Science and Nanotechnology, 7, 277, 2009

doi/10.1380/ejssnt.2009.277

Langner, O., Karolczak, M., Rattmann, G., Kalender, W.:

Bar and point test patterns generated by dry-etching for measurement of high spatial resolution in micro-CT

Proceedings IFMBE, 25, 2, 2009

DOI 10.1007/978-3-642-03879-2

und

World Congress on Medical Physics and Biomedical Engineering, 428, 2009

DOI 10.1007/978-3-642-03879-2_121

Lazareva, I., Nutsch, A., Pfitzner, L., Frey, L.:

Highly sensitive wavefront sensor for characterization of micro- to nanometer-scale surface flatness deviations

Proceedings SPIE Conference 2009 "Optical Measurement Systems for Industrial Inspection VI",
7389, 73890Q, 2009
DOI: 10.1117/12.828141

Lorentz, V.R.H.:
Bidirectional DC voltage conversion for low power applications
Dissertation, Universität Erlangen-Nürnberg, 2009,
www.opus.ub.uni-erlangen.de/opus/volltexte/2009/1237/

Lorentz, V.R.H., Berberich, S.E., März, M., Bauer, A.J., Ryssel, H., Poure, P., Braun, F.:
*Light-Load Efficiency Increase in High-Frequency Integrated DC-DC Converters by Parallel
Dynamic Width Controlling*
Analogue Integrated Circuits and Signal Processing, 62, 1, 2009
DOI: 10.1007/s10470-009-9323-9

Lorentz, V.R.H., 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, 332, 2009
DOI: 10.1007/s10470-009-9365-z

Lorenz, J., Kampen, C., Burenkov, A., Fühner, T.:
Impact of Lithography Variations on Advanced CMOS Devices
Proceedings, 2009 International Symposium on VLSI Technology, Systems and Applications
(2009VLSI-TSA), 17, 2009

Müller, J., Böske, T.S., Schröder, U., Reinicke, M., Oberbeck, L., Zhou, D., Weinreich, W.,
Kücher, P., Lemberger, M., Frey, L.:
Improved manufacturability of ZrO_2 MIM capacitors by process stabilizing HfO_2 addition
Proceedings, 16th Biannual Conference of Insulating Films on Semiconductors (INFOS), 1818,
2009
und
Microelectronic engineering, 86, 7-9, 2009

Motzek, K., Bich, A., Erdmann, A., Hornung, M., Hennemeyer, M., Meliorisz, B., Hofmann, U.,
Ünal, N., Voelkel, R., Partel, S., Hudek, P.:
Optimization of illumination pupils and mask structures for proximity printing
Microelectronic Engineering, 87, 5-8, 1164, 2010
DOI:10.1016/j.mee.2009.10.038

Fortsetzung: Publikationen / Continuation: Publications

Murakami, K., Matsubara, N., Ichikawa, S., Kisa, T., Nakayama, T., Takamoto, K., Wakaya, F., Takai, M., Petersen, S., Amon, B., Ryssel, H.:
Transmission-electron-microscopy observation of Pt pillar fabricated by electron-beam-induced deposition
Japanese journal of applied physics 48, 6, 06FF12, 2009
<http://dx.doi.org/10.1143/JJAP.48.06FF12>

Nutsch, A., Beckhoff, B., Altmann, R., Polignano, M., Cazzini, E., Codegoni, D., Borionetti, G., Kolbe, M., Mueller, M., Mantler, C., Strelti, C.:
Comparability of TXRF Systems at Different Laboratories
ECS Transactions, 25, 3, 325, 2009

Nutsch, A., Beckhoff, B., Altmann, R., Van Den Berg, J.A., Giubertoni, D., Hoenicke, P., Bersani, M., Leibold, A., Meirer, F., Mueller, M., Pepponi, G., Otto, M., Petrik, P., Reading, M., Pfitzner, L., Ryssel, H.:
Complementary Metrology within a European Joint Laboratory
Proceedings of 9th International Symposium on Ultra Clean Processing of Semiconductor Surfaces, Sol. State Phenom. 145-146, 97, 2009
DOI:10.4028/www.scientific.net/SSP.145-146.97

Nutsch, A., Beckhoff, B., Bedana, G., Borionetti, G., Codegoni, D., Grasso, S., Guerinoni, G., Leibold, A., Muller, M., Otto, M., et. al.:
Characterization of Organic Contamination in Semiconductor Manufacturing Processes
Proceedings, AIP Conference (2009), 1173, 23, 2009
DOI: 10.1063/1.3251227

Nutsch, A., Lazareva, I., Pfitzner, L., Grandib, T., Bucourt, S.:
Wave Front Sensor for Highly Accurate Characterization of Flatness on Wafer Surfaces
Proceedings AIP Conference 2009, 1173, 23, 2009

Otto, M., Leibold, A., Wulf, L., Hurlebaus, M., Pfitzner, L.:
Monitoring System for Airborne Molecular Contamination (AMC) in Semiconductor Manufactu-

ring Areas and Micro-Environments

Solid State Phenomena Vol. 145-146, 135, 2009

DOI:10.4028/www.scientific.net/SSP.145-146.135

Paskaleva, A., Lemberger, M., Bauer, A.J., Weinreich, W., Heitmann, J., Erben, E., Schröder, U., Oberbeck, L.:

Influence of the amorphous/crystalline phase of $Zr_{1-x}AlxO_2$ high-k layers on the capacitance performance of metal insulator metal stacks

Journal of Applied Physics, 106, 5, 054107, 2009

DOI: 10.1063/1.3204666

Patsis, G.P., Drygiannakis, D., Raptis, I., Gogoglides, E., Erdmann, A.:

Advanced Lithography Models for Strict Process Control in the 32nm Technology Node

Microelectronic Engineering, 86, 4-6, 513, 2009

Petersen, J.S., Greenway, R.T., Fühner, T., Evanschitzky, P., Shao, F., A. Erdmann, A.:

Exploration of linear and non-linear double exposure techniques by simulation

Proceedings, SPIE Conference 7274, 72421V, 2009

Pfeffer, M., Pfitzner, L., Ocker, B., Öchsner, R., Ryssel, H., Verdonck, P.:

Performance optimization of semiconductor manufacturing equipment by the application of discrete event simulation

American Society of Mechanical Engineers (ASME), Design Engineering Division, 3, A and B, 2009

Polignano, M., Brivio, J., Codegoni, D., Grasso, S., Altmann, R., Nutsch, A.:

Revealing Copper Contamination in Silicon after Low Temperature Treatments

ECS Transactions, 25, 3, 337, 2009

Reibold, D., Shao, F., Erdmann, A., Peschel, U.:

Extraordinary Low Transmission Effects for Ultra-thin Patterned Metal Films

Optic Express, 17, 2, 544, 2009

Reimann, C., Trempa, M., Friedrich, J., Würzner, S., Möller, H.-J.:

Influencing the SiC and Si_3N_4 -precipitate formation during directional solidification of multi-crystalline silicon by using different growth velocities

Proceedings, 3rd International Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells, SINTEF/NTNU, 2009

Rommel, M., Jambrech, J., Ebm, C., Platzgummer, E., Bauer, A., Frey, L.:

Fortsetzung: Publikationen / Continuation: Publications

Influence of FIB patterning strategies on the shape of 3D structures: Comparison of experiments with simulations

Proceedings, 35th International Conference on Micro and Nano Engineering (MNE 2009),
Microelectronic Engineering, MEE6970, 2009
urn:nbn:de:0011-n-1064878

Schmitt, H., Amon, B., Beuer, S., Petersen, S., Rommel, M., Bauer, A.J., Ryssel, H.:
*UV nanoimprint lithography process optimization for electron device manufacturing on
nanosized scale*

Proceedings, 34th International Conference on Micro- and Nano-Engineering (MNE), 636, 2009
und
Microelectronic engineering 86, 4-6, 636,2009
doi:10.1016/j.mee.2008.11.017

Schmidhofer A., Starzinger J., März M., Eckardt B., Tadros Y., Wondrak W.:
Perspectives of Inverter Integration in Vehicle Powertrains

APE Automotive Power Electronics 2009, 3rd International Conference, 2009

Schmitt, H., Rommel, M.; Bauer, A.J., Frey, L., Bich, A., Eisner, M., Voelkel, R., Hornung, M.:
Full wafer micro lens replication by UV imprint lithography

Poster at the MNE 2009, 35th International Conference on Micro and Nano Engineering, 2009

Schnattinger, T., Erdmann, A.:

Lithographic Importance of Base Diffusion in Chemically Amplified Photoresists

34th International Conference on Micro- and Nano-Engineering (MNE 2008), 773, 2009
und
Microelectronic Engineering, 86, 4-6, 2009

Shao, F., Evanschitzky, P., Fühner, T., Erdmann, A.:

Rigorous Diffraction Simulations of Topographic Wafer Stacks in Double Patterning

Microelectronic Engineering, 86, 4-6, 2009

Shao, F., Evanschitzky, P., Fühner, T., Erdmann, A.:

Efficient Simulation and Optimization of Wafer Topographies in Double Patterning

Proceedings, SPIE „Optical Microlithography XXII“, 7274, 727400-1, 2009

und

Journal of Micro/Nanolithography, MEMS and MOEMS, 8, 043070, 2009

Shao, F., Evanschitzky, P., Fühner, T., Erdmann, A.:

Efficient Analysis of Three Dimensional EUV Mask Induced Imaging Artefacts Using the Waveguide Decomposition Method

Proceedings, SPIE, 7488, 74882C, 2009

Spoldi, G., Beuer, S., Rommel, M., Yanev, V., Bauer, A.J., Ryssel, H.:

Experimental observation of FIB induced lateral damage on silicon samples

Proceedings, 34th International Conference on Micro- and Nano-Engineering (MNE 2008), A,

548, 2009

und

Microelectronic engineering 86, 4 – 6, 2009

<http://dx.doi.org/10.1016/j.mee.2009.01.003>

Thiede, T.B., Parala, H., Reuter, K., Passing, G., Kirchmeyer, S., Hinz, J., Lemberger, M., Bauer, A.J., Barreca, D., Gasparotto, A., Fischer, R.A.:

Deposition of Niobium Nitride Thin Films from Tert-Butylamido-Tris-(Diethylamido)-Niobium by a Modified Industrial MOCVD Reactor

Chemical Vapor Deposition, 15, 10-12, 334, 2009

DOI 10.1002/cvde.200906810

Thomas, B., Hecht, C., Kallinger, B.:

Large-area homoepitaxial growth of low-doped thick epilayers for power devices with VBR > 4 kV

Materials Science Forum 600-603, 77, 2009

Toumi, S., Ferhat-Hamida, A., Boussouar, L., Sellai, A., Ouennoughi, Z., Ryssel, H.:

Gaussian distribution of inhomogeneous barrier height in tungsten/4H-SiC (000-1) Schottky diodes

MEE Microelectronic Engineering, 86, 3, 303, 2009

Weinreich, W., Wilde, L., Kücher, P., Lemberger, M., Yanev, V., Rommel, M., Bauer, A.J., Erben, E., Heitmann, J., Schröder, U., Oberbeck, L.:

Correlation of microscopic and macroscopic electrical characteristics of high-k ZrSixO_{2-x} thin films using tunnelling atomic force microscopy

Fortsetzung: Publikationen / Continuation: Publications

Journal of vacuum science and technology B, 27, microelectronics and nanometers 27, 1, 2009
<http://dx.doi.org/10.1116/1.3058725>

Weinreich, W., Ignatova, V.A., Wilde, L., Teichert, S., Lemberger, M., Bauer, A.J., Reiche, R., Erben, E., Heitmann, J., Oberbeck, L., Schröder, U.:

Influence of N₂ and NH₃ annealing on the nitrogen incorporation and k-value of thin ZrO₂ layers

Journal of Applied Physics, 106 (3), 034107, 2009

DOI: 10.1063/1.3187829

Weinreich, W., Reiche, R., Lemberger, M., Jegert, G., Müller, J., Wilde, L., Teichert, S., Heitmann, J., Erben, E., Oberbeck, L., Schröder, U., Bauer, A.J., Ryssel, H.:

Impact of interface variations on J-V and C-V polarity asymmetry of MIM capacitors with amorphous and crystalline Zr_{1-x}Al_xO₂ films

Microelectronic Engineering, 86 (7-9), 1826, 2009

DOI: 10.1016/j.mee.2009.03.070

Wunderwald, U., Dadzis, K., Zschorsch, M., Jung, T., Friedrich, J.:

Influence of travelling magnetic fields on melt convection during Bridgeman type solidification of multi-crystalline silicon

Proceedings, 24th European Photovoltaic Solar Energy Conference, 1023, 2009

Yanev, V., Erlbacher, T., Rommel, M., Bauer, A.J., Frey, L.:

Comparative study between conventional macroscopic IV techniques and advanced AFM based methods for electrical characterization of dielectrics at the Nanoscale

Microelectronic engineering 86, 7-9, 1911, 2009

DOI: 10.1016/j.mee.2009.03.094

Zimmermann, G., Sturz, L., Walterfang, M., Dagner, J.:

Effect of melt flow on dendritic growth in AlSi₇-based alloys during directional solidification

Second International Conference on Advances in Solidification Processes (ICASP 2008), International journal of cast metals research 22.2009, 1-4, 335, 2009

Zippelius, B., Krieger, M., Weber, H.B., Pensl, G., Kallinger, B., Friedrich, J., Thomas, B.:
Influence of growth rate and C/Si-ratio on the formation of point and extended defects in 4H-SiC homoepitaxial layers investigated by DLTS
7th European Conference on Silicon Carbide and Related Materials (ECSCRM), Trans Tech Publications, 393, 2009 (Materials Science Forum 615-617)

Zschorsch, M., Dadzis, K., Wunderwald, U., Jung, T., Friedrich, J.:
Bridgman type solidification of multi-crystalline silicon influenced by a travelling magnetic field
Proceedings, 3rd International Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells, SINTEF/NTNU, 2009

Bücher

März, M., Zeltner, S., Egelkraut, S., Feldmann, K.:
Montage in der Leistungselektronik für globale Märkte: Design, Konzepte, Strategien
Springer, 2009 (VDI-Buch)

März, M.:
Halbierung des Spritverbrauchs im Stadtverkehr
PCIM Europe. Ausgabe 1/2009

März M., Hofmann M., Rauh H., Eckardt B.:
Mechanische Integration von Leistungselektronik in die Antriebseinheit eines Axle-Split-Hybrids
Tagung „Praxis der elektrischen Antriebe für Hybrid- und Elektrofahrzeuge“, expert Verlag
ISBN 978-3-8169-2817-1

Rambach, M., Bauer, A.J., Ryssel, H.:
Electrical and topographical characterization of aluminum implanted layers in 4H silicon carbide
Silicon Carbide, Current Trends in Research and Applications, Ed.: Peter Friedrichs, Tsunenobu Kimoto, Lothar Ley, Gerhard Pensl, 181-204, 2010
ISBN: 978-3-527-40953-2

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Vorträge / Presentations

Apelt, R., Hussy, S., Friedrich, J.:

Einsatz von Graphitbeschichtungen und Graphitfolien zur Reduzierung der Heizleistung in graphitbasierten Kristallzüchtungsanlagen

Poster Präsentation, Deutsche Kristallzüchtungstagung

Dresden,

4. – 6. März 2009

Azisi, M., Hussy, S., Friedrich, J., Bickermann, M., Epelbaum, B., Winnacker, A.:

Einfluss der Oberflächenpräparation bei der Flüssigphasenepitaxie von GaN auf AlN-Substraten

Poster Präsentation, Deutsche Kristallzüchtungstagung

Dresden,

4. – 6. März 2009

Bennet, N.S., Ahn, C., Cowern, N.E.B., Pichler, P.:

Review of Stress Effects on Dopant Solubility in Silicon and Silicon-Germanium Layers Gettering and Defect Engineering in Semiconductor Technology XIII

GADEST 2009

Berlin

26. September – 2. Oktober 2009

Berwian, P., Friedrich, J.:

Polieren von GaN-Materialien: Vergleich verschiedener Polierprodukte und Optimierung der Politurschritte

Poster Präsentation, Deutsche Kristallzüchtungstagung

Dresden,

4. – 6. März 2009

Billmann, M.:

Explosionsschutzmaßnahmen für Hochleistungs-IGBT-Umrichter

Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB

IISB Erlangen,

22. Juli 2009

Billmann M., Rudnyi E.:

Experiments and Simulations

ECPE Tutorial „Thermal Engineering of Power Electronics Systems – Part 1: Thermal Design and Verification“

IISB, Erlangen,

28. – 29. Juli 2009

Burenkov, A.:

Bauelementesimulation von CMOS Nanotransistoren

Besuch der Firma Semikron

Nürnberg,

11. März 2009

Clarysse, T., Vandervorst, W., Pfeffer, M., Schellenberger, M., et al.:

Photovoltage versus Microprobe Sheet Resistance Measurements on Ultrashallow Structures

International Workshop on INSIGHT in Semiconductor Device Fabrication, Metrology and Modeling

Napa, CA, USA,

26. – 29. April 2009

Dadzis, K., Zschorsch, M., Wunderwald, U., Jung, T., Friedrich, J.:

Use of travelling magnetic fields to influence melt flow during solidification of multicrystalline solar silicon

Freiberger Silicon Days

Freiberg,

17. – 19. Juni 2009

Dadzis, K., Zschorsch, M., Wunderwald, U., Jung, T., Friedrich, J.:

Use of travelling magnetic fields to influence melt convection during Bridgman type solidification of multi-crystalline silicon for photovoltaic applications

6th International Conference on Electromagnetic Processing of Materials

Dresden,

19. – 23. Oktober 2009

Dzhimova, A., Epple, P., Rauh, C., Delgado, A., Jank, M.:

Fluid dynamics for printable electronics

Posterpräsentation, Symposium des Exzellenzclusters Engineering of Advanced Materials

Wildbad Kreuth,

22. – 25. November 2009

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Egelkraut S.:

Soft-Magnetic Polymers

ECPE Seminar "Innovative Materials for Power Electronics"

Fürth/Nuremberg,

17. – 18. März 2009

Egelkraut S., Rauch M., Schletz A.:

Polymer Bonded Soft Magnetics for EMI-Filter Applications

3rd International Conference on "Automotive Power Electronics" (APE) 2009

Paris, France,

25. – 26. März 2009

Egelkraut, S.:

Hochgefüllte Kunststoffe für die Leistungselektronik

Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB

IISB, Erlangen,

13. Juli 2009

Erdmann, A., Evanschitzky, P., Fühner, T.:

Mask Diffraction Analysis and Optimization for EUV Masks

SPIE Advanced Lithography Conference

San José, CA, USA,

23. – 28. Februar 2009

Erdmann, A., Fühner, T., Evanschitzky, P., Liu, S.:

Simulation lithographischer Prozesse zur Erzeugung von Nanostrukturen

1. GMM Workshop "Mikro-Nano-Integration"

Seeheim-Jugenheim,

12. - 13. März 2009

Erdmann, A., Fühner, T., Shao, F., Evanschitzky, P., Petersen, J., Greenway, R.:

Optical lithography beyond the Abbe resolution limit: Double exposure and double patterning

4th EOS Topical Meeting on Advanced Imaging Techniques

Jena,

10. – 12. Juni 2009

Erdmann, A., Fühner, T., Shao, F., Evanschitzky, P.:

Lithography Simulation: modeling techniques and selected applications

SPIE Metrology Europe

München,

14. – 18. Juni 2009

Erdmann, A., Shao, F., Evanschitzky, P., Fühner, T.:

Wafer topography and multiple exposure effects in dual resist double patterning processes

7th International Fraunhofer IISB Lithography Simulation Workshop

Hersbruck,

25. – 27. September 2009

Erdmann, A., Shao, F., Evanschitzky, P., Fühner, T., Rahimi, Z.:

Modeling of mask and wafer side scattering effects in advanced optical and EUV-lithography

International Microprocess and Nanotechnology Conference (MNC) 2009

Sapporo, Japan,

9. – 12. November 2009

Evanschitzky, P., Erdmann, A., Fühner, T.:

Extended Abbe approach for fast and accurate lithography imaging simulations

European Mask and Lithography Conference (EMLC), 2009

Dresden,

14. Januar 2009

Fet, A.:

Einsatzspannungskontrolle für Metall/high-k-Stapel mittels Ionenimplantation

Gemeinsames Kolloquium zu Materialien für die Elektronik des LEB und des IISB

IISB, Erlangen,

30. November 2009

Fischer, B., Frey, L.:

Tailored Materials for Electronics

3rd Kyoto-Erlangen Symposium for Materials and Energy, Erlangen

Kyoto, Japan,

3. September 2009

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENT- LICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Frey, L.:
Technologie integrierter Schaltungen
Vorlesung
Universität Erlangen-Nürnberg,
WS 2009/2009

Frey, L.:
Halbleiterbauelemente
Vorlesung
Universität Erlangen-Nürnberg,
WS 2009/2009

Frey, L.:
Produktion in der Elektrotechnik
Vorlesung
Universität Erlangen-Nürnberg,
WS 2009/2009

Frey, L.:
Halbleiter- und Bauelementemesstechnik
Vorlesung
Universität Erlangen-Nürnberg,
SS 2009

Frey, L.:
Prozessintegration und Bauelementearchitekturen
Vorlesung
Universität Erlangen-Nürnberg,
SS 2009

Frey, L.:
Halbleiterbauelemente
Vorlesung

Universität Erlangen-Nürnberg,
SS 2009

Frey, L., Jank, M.:
Nanoelektronik
Vorlesung
Universität Erlangen-Nürnberg,
WS 2009/2010

Frey, L., Polster, S., Jank, M.P.M.:
Electron Devices in a Nano-crystalline Matrix (2)
Antragstellerkolloquium zum DFG Graduiertenkolleg 1161/2 Disperse Systeme für Elektronikanwendungen
Erlangen,
23. September 2009

Friedrich, J.:
Fundamentals and Technology of the Growth of Semiconductor and optical Crystals
Vorlesung
Universität Erlangen-Nürnberg,
SS 2009

Friedrich, J., Reimann, C., Trempa, M., Jung, T.:
Modeling the C, N and O Transport during Directional Solidification of Solar Silicon,
DGKK-AK Kinetik und Angewandte Simulation
Berlin,
1. – 3. April 2009

Friedrich, J., Dadzis, K., Zschorsch, M., Wunderwald, U., Jung, T.:
Traveling magnetic fields in directional solidification of multi-crystalline silicon
17th American Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ACCGE-17, OMVPE-14, IWMCG-6)
Lake Geneva, Wisconsin, USA
9. – 14. August 2009

Friedrich, J., Kallinger, B., Thomas, B., Berwian, P.:
Conversion of Basal Plane Dislocations during 4H-SiC Homoepitaxy: Influence of Substrate Properties and Growth Parameters
17th American Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ACCGE-17, OMVPE-14, IWMCG-6)
Lake Geneva, Wisconsin, USA

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENT- LICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

9. – 14. August 2009

Friedrich, J., Jung, T., Trempa, M., Reimann, C.:

Modeling of Species Transport During Directional Solidification of Multi-Crystalline Silicon

17th American Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ACCGE-17, OMVPE-14, IWMCG-6)

Lake Geneva, Wisconsin, USA

9. – 14. August 2009

Fuhrmann, J., Fiebach, A., Erdmann, A., Szmanda, C., Trefonas, P.:

Modeling of Reaction-Diffusion Problems in Semiconductor Photoresists

7th Negev Workshop on Applied Mathematics

Sede Boger, Israel,

8. Juli 2009

Fuhrmann, J., Fiebach, A., Erdmann, A.:

Modeling and simulation of post exposure bake processes in double patterning

7th International Fraunhofer IISB Lithography Simulation Workshop

Hersbruck,

25. – 27. September 2009

Fuhrmann, J., Fiebach, A., Erdmann, A., Trefonas, P.:

Acid diffusion effects between resists in freezing processes used for contact hole patterning

Micro- and Nano-Engineering Conference (MNE) 2009

Ghent, Belgium,

28. – 30. September 2009

Gaugiran, S., Bae, Y., Erdmann, A., Fuhrmann, J., Pargon, E.:

Material Development for Double patterning and Double exposure

Semicon Europa

Dresden,

19. – 21. Oktober 2009

Gonik, M.A., Nizkaya, T.V., Gonik M.M., Jung, Z., Friedrich, J.:

Combined Thermal and Control Model for AHP Crystal Growth

Poster Presentation, 17th American Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ACCGE-17, OMVPE-14, IWMCG-6)

Lake Geneva, Wisconsin, USA

9. – 14. August 2009

Häublein, V.:

Kontamination aufgrund von Masseninterferenzen in der Ionenimplantation

Nutzertreffen Prozesskontrolle, Inspektion und Analytik

IISB, Erlangen,

26. Februar 2009

Hussy, S., Berwian, P., Meißner, E., Friedrich, J.:

Vermeidung makroskopischer Defekte bei der Flüssigphasenepitaxie von Galliumnitrid

Deutsche Kristallzüchtungstagung

Dresden,

4. – 6. März 2009

Jambrech, 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

Poster Presentation, 35th International Conference on Micro&Nano Engineering (MNE) 2009

Ghent, Belgium,

28. September – 1. Oktober 2009

Jank, M.:

Zuverlässigkeit und Fehleranalyse integrierter Schaltungen

Laborübung

Universität Erlangen-Nürnberg,

WS 2009/2010

Jank, M., Oertel, S.:

Nanopartikelartige Suspensionen für den Tintenstrahldruck

PolyIC

Fürth,

26. Mai 2009

Jank, M.:

Printed Electron Devices Using Inorganic Materials

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Nanomaterials 09
Bonn,
18. Juni 2009

Jank, M., Polster, S., Frey, L.:
Elektronische Bauelemente auf nanokristallinem Netzwerk
2. Förderphase, Berichtskolloquium des DFG Graduiertenkollegs 1161/1 „Disperse Systeme für
Elektronikanwendungen“
Universität Erlangen-Nürnberg,
28. Juli 2009

Jank, M.:
Präsentation der Teilprojekte Kristallherstellung und Anorganische gedruckte Elektronik
Auftrittstreffen zum III. Präsidialprojekt der Fraunhofer-Gesellschaft
Berlin,
15. Dezember 2009

Jung, T., Müller, M., Friedrich, J., Seidl, A.:
*Stofftransport und chemische Reaktion in CrysMAS: Anwendung auf die EFG-Kristallzüchtung
von Silizium-Rohren*
DGKK-AK Kinetik und Angewandte Simulation
Berlin,
1. – 3. April 2009

Jung, T., Müller, M., Friedrich, J., Seidl, A.:
Oxygen and carbon: transport and reactions in the EFG-growth of silicon tubes
17th American Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ACCGE-17, OMVPE-14, IWMCG-6)
Lake Geneva, Wisconsin, USA
9. – 14. August 2009

Kallinger, B., Polster, S., Thomas, B., Berwian, P., Friedrich, J.:
*Influence of Growth Parameters and Substrate Properties on the Conversion of Basal Plane
Dislocations during 4H-SiC Homoepitaxy*

Deutsche Kristallzüchtungstagung
Dresden,
4. – 6. März 2009

Kallinger, B.:
Versetzungen in SiC-Substraten und deren Beeinflussung bei der Epitaxie
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen,
20. Juni 2009

Kallinger, B., Polster, S., Thomas, B., Berwian, P., Friedrich, J.:
*Influence of Growth Parameters and Substrate Properties on the Conversion of Basal Plane
Dislocations during 4H-SiC Homoepitaxy*
SiC-Rundgespräch Kloster Banz
Bad Staffelstein,
18. – 19. Juni 2009

Kallinger, B., Polster, S., Berwian, P., Friedrich, J., Danilewsky, A., Wehrhahn, A., Weber, A.-D.:
*Comparative Study on the Dislocation Densities of 4H-SiC Substrates and Homoepitaxial Layers
using Defect Selective Etching and Synchrotron White Beam X-Ray Topography,*
13th International Conference on Defects — Recognition, Imaging and Physics in Semiconduc-
tors (DRIP XIII)
Wheeling, West Virginia, USA,
13. – 17. September 2009

Kallinger, B., Polster, S., Berwian, P., Friedrich, J., Danilewsky, A., Wehrhahn, A., Weber, A.-D.:
*Influence of Doping on the Etch Pit Morphology and Correlation to Dislocations in 4H-SiC
investigated by Synchrotron White Beam X-Ray Topography,*
Poster Presentation, Anka User Meeting
Karlsruhe,
7. – 8. Oktober 2009

Kallinger, B., Berwian, P., Friedrich, J.:
Versetzungen in 4H-SiC Substraten und homoepitaktischen Schichten
DGKK AK Massivkristalle
Freiberg,
7. – 8. Oktober 2009

Kallinger, B., Thomas, B., Polster, S., Berwian, P., Friedrich, J.:

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENT- LICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Dislocation Conversion and Propagation during Homoepitaxial Growth of 4H-SiC
International Conference on Siliconcarbide and Related Materials
Nürnberg,
12. – 16. Oktober 2009

Kallinger, B., Polster, S., Berwian, P., Friedrich, J., Danilewsky, A., Wehrhahn, A., Weber, A.-D.:
*Influence of Doping on the Etch Pit Morphology and Correlation to Dislocations in 4H-SiC
investigated by Synchrotron White Beam X-Ray Topography*
Poster Presentation, International Conference on Siliconcarbide and Related Materials
Nürnberg,
12. – 16. Oktober 2009

Kampen, C.:
Simulation von CMOS-Transistoren und ihrer Technologiebedingten Schwankungen
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen,
19. Januar 2009

Kampen, C., Burenkov, A., Lorenz, J., Ryssel, H.:
Simulation Assessment of Process Options for Advanced CMOS Devices
Poster Presentation, 10th International Conference on Ultimate Integration on Silicon (ULIS)
2009
Aachen,
19. März 2009

Kasko, I.:
New memory technologies
EU-Russia Semiconductor Technology Conference 2009 on Networking
Moskow, Russia,
1. – 4. Juni 2009

Kasko, I.:
Potential Cooperation with Fraunhofer Institute for Integrated Systems and Device Technology

(IISB)

International Nanotech 2009, Forum and Exhibition, EVG Day
Moscow, Russia,
6. – 8. Oktober 2009

Kasko, I.:

Cooperation with Fraunhofer: a Way for New Products
International Symposium ASOLD-2009
Moscow, Russia,
24. November 2009

Kasko, I.:

Contributions to discussion on "separation time" and other activities
Technical Meeting IMPROVE WP4
Gardanne, France,
7. Dezember 2009

Klar, O.:

Charakterisierung und Modellierung von Ladungseinfangmechanismen in dielektrischen Speicherschichten
Promotion
IISB, Erlangen,
6. April 2009

Knörr M.:

Perspectives of Sintering with Nano-Scale Ag Particles
ECPE Seminar "Innovative Materials for Power Electronics"
Fürth/Nuremberg,
17. – 18. März 2009

Körmer, R., Jank, M., Ryssel, H., Frey, L., Peukert, W.:

Aerosol synthesis of semi-conducting building blocks
Posterpräsentation, Symposium des Exzellenzclusters Engineering of Advanced Materials
Wildbad Kreuth,
22. – 25. November 2009

Koitzsch, M., Mattes, A., Schellenberger, M., Pfitzner, L., Frey, L.:

*Virtual Equipment Engineering:
A novel approach for the integrated development of semiconductor manufacturing equipment*

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Computers and Information in Engineering Conference (CIE)
San Diego, CA, USA,
30. August – 2. September 2009

Koitzsch, M.:
Virtuelle Geräteentwicklung
11. IISB Jahrestagung 2009 „F & E für die europäische Halbleiterfertigung - Erfolge und Potentiale“
IISB, Erlangen,
15. Oktober 2009

Kunder, D.:
Simulation des ganzflächigen und ionenstrahlgestützten Sputter-Ätzens
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen,
18. Mai 2009

Liu, S.:
Modeling and Characterization of Photoresist
IISB, Erlangen,
16. Januar 2009

Lorentz, V.:
Driver circuits for novel light sources
HTA Workshop on Solid-State Lighting
Oulu, Finland,
5. – 6. Mai 2009

Lorenz, J.:
Impact of Lithography Variations on Advanced CMOS Devices
VLSI TSA 2009 Conference
Hsinchu, Taiwan,
27. April 2009

Lorenz, J.:
Modeling and Simulation
ITRS Summer Public Conference
San Francisco, CA, USA,
15. Juli 2009

Lorenz, J.:
Modeling and Simulation
ITRS Winter Public Conference
Hsinchu, Taiwan,
16. Dezember 2009

März, M.:
Automobilelektronik – Leistungselektronik
Vorlesung
Universität Erlangen-Nürnberg,
SS 2009

März M.:
Innovative Materials Key Enablers for High Performance Power Electronics
ECPE Seminar "Innovative Materials for Power Electronics"
Fürth/Nuremberg,
17. – 18. März 2009

März M.:
Case Study III: Polymer Heatsinks, ECPE Seminar "Innovative Materials for Power Electronics"
Fürth/Nuremberg,
17. – 18. März 2009

März M., Hofmann M., Rauh H., Eckardt B.:
Mechanische Integration von Leistungselektronik in die Antriebseinheit eines Axle-Split-Hybrids
Tagung „Praxis der elektrischen Antriebe für Hybrid-und Elektrofahrzeuge
München,
24. – 25. März 2009

März M., Eckardt B.:
Perspectives of inverter integration in vehicle powertrains
3rd International Conference on "Automotive Power Electronics" (APE) 2009

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENT- LICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Paris, France,
25. – 26. März 2009

März M.:
Konzept, Projektthemen und die Elektromobilitäts-Kompetenzen der Fraunhofer-Gesellschaft
Innovationsnetzwerk FutureCar
Stuttgart,
23. Juli 2009

März, M:
Heat: Basics, Examples, Heat-Exchange
ECPE Tutorial „Thermal Engineering of Power Electronics Systems – Part 1: Thermal Design and Verification“
IISB, Erlangen,
28. – 29. Juli 2009

März M.:
Die Bedeutung der Leistungselektronik für elektrische Straßenfahrzeuge
1. Internationaler eCarTec Kongress für individuelle Elektromobilität
München,
13. – 14. Oktober 2009

März M.:
Hybrid- und Elektroantriebe für Automobile - neue Anforderungen an die Leistungselektronik
Fachtagung „Die Leiterplatten- und Bestückungsindustrie in Europa“
Bad Homburg,
22. – 23. Oktober 2009

März M.:
Elektrifizierung des Antriebsstrangs. Neues aus der Forschung
AUDI Elektronikakademie
Ingolstadt,
23. November 2009

Meißner, E., Azizi, M., Friedrich, J.:
Liquid Phase Epitaxy of GaN on AlN
Int. Workshop on Bulk Nitride Semiconductors
Galindia, Polen,
22. - 28. August 2009

Motzek, K., Erdmann, A.:
Optimizing illumination pupil and mask layout in mask aligner lithography
7th International Fraunhofer IISB Lithography Simulation Workshop
Hersbruck,
25. – 27. September 2009

Motzek, K., Bich, A., Erdmann, A., Hornung, M., Hennemeyer, M., Meliorisz, B., Hofmann, U.,
Ünal, N., Völkel, R., Partel, S., Hudek, P.:
Optimization of illumination pupils and mask features for proximity printing
Micro- and Nano-Engineering Conference (MNE) 2009
Ghent, Belgium,
28. – 30. September 2009

Nutsch, A.:
Wellenfrontsensoren für die akkurate Charakterisierung der Ebenheit auf Wafer-Oberflächen
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen,
4. Mai 2009

Nutsch, A.:
Characterization of Organic Contamination during Semiconductor Manufacturing Processing
2009 International Conference on Frontiers of Characterization and Metrology for Nanoelectro-
nics
Albany, NY, USA,
11. – 15. Mai 2009

Nutsch, A.:
Wave Front Sensor for Highly Accurate Characterization of Flatness on Wafer Surfaces
2009 International Conference on Frontiers of Characterization and Metrology for
Nanoelectronics
Albany, NY, USA,
11. – 15. Mai 2009

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENT- LICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Nutsch, A.:

Probing Organic Contamination on Semiconductor Surfaces

E-MRS 2009 Spring Meeting

Strasbourg, France,

8. – 12. Juni 2009

Nutsch, A.:

Comparison of TXRF Systems from Si wafer surface analysis at different laboratories of ANNA

TXRF conference 2009

Gothenborg, Sweden,

15. – 19. Juni 2009

Nutsch, A.:

Detection of Organic Contamination in Semiconductor Manufacturing Processes

Intel Research and Innovation Conference (ERIC),

Dublin, Ireland,

8. – 10. September 2009

Nutsch, A.:

Comparability of TXRF Systems for Ultra Trace Analysis –presentation

Intel Research and Innovation Conference (ERIC),

Dublin, Ireland,

8. – 10. September 2009

Nutsch, A.:

Detection of Acidic Substances of H-X Type in Clean Room Air –presentation

Analytical Techniques for Semiconductor Materials and Process Characterization 6

(ALTECH 2009)

Wien, Austria,

4. – 8. Oktober 2009

Nutsch, A.:

Comparability of TXRF Systems at Different Laboratories

Analytical Techniques for Semiconductor Materials and Process Characterization 6
(ALTECH 2009)

Wien, Austria,

4. – 8. Oktober 2009

Öchsner, R.:

Status of Management in SEA-NET

General Assembly Meeting in SEA-NET

Jena,

27. – 28. April 2009

Öchsner, R.:

Preparation of Proposal for ICT Call 5

Workshop for follow-up of SEA-NET

IISB, Erlangen,

30. Juni 2009

Öchsner, R.:

Management in SEA-NET

Final Review Meeting SEA-NET

IISB, Erlangen,

9. – 10. September 2009

Öchsner, R.:

Overview of Activities in SP18

Final Review Meeting SEA-NET

IISB, Erlangen,

9. – 10. September 2009

Öchsner, R.:

Evaluierung von Halbleiterfertigungsgeräten (SEA-NET)

11. IISB Jahrestagung 2009 „F & E für die europäische Halbleiterfertigung - Erfolge und Potentiale“

IISB, Erlangen,

15. Oktober 2009

Öchsner, R.:

Overview on Energy Efficiency Goals and Activities

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENT- LICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

SEMICON Europe 2009, Energy Efficiency Improvement Session
Dresden,
15. Oktober 2009

Öchsner, R.:
Proposals for new Standards Activities
SEMICON Japan 2009, Standardization and Impact on next Generation Semiconductor Industry
Makuhari, Chiba, Japan,
3. Dezember 2009

Otto, M.:
Reinigung in der Halbleitertechnologie - Alchemie oder eine moderne Fertigungstechnik?
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen,
Februar 2009

Otto, M.:
Reinigung in der Halbleitertechnologie
GMM-Fachgruppen-Treffen 1.2.6 „Prozesskontrolle, Inspektion & Analytik“
IISB, Erlangen,
Februar 2009

Otto, M.:
Analytik am IISB
11. IISB Jahrestagung 2009 „F & E für die europäische Halbleiterfertigung - Erfolge und Potentiale“
IISB, Erlangen,
Oktober 2009

Petersen, J.S., Greenway, R.T., Fühner, T., Evanschitzky, P., Shao, F., A. Erdmann, A.:
Exploration of linear and non-linear double exposure techniques by simulation
SPIE Advanced Lithography Conference
San José, CA, USA,

28. Februar 2009

Pfeffer, M.:

Discrete Event Simulation

SEA-NET Review Meeting

IISB, Erlangen,

10. September 2009

Pfeffer, M.:

Durchsatzsimulation

11. IISB Jahrestagung 2009 „F & E für die europäische Halbleiterfertigung - Erfolge und Potentiale“

IISB, Erlangen,

Oktober 2009

Pfützner, L.:

450mm – Chancen für Europa

11. IISB Jahrestagung 2009 „F & E für die europäische Halbleiterfertigung - Erfolge und Potentiale“

IISB, Erlangen,

Oktober 2009

Pichler, P.:

Prozeßsimulation von CMOS Nanotransistoren

Besuch der Firma Semikron

Nürnberg,

März 2009

Pichler, P.:

Introduction to ATOMICS

Public ATOMICS Workshop

Zürich, Switzerland,

März 2009

Pichler, P., Zechner, C.:

Arsenic Activation

Public ATOMICS Workshop

Zürich, Switzerland,

März 2009

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Pichler, P.:

WPS: High-Voltage Process and Reliability Simulation

1. ATHENIS Review Meeting

Paris, France,

März 2009

Pichler, P., Burenkov, A., Lorenz, J., Kampen, C., Frey, L.:

Future Challenges in CMOS Process Modeling

2009 E-MRS Spring Meeting

Strasbourg, France,

8. – 12. Juni 2009

Polster, S., Kallinger, B., Kirste, L., Danilewsky, A., Friedrich, J., Wehrhahn, A., Weber, A.-D.:

Investigation of Dislocation Densities in 4H-SiC Substrates and Homoepitaxial Layers using Defect Selective Etching and Synchrotron White Beam X-Ray Topography

Deutsche Kristallzüchtungstagung

Dresden,

4. – 6. März 2009

Rahimi, Z., Erdmann, A., Pflaum, C.:

Finite integration (FI) method for modeling optical waves in lithography masks”, Proc. ICEAA, Turino, September 2009

International Conference on Electromagnetics in Advanced Applications (ICEAA) 2009

Turino, Italy,

14. – 18. September 2009

Rahimi, Z., Erdmann, A., Pflaum, C.:

Finite integration (FI) method for modeling optical waves in lithography masks

7th International Fraunhofer IISB Lithography Simulation Workshop

Hersbruck,

25. – 27. September 2009

Reimann, C., Trempa, M., Würzner, S., Möller, H.J., Friedrich, J.:
Der Einbau von Kohlenstoff bei der gerichteten Erstarrung von multikristallinem Silizium für Solarzellen
Deutsche Kristallzüchtungstagung
Dresden,
4. – 6. März 2009

Reimann, C., Trempa, M., Jung, T., Friedrich, J., Würzner, S., Möller, H.J.:
Influencing the SiC- and Si₃N₄-precipitate formation during directional solidification of multi-crystalline silicon by using different growth velocities
3rd International Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells (CSSC-3)
Trondheim, Norway,
3. – 5. Juni 2009

Reimann, C., Trempa, S., Würzner, S., Möller, H.J., Friedrich, J., Müller, G.:
About the formation and avoidance of C and N-related precipitates during directional solidification of mc silicon: Influence of convection and contamination
24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
Hamburg,
21. – 25. September 2009

Roeder, G.:
Fertigungsgeräteentwicklung für die Herstellung dünner Schichten
11. IISB Jahrestagung 2009 „F & E für die europäische Halbleiterfertigung - Erfolge und Potentiale“
IISB Erlangen,
15. Oktober 2009

Roeder, G., Wolf, M., Aygün, G., Schellenberger, M., Pfitzner, L., Frey, L., Rambach, M., Reichart, J.G., Lerch, W., Gschwandtner, A., Mattheus, A., Baumann, P.K., Manke, C., Ruhl, G.:
Assessment von Fertigungsgeräten für die Herstellung dünner Schichten
Workshop 2009 der GMM – Fachgruppe 1.2.3 Abscheide- und Ätzverfahren
Fraunhofer IISB
26. November 2009

Rommel, M.:
Probenschädigung bei der Prozessierung mit fokussierten Ionenstrahlen - Charakterisierung mittels elektrischer AFM-Methoden
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENT- LICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

IISB, Erlangen,
25. Mai 2009

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*
Poster Presentation, 35th International
Conference on Micro&Nano Engineering (MNE) 2009
Ghent, Belgium,
28. September – 1. Oktober 2009

Roth A.:
Zuverlässigkeit von Baugruppen mit und ohne Verkapselung
OTTI Profiseminar „Schutzmaßnahmen zur Klimasicherheit elektronischer Baugruppen“
Regensburg,
2. April 2009

Schellenberger, M., Pfitzner, L.:
The Challenge of Metrology in the 450mm Wafer Transition Process
Conference "450mm in Europe – Quo Vadis?"
Dresden,
7. Oktober 2009

Schellenberger, M.:
Automatisierte Prozesskontrolle
11. IISB Jahrestagung 2009 „F & E für die europäische Halbleiterfertigung - Erfolge und
Potentiale“
IISB, Erlangen,
15. Oktober 2009

Schellenberger, M., Zühlke, H.-U.:
Potential von SEA-NET am Beispiel eines TLS-Dicers
11. IISB Jahrestagung 2009 „F & E für die europäische Halbleiterfertigung - Erfolge und

Potentiale“
IISB, Erlangen,
15. Oktober 2009

Schellenberger, M., Pfitzner, L.:
New 450 mm wafer size - Chances for European Semiconductor Equipment and Materials Suppliers
VDMA Innovationsforum
München,
10. November 2009

Schletz A.:
Double-Sided Cooling in Automotive Power Electronics
ECPE-Workshop „Mechatronic System Integration“
Paris, France,
1. Oktober 2009

Schmidt, K., Jank, M.:
Einführung in die gedruckte Elektronik
Vorlesung
Universität Erlangen-Nürnberg,
WS 2009/2010

Schmitt, H., Rommel, M., Bauer, A.J., Frey, L., Bich, A., Eisner, M., Voelkel, R., Hornung, M.:
Full Wafer Microlens Replication by UV Imprint Lithography
Poster Presentation, 35th International Conference on Micro&Nano Engineering (MNE) 2009
Ghent, Belgium,
28. September – 1. Oktober 2009

Schmitt, H.:
Direct imprinting of functional materials
Webcast: New Opportunities for Nanoimprint (NIL) Technologies
Webinar,
20. Oktober 2009

Schöpka, U.:
Yield Impact Estimation of Semiconductor Manufacturing Equipment
11th GMM Yield Enhancement User Group Meeting
IISB, Erlangen,

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENTLICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

10. November 2009

Shao, F., Evanschitzky, P., Fühner, T., Erdmann, A.:
Efficient simulation and optimization of wafer topographies in double patterning
SPIE Advanced Lithography Conference
San José, CA, USA,
23. – 28. Februar 2009

Shao, F., Evanschitzky, P., Fühner, T., Erdmann, A.:
Efficient Analysis of Three Dimensional EUV Mask Induced Imaging Artifacts Using the Waveguide Decomposition Method
BACUS 2009.
Monterey, CA, USA,
16. – 18. September 2009

Shao, F., Evanschitzky, P., Fühner, T., Erdmann, A.:
Efficient Analysis of Three-Dimensional EUV Mask Induced Imaging Artifacts Using the Waveguide Decomposition Method
7th International Fraunhofer IISB Lithography Simulation Workshop
Hersbruck,
25. – 27. September 2009

Spoldi, G., Yanev, V., Jambrech, J., Amon, B., Rommel, M., Bauer, A.J., Frey, L.:
SSRM Characterization of FIB induced lateral damage on silicon samples
Poster Presentation, 5th International FEI FIB & Dual BeamTM User Club Meeting 2009
Eindhoven, The Netherlands,
6. – 8. April 2009

Trempa, M.:
SiC- und Si₃N₄-Ausscheidungen bei der gerichteten Erstarrung von multikristallinen Siliciumblöcken in der Photovoltaik
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen,

26. Januar 2009

Trempa, M., Reimann, C., Würzner, S., Möller, H.-J., Friedrich, J.:
*Einfluss der Wachstumsgeschwindigkeit auf die SiC- und Si₃N₄-Ausscheidungs-
bildung bei der gerichteten Erstarrung von multikristallinen Siliziumblöcken*
Deutsche Kristallzüchtungstagung
Dresden,
4. – 6. März 2009

Trempa, M., Reimann, C., Jung, T., Friedrich, J.:
Precipitation processes during directional solidification of multi-crystalline silicon
Freiberger Silicon Days
Freiberg,
17. – 19. Juni 2009

Trempa, M., Friedrich, J., Reimann, C., Würzner, S., Möller, H.-J.:
*Influencing the SiC and Si₃N₄ precipitate formation during directional solidification of multicrys-
talline silicon by using different growth velocities*
24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition
Hamburg,
21. – 25. September 2009

Vizman, D., Watanabe, M., Friedrich, J.:
*Oxygen transport in a 200 mm Si-EMCZ configuration: Numerical simulation and experimental
results*
Poster Presentation, 17th American Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ACCGE-17,
OMVPE-14, IWMCG-6)
Lake Geneva, Wisconsin, USA,
9. – 14. August 2009

Vizman, D., Ardelean, G., Friedrich, J.:
*Global Thermal Modeling of the Influence of Internal Radiation on Melt Convection and
Interface Shape during Czochralski Growth of Optical Crystals*
Poster Presentation, 17th American Conference on Crystal Growth and Epitaxy (ACCGE-17,
OMVPE-14, IWMCG-6)
Lake Geneva, Wisconsin, USA,
9. – 14. August 2009

Walther, S.:

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENT- LICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Fortsetzung: Vorträge / Continuation: Presentations

Dünnschicht-Feldeffekttransistoren auf Basis von ZnO-Nanopartikeln

Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen,
6. Juli 2009

Walther, S., Jank, M.P.M., Ryssel, H.:

Electron Devices in a Nano-crystalline Matrix

Antragstellerkolloquium zum DFG Graduiertenkolleg 1161/2 Disperse Systeme für Elektronikan-
wendungen
Universität Erlangen-Nürnberg,
23. September 2009

Wölfel, S.:

Optische Messtechnik am IISB

11. IISB Jahrestagung 2009 „F & E für die europäische Halbleiterfertigung - Erfolge und
Potentiale“
IISB, Erlangen,
15. Oktober 2009

Wunderwald, U., Dadzis, K., Zschorsch, M., Jung, T., Friedrich, J.:

*Influence of travelling magnetic fields on melt convection during Bridgman type solidification of
multi-crystalline silicon*

24th European Photovoltaic Solar Energy Conference and Exhibition,
Hamburg,
21. – 25. September 2009

Wunderwald, U., Dadzis, K., Zschorsch, M., Jung, T., Friedrich, J.:

*Einfluss von Magnetfeldern auf die Schmelzkonvektion bei der gerichteten Erstarrung von
multi-kristallinem Silizium*

DGKK AK Massivkristalle
Freiberg,
7. – 8. Oktober 2009

Yanev, V., Erlbacher, T., Rommel, M., Bauer, A.J., Frey, L.:

Comparative study between conventional macroscopic IV techniques and advanced AFM based methods for electrical characterization of dielectrics at the Nanoscale

Poster Presentation, 16th biannual conference of Insulating Films on Semiconductors (INFOS)

2009

Cambridge,

United Kingdom

29. Juni – 1. Juli 2009

Yanev, V.:

Characterization of thin dielectric films using advanced electrical AFM techniques

GMM Workshop der Fachgruppe Abscheide- und Ätzverfahren, Thema: „New developments in deposition and etching“

IISB, Erlangen,

26. November 2009

Zschorsch, M., Dadzis, K., Wunderwald, U., Jung, T., Friedrich, J.:

Bridgman type solidification of multi-crystalline silicon influenced by a travelling magnetic field

Poster Presentation, 3rd International Workshop on Crystalline Silicon Solar Cells (CSSC-3)

Trondheim, Norway,

3. – 5. Juni 2009

WISSENSCHAFTLICHE VERÖFFENT- LICHUNGEN / SCIENTIFIC PUBLICATIONS

Doktorarbeiten / PhD Theses

Klar, O.:

Charakterisierung und Modellierung von Ladungseinfangmechanismen in dielektrischen Speicherschichten

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel

Diplomarbeiten / Diploma Theses

Altendorfner, B.:

Lademanagement für ein elektrifiziertes Fahrzeug

Betreuer: Dr.-Ing. Martin März, Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey, Bernd Eckardt

Dittmann, B.:

Optimierung eines optischen Prüfsystems zur Schweißpunktkontrolle an Common-Rail-Injektoren

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Lothar Pfitzner, Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey, Dr. Georg Roeder

Greve, H.:

Analyse des Effekts der Eigenerwärmung elektronischer Bauelemente auf deren Zuverlässigkeit an Einsatzorten mit erhöhter Temperaturbelastung

Betreuer: Sven Egelkraut, Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey

Kraft, S.:

Lunkerentstehung und Benetzungsverhalten in bleifreien Lotsystemen für Bare-Die-Leistungsbaulemente

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey, Prof. Dr. Patrik Schmuki (LKO)

Nguyen, L.:

Recherchen und Untersuchungen zu Lebensdauermodellen für Pb-Gel Akkus

Betreuer: Dr.-Ing. Martin März, Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey

Polster, S.:

Strukturelle Defektcharakterisierung von 4H-SiC Substraten und Epitaxieschichten mittels Röntgentopographie und Röntgendiffraktometrie

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann (FAU), Birgit Kallinger (IISB)

Pfäffisch, V.:

Entwicklung eines luftgekühlten Leistungsteils für einen bidirektionalen 50 kW DC/DC-Wandler

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey, Bernd Eckardt

Pöhlmann, S.:

Entwicklung eines Simulationsmodells für Elektrofahrzeuge

Betreuer: Dr.-Ing. Tobias Erlbacher, Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel, Bernd Eckardt

Schneider, V.:

Untersuchung eines Solarzellenprozesses zur Charakterisierung von multikristallinem Silicium Grundmaterial

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann (FAU), Dr. Patrick Berwian (IISB)

Teuber, E.:

Herstellung von Submikrometer-Transistoren mittels Kontaktbelichtung

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel, Dr.-Ing. Michael Jank

Thoma, P.:

Alternative Materialien und Prozesse für kostengünstige Elektronik-Anwendungen

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel, Dr.-Ing. Michael Jank, Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey

Winkelmann, T.:

Untersuchungen zur Stromerfassung in Hoch-Tiefsetzstellern mittels Spulenwiderstand

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey, Stefan Zeltner

Studien- und Projektarbeiten /

Theses

Brunner, C.:

Entwicklung eines integrierbaren Strommesssystems zur Anwendung in der Batterie-Systemtechnik

Betreuer: Sven Pöhlmann, Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey, Johannes Güntner

Klämpfl, M.:

Experimentelle Untersuchungen zur Erzeugung keramischer Schichten auf elektrisch leitfähigen Metallisierungen mittels Laserstrahlung

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel, Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. mult. Dr. h.c. mult. Manfred Geiger (LFT), Andreas Schletz

Kotzbauer, T.:

Auslegung der Kühlung einer elektrischen Antriebseinheit für ein Hybridfahrzeug

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel, Thomas Stahl (KTmfk), Prof. Dr.-Ing. Harald Meerkamm (KTmfk), Maximilian Hofmann, Bernd Eckardt

Labusch, S.:

Entwicklung einer hochpräzisen Messwerterfassungskarte für einen Lastwechsellmessplatz

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey, Andreas Schletz

Loch, M.:

Konzeptstudie zur Umrüstung eines konventionellen PKW in ein Elektrofahrzeug

Betreuer: Dr.-Ing. Tobias Erlbacher, Dr.-Ing. Martin März, Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel, Stephan Tremmel (KTmfk), Bernd Eckardt

Müller, A.:

Grundlagenuntersuchungen zur Herstellung von lötbaren Kühlkörpern aus thermisch leitfähigem Kunststoff

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel, Dr.-Ing. Martin März, Sven Egelkraut, Martina Vetter (LKT), Ernst Schmachtenberg

Schnepf, C.:

Entwurf und Realisierung eines Reglers für einen DC/AC Wandler zum Betrieb einer 230 V

Steckdose in einem Hybridfahrzeug

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel, Daniel Craiovan (FAPS), Stefan Zeltner

Seliger, B.:

Entwicklung eines Spannungswandlers für Zyklentests an Li-Ion-Akkuzellen

Betreuer: Dr.-Ing. Martin März, Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey, Stephan Tremmel (KTmfk), Bernd Eckardt

Stickroth, O.:

Untersuchung des Einsatzes von verschiedenen Tiegelmaterien beim gerichteten Erstarren von multikristallinen Siliziumblöcken für die Anwendung in der Photovoltaikindustrie

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann (FAU), Christian Reimann (IISB)

Stockmeier, L.:

Vergleichsstudie an 4H-SiC Substraten und Al-dotierten homoepitaktischen Schichten mittels Defektselektiven Ätzens und Synchrotron Weißlichtröntgentopographie

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Peter Wellmann (FAU), Birgit Kallinger (IISB)

Totev, P.:

Einsatz eines GPS Datenloggers zur Aufnahme und Untersuchung von realitätsnahen Fahrzyklen mittels Matlab / Simulink

Betreuer: Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey, Sven Pöhlmann, Prof. Dr.-Ing. Jürgen Teich (Inf12), Michael Glaß (Inf12), Bernd Eckardt

Vorsamer, J.:

Entwicklung eines Umrichters für einen elektrischen Fahrzeugantrieb

Betreuer: Dr.-Ing. Martin März, Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel, Stephan Tremmel (KTmfk), Bernd Eckardt

Winter, F.:

Elektromechanische Konstruktion eines Hochvolt-Akkusystems für Hybridfahrzeuge

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel, Prof. Dr.-Ing. Harald Meerkamm (KTmfk), Stephan Tremmel (KTmfk), Maximilian Hofmann, Bernd Eckardt

Yao, W.:

Untersuchungen zur Regelung eines mehrstufigen bidirektionalen AC/DC-Wandlers

Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Heiner Ryssel, Stefan Zeltner

