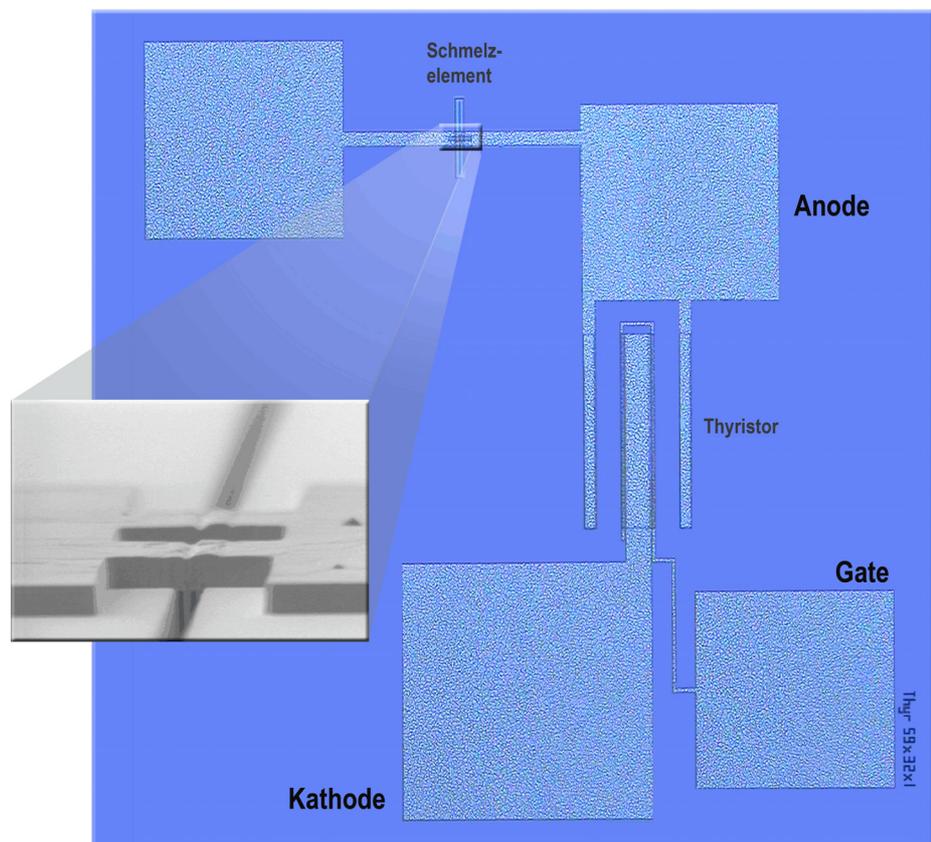




Fraunhofer Institut
Integrierte Systeme und
Bauelementetechnologie

**Leistungen und Ergebnisse
Jahresbericht 2004**

**Achievements and Results
Annual Report 2004**





Impressum / Imprint

Herausgeber / Published by:

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

Redaktion / Editing:

Richard Öchsner
Heiner Ryssel

Gestaltung und Realisierung/ Layout and Setting:

Markus Pfeffer
Richard Öchsner
Felicitas Coenen

Druck / Printed by:

Roland Heßler, Baiersdorf

Titelbild / Cover Photo:

Neuartige Sicherung auf Silicium
realisiert, bestehend aus zwei
Komponenten, einem aktiven Schalter
und einer passiven Sicherungsstrecke.

Novel fuse arranged on silicon, consist-
ing of two components, an active
switch and a passive circuit path.

© Fraunhofer-Institut für Integrierte
Systeme und Bauelementetechnologie,
Erlangen 2005

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur
mit Genehmigung des Instituts.

All Rights reserved. Reproduction only
with express written authorization.

Leistungen und Ergebnisse
Jahresbericht 2004

Achievements and Results
Annual Report 2004

Fraunhofer-Institut für
Integrierte Systeme und
Bauelementetechnologie, IISB

Fraunhofer Institute of
Integrated Systems and
Device Technology, IISB

Institutsleitung / Director:
Prof. Heiner Ryssel

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

Vorwort

Das Fraunhofer-Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie (IISB) in Erlangen blickt auf 2004 als wiederum sehr erfolgreiches Jahr in der Entwicklung des Instituts zurück – sowohl in wissenschaftlicher als auch in wirtschaftlicher Hinsicht. Trotz der gesamtwirtschaftlichen Krise blieben Personalstand und Haushalt des IISB stabil mit hohem Ertrags- und Industrieanteil an der Finanzierung.

Das IISB entwickelt seit seiner Gründung im Jahr 1985 neue Materialien, Prozesse und Geräte für die Halbleitertechnologie der Mikro- und Nanoelektronik. Darüber hinaus ist das IISB ein Kompetenzzentrum für Kristallzüchtung sowie für Leistungselektronik und Mechatronik. Das Institut ist mit modernen Reinräumen, einer Vielzahl von Labors und industriekompatiblen Prozeßgeräten ausgestattet. Es verfügt über eine breite Basis aus technischem und technologischem Know-how. Das thematische Spektrum sowie das enge Zusammenspiel von experimenteller Entwicklung, Fertigungsaspekten und Simulation sind dabei die spezielle Stärke des IISB. Die innovativen Entwicklungen des Instituts zielen auf einen dynamischen Markt ab und machen das IISB zu einem anerkannten und kompetenten Partner für Industrie sowie öffentliche Forschung und Entwicklung. Besondere Bedeutung für das IISB hat die Zusammenarbeit mit unseren zahlreichen Partnern aus der Industrie – Großunternehmen sowie KMUs aus Deutschland, Europa und der Welt. Die regionale Verankerung des IISB zeigt sich nicht zuletzt daran, daß regelmäßig weit über 60 % der Industrieaufträge des Instituts aus Bayern kommen.

Auch 2004 war das IISB wieder sehr erfolgreich im Einwerben von Drittmittelprojekten. So startete zur Jahresmitte der Bayerische Forschungsverbund für Nanoelektronik (FORNEL), dem ich als Sprecher vorstehe und der auch vom

IISB als Geschäftsstelle koordiniert wird. Auf europäischer Ebene war das IISB erneut stark präsent. Es hatte 2004 den zweithöchsten EU-Ertragsanteil in der Fraunhofer-Gesellschaft und den höchsten im Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik. Hervorzuheben ist die Beteiligung an den beiden Integrierten Projekten im zentralen EU-Themenbereich „Pushing the limits of CMOS, preparing for post-CMOS“ sowie an weiteren wichtigen Vorhaben für die europäische Forschungskoooperation in der Mikro- und Nanoelektronik, wo das IISB und der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik neben den beiden großen europäischen Forschungseinrichtungen IMEC und CEA-Léti eine zentrale Rolle spielen. Die internationale Bedeutung des IISB zeigt sich daran, daß seit 2004 neben der Arbeitsgruppe „Modeling und Simulation“ der International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) nun auch die Arbeitsgruppe „Yield Enhancement“ von einem Mitarbeiter des Instituts geleitet wird.

Das IISB wächst. So konnte im Herbst 2004 die neue IISB-Außenstelle in Nürnberg, das Fraunhofer-Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik (ZKLM), seinen Betrieb aufnehmen. Die Vorbereitungen für die Gründung des Technologiezentrums Halbleitermaterialien (THM) im sächsischen Freiberg Anfang 2005 als gemeinsame Einrichtung mit dem Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme aus Freiburg wurden zügig vorangetrieben. Zudem bietet das in der Entstehung befindliche Fraunhofer-Zentrum für Nanoelektronische Technologien (CNT) in Dresden eine große Chance, die industrie- und fertigungsnahe Forschung auszubauen.

Auch 2004 war das IISB an zahlreichen Aktionen und Veranstaltungen rund um die Mikroelektronik und die Forschung in Erlangen beteiligt, sei es das Mädchen&Technik-Praktikum oder die Erlanger Techniktage für die Studenten

der Bayerischen Eliteakademie. Das IISB hat 2004 das Jahrestreffen der Stipendiaten der Bayerischen Forschungsstiftung organisiert und war wieder einmal Vergabeort für den Jugendpreis des Förderkreises für die Mikroelektronik. Ein Highlight war erneut die Jahrestagung des IISB, die zum Thema Materialien, Halbleiterfertigungsgeräte und Fertigungsverfahren zahlreiche Besucher anlockte.

Anläßlich der Jahrestagung fand am IISB auch die Unterzeichnung der Erweiterung des Kooperationsvertrages zwischen dem Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik und der französischen Forschungseinrichtung CEA-Léti um das Themengebiet Front-End-Technologie statt – sowohl für das IISB als auch für die europäische Forschungskoooperation im Bereich Mikro- und Nanoelektronik ein bedeutender Schritt.

Die enge Partnerschaft mit der Universität Erlangen-Nürnberg und speziell mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente (LEB), der in Personalunion mit dem IISB geleitet wird, sowie mit dem Kristalllabor am Lehrstuhl für Werkstoffe der Elektrotechnik ist weiterhin ein wichtiger Faktor für das erfolgreiche Arbeiten des IISB. Beste Beispiele für die Synergie der Partner sind die 1500 m² Reinraumfläche, die von LEB und IISB gemeinsam betrieben werden, sowie die Zusammenarbeit in der Lehre an der Universität und die gegenseitige Ergänzung in den Forschungsaktivitäten. Anfang 2004 wurde eine Kooperationsvereinbarung zwischen der Universität und dem IISB geschlossen, die nun auch an der Universität angestellten Azubis die Ausbildung im Ausbildungsberuf „Mikrotechnologe“ ermöglicht, in der das IISB schon seit Jahren aktiv ist. Dadurch konnten zwei zusätzliche Ausbildungsplätze geschaffen werden.

Preface

Again, the Fraunhofer Institute of Integrated Systems and Device Technology (IISB) is looking back on a very successful year – with respect to both science and economy. Despite the global economic crisis, staff and budget remained stable with a high revenue and industry share in the budget.

Since its foundation in 1985, IISB develops new materials, processes, and equipment for semiconductor technology in micro and nanoelectronics. In addition, IISB is a competence center for crystal growth and power electronics and mechatronics. The institute is equipped with modern cleanrooms and a wide variety of laboratories and industry-compatible processing equipment. It has a broad basis of technical and technological know-how. The topical spectrum and the close interaction of experimental development, manufacturing aspects, and simulation constitute the special strength of IISB. The innovative developments by the institute aim at a dynamic market and make IISB an acknowledged and competent partner for industry as well as for public research and development. A special significance for IISB lies in the collaboration with our numerous partners from industry – large companies and SMEs from Germany, Europe and the World. The regional link of IISB is given last but not least by the fact that far more than 60 % of the industry revenues of the institute come from Bavaria.

Also in 2004, IISB was again very successful in acquiring projects. In the middle of the year, the Bavarian Research Cooperation for Nanoelectronics (FORNEL) was launched, which is chaired by me as the speaker and which is also coordinated by IISB. On European level, IISB was again very active. In 2004, it had the second highest EU share in the Fraunhofer-Gesellschaft and the highest in the Fraunhofer Microelectronics Alliance. One has to emphasize the participation in the two

Integrated Projects of the central topical area “Pushing the limits of CMOS, preparing for post-CMOS”, and in further important projects of European research cooperation in micro and nanoelectronics, where IISB and the Fraunhofer Microelectronics Alliance play an essential role together with the two big European research institutions IMEC and CEA-Léti. The international importance of IISB is manifested in the fact that since 2004 in addition to the working group “Modeling and Simulation” of the International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) also the working group “Yield Enhancement” is chaired by a member of our institute.

IISB is expanding. In autumn 2004, the new IISB subsidiary in Nuremberg, the Fraunhofer Center for Automobile Power Electronics and Mechatronics (ZKLM), could start its work. The preparations for the founding of the Technology Center for Semiconductor Materials (THM) in Freiberg, Saxony, in early 2005 as a joint institution together with the Fraunhofer Institute of Solar Energy Systems in Freiburg are intensively pursued. Moreover, the Fraunhofer Center for Nanoelectronic Technologies in Dresden, which is currently being established, offers a big chance to extend industry- and manufacturing-relevant research.

In 2004, IISB was involved in numerous events around microelectronics and research in Erlangen, as for example the “Girls and Technology” practical training, the Erlangen Technology Days for students of the Bavarian Elite Academy. IISB organized the 2004 annual meeting of the scholarship holders of the Bavarian Research Foundation and once again was the place to award the youth prize of the “Förderkreis für die Mikroelektronik”. Another highlight was the 2004 Annual Symposium of IISB on materials, semiconductor manufacturing equipment, and manufactur-

ing techniques, attracting numerous visitors.

On the occasion of our Annual Symposium, an extension of the cooperation agreement between the Fraunhofer Microelectronics Alliance and the French CEA-Léti was signed, now including front-end technologies. For both IISB and European research cooperation in the field of micro and nanoelectronics this constitutes an important step.

The partnership with the University of Erlangen-Nuremberg, and especially with the Chair of Electron Devices (LEB), which is led in personal union together with IISB, and the Crystal Growth Laboratory at the Chair of Electrical Engineering Materials, is still an important factor for the successful work of IISB. Best examples for this synergy are the 1500 m² of cleanroom area jointly operated by LEB and IISB, the collaboration in teaching at the University and the mutual supplementation in research activities. In early 2004, a cooperation agreement between University and IISB was signed, which now makes it possible also for apprentices employed at the University to be trained for the profession of “Microtechnologist”, IISB being active in this training for years. By this, two new positions for apprenticeship could be created.

Close partners for IISB are the companies located in the premises of IISB, namely Isiltec GmbH, one of the leading companies for wafer reclaim, and NanoWorld Services GmbH, world leader in the field of nanoprobes. Together with these two partners, IISB presented itself with a joint booth at SEMICON Europa 2004 in Munich, the most important European trade fair in the field of semiconductor processing.

A hard stroke for the institute was the unexpected death of our colleague Dr. Claus Schneider on January 16, 2004,

Weiterhin enge Partner für das IISB sind auch die am Institut angesiedelten Firmen Isiltec GmbH, eines der führenden Unternehmen für Wafer-Reclaim, und NanoWorld Services GmbH, Weltmarktführer im Bereich Rasternanosonden. Zusammen mit diesen beiden Partnern präsentierte sich das IISB auf einem Gemeinschaftsstand bei der SEMICON Europa 2004 in München, der wichtigsten europäischen Fachmesse auf dem Gebiet der Halbleitertechnologie.

Ein schwerer Schlag für das Institut war der plötzliche Tod unseres Mitarbeiters Dr. Claus Schneider am 16. Januar 2004, der lange Jahre die Gruppe für Geräte- und Prozeßautomatisierung geleitet hat und als PR-Beauftragter sowie WTR-Vertreter tätig war. Wir werden ihm ein ehrenvolles Andenken bewahren.

Das Fraunhofer IISB lebt in erster Linie durch seine Mitarbeiter, und daher ist das Institut bemüht, umfassend auf deren Belange einzugehen. So wurde 2004 für das IISB eine Integrationsvereinbarung zur Eingliederung von schwerbehinderten Menschen abgeschlossen und die zweite Runde der Fraunhofer-Mitarbeiterbefragung gestartet. Nachdem das Institut bereits Ende 2003 mit Defibrillatoren zur schnellen und einfachen Wiederbelebung im Falle eines Herzstillstands ausgestattet wurde, wurde 2004 für die Mitarbeiter eine kollektive Schutzimpfung gegen FSME angeboten.

Die Hauptrichtungen der wissenschaftlichen Arbeiten der Abteilung Technologiesimulation sind nach wie vor die Entwicklung von physikalischen Modellen, problemangepaßten Algorithmen und Simulationsprogrammen, sowie ihre Anwendung zur Optimierung von Halbleitertechnologien, -bauelementen und -fertigungsgeräten. Insbesondere die Aktivitäten zur Unterstützung der Entwicklung fortschrittlicher Halbleitertechnologien

mittels der Prozeß- und Bauelementesimulation konnten im Jahre 2004 weiter ausgebaut werden. Die Bandbreite reicht hierbei von der Optimierung von Maskenstrukturen und höchstauflösenden Lithographieverfahren einschließlich der Lizenzierung von Lithographiesimulationsprogrammen über Beiträge zur Weiterentwicklung von Halbleiterfertigungsprozessen durch verbessertes Verständnis der physikalischen Abläufe bis hin zur Optimierung neuartiger CMOS-Bauelemente, die mit Multigatekonzepten oder SOI (Silicon On Insulator)-Strukturen arbeiten. Diese Erfolge in der Anwendung der Simulation haben auch zu einem sehr großen Anteil an Industrieerträgen am Budget der Abteilung geführt. Um diese Erfolge in der Anwendung der Simulation auch in Zukunft fortsetzen zu können, wird die Abteilung weiterhin große Anstrengungen unternehmen, die zugrundeliegenden physikalischen Modelle und Simulationsprogramme zu verbessern und zu erweitern.

Die Abteilung Halbleiterfertigungsgeräte und Methoden forscht und entwickelt auf den Gebieten neuartiger Fertigungsverfahren, Geräte und Komponenten, Geräteautomatisierung, Kontamination und Materialien. Im Berichtszeitraum wurden im Rahmen der Beteiligung am europäischen Integrierten Projekt NanoCMOS Arbeiten zu Prozeßkontrollverfahren unter dem für Geräteindustrie und IC-Industrie gleichermaßen wichtigen Aspekt der Advanced Process Control (APC) durchgeführt. Von diesen Aktivitäten des IISB sollen vor allem mittelständische Equipment- und Metrologiefirmen profitieren. Eines der ehrgeizigsten Projekte der Europäischen Union, das Projekt „Flying Wafer“, eine Machbarkeitsstudie zur Vernetzung öffentlicher und industrieller Forschungszentren zu einer dezentralisierten 300 mm R&D-Linie, baut auf die umfangreichen Erfahrungen des Pro-

jektkoordinators IISB zu Kontaminationsaspekten in lokalen und transportablen Reinräumen und der internetbasierten Waferlogistik für Einzelscheiben auf. Das Projekt wird als eine der wichtigsten Grundlagen für eine Europäische Strategie zur Vernetzung der Forschungs-Infrastrukturen in ENIAC, der „European Technology Platform for Nanoelectronics“ bzw. im VII. Rahmenprogramm der Europäischen Kommission gesehen. Die Vorbereitungen für die Etablierung einer Fachgruppe „Yield Enhancement“ bei der VDE/VDI-Fachgesellschaft GMM haben begonnen. Die Kompetenzen des IISB auf dem Gebiet ultrareiner Fertigungstechnik fanden ihre Umsetzung in der Planung und Etablierung einer 300 mm-Fertigung. Wie in den Vorjahren war die Abteilung an wichtigen Gremien von SEMI, ITRS und VDE-GMM sowie an Organisations- und Programmkomitees großer internationaler Tagungen und Kongresse maßgeblich beteiligt. Bereits erwähnt habe ich die Berufung des Leiters der Abteilung als Chairman der Arbeitsgruppe „Yield Enhancement“ der ITRS.

Die Technologie für nanoelektronische Bauelemente ist zunehmend durch neue Materialien geprägt. Die Abteilung Technologie hat daher im Jahr 2004 wiederum einen Schwerpunkt ihrer Aktivitäten auf den Einsatz neuer Materialien in der Nanoelektronik gelegt. Beispiele sind Abscheideverfahren für dielektrische und metallische Schichten sowie Schichtsysteme für zukünftige nichtflüchtige Speicherbauelemente. Hierzu wurden Arbeiten zur Ladungsspeicherung in dielektrischen Stapelschichten begonnen und Untersuchungen zu widerstandsprogrammierbaren Schichten durchgeführt. Neben neuen Materialsystemen rücken auch alternative Lithographieverfahren in den Mittelpunkt der halbleitertechnologischen Forschung. Eines der wichtigsten Verfahren ist das sogenannte Nanoimprintverfahren. Das IISB hat in Kooperation

who managed our Equipment and Process Automation group for many years and was active as PR manager and representative in the scientific-technical council of the Fraunhofer-Gesellschaft. We will keep him in honoring memory.

IISB lives in first place through its staff, and so the institute tries to take care of their needs comprehensively. In 2004, an agreement for the integration of handicapped people was signed for IISB, and the second run of the Fraunhofer staff poll was started. After equipping the institute with defibrillators for fast reanimation in the case of a cardiac arrest already at the end of 2003, in 2004, a collective vaccination against meningitis infection through ticks was offered to the staff.

The main areas of the scientific work of the Technology Simulation department continue to be the development of physical models, problem-specific algorithms, and simulation programs, as well as their application to the optimization of semiconductor technologies, devices, and equipment. Especially the activities dedicated to the development of advanced semiconductor technologies by use of process and device simulation could again be extended in 2004. The scope extends from the optimization of masks and lithography processes including the licensing of lithography simulation software through contributions to the improvement of manufacturing steps by better physical understanding to the optimization of novel device architectures which utilize multi-gate concepts or SOI (silicon on insulator) material. These success stories in the application of simulation have also led to a large share of industrial revenues in the budget of the department. In order to be able to continue these successful applications also in the future, the department will continue with its large efforts on the development of the physical models and simulation programs required.

The department of Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods researches and develops in the fields of novel manufacturing techniques, equipment, and components, equipment automation, contamination, and materials. In the past year, work on process control techniques was carried out within the framework of the European Integrated Project NanoCMOS with respect to Advanced Process Control (APC) being equally important for both equipment and IC industry. Especially medium-sized equipment and metrology companies will benefit from these activities of IISB. "Flying Wafer", one of the most ambitious projects funded by the European Union, a feasibility study on the networking of public and industrial research centers in a decentralized 300 mm R&D line, is based on the substantial experience of the project coordinator IISB on contamination aspects in local and mobile cleanrooms and internet-based wafer logistics for single wafers. The project is considered to be one of the most important preconditions for a European strategy for the networking of research infrastructures within ENIAC, the "European Technology Platform for Nanoelectronics" and the 7th Framework Program of the European Commission, respectively. The preparation for the establishment of a "Yield Enhancement" group at the VDE/VDI organization GMM have begun. The competencies of IISB in the field of ultra-clean manufacturing were used in the planning and establishment of a 300 mm line. As in the years before, the department was involved in important boards of SEMI, ITRS, and VDE-GMM, as well as in organization and program committees of big international conferences. I already mentioned the appointment of the head of the department as chairman of the ITRS working group "Yield Enhancement".

The technology for nanoelectronic devices is increasingly characterized by

new materials. Therefore, in 2004 the Technology department focussed its activities on the use of new materials in nanoelectronics. Examples are deposition techniques for dielectric and metallic layers and systems for future non-volatile memory devices. Activities on charge storage in dielectric stack layers were started and investigations on resistive programmable layers were carried out. Besides new material systems, alternative lithography methods come in the focus of interest of semiconductor technology research. One of the most important techniques is the so-called imprint method. In cooperation with LEB and an equipment company, IISB has seized this technique. The first UV nanoimprint facility within the Fraunhofer-Gesellschaft will be built at IISB. The machine will be based on the transfer of nanostructures by an imprint technique, where the structures are formed in liquid polymer and cured by UV light. IISB has developed special etching processes for the structuring of quartz molds. In the field of power electronics, the activities on both silicon-based high voltage switches and silicon carbide devices have been continued. The development of a lateral Trench-Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) was completed. It could be demonstrated that effective power electronic devices can be integrated together with low voltage CMOS devices on a chip. These activities were supplemented in the field of integrated power electronic devices, where fully integrated DC/DC converters for mobile power supply were designed.

In 2004, the Crystal Growth department has consolidated its position as a world-wide acknowledged center of competence in the field of crystal growth. It was possible to reproducibly produce transparent GaN quasi-substrates from Ga-containing solutions at room pressure conditions, their structural and optical properties partly exceeding the quality of GaN layers with

mit dem LEB und einer Gerätefirma diese neue Technik aufgegriffen. Am IISB wird die erste UV-Nanoimprintanlage innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft aufgebaut. Die Anlage basiert auf der Übertragung von kleinsten Strukturen mittels eines Prägeverfahrens, wobei das flüssige Polymer, in das die Strukturen gepreßt werden, mit UV-Licht ausgehärtet wird. Das IISB hat hierzu spezielle Ätzprozesse für die Strukturierung der Prägeformen entwickelt. Auf dem Gebiet der Leistungselektronik wurden Aktivitäten sowohl für siliciumbasierte Hochvolt-Schalter als auch für Siliciumkarbidbauelemente fortgesetzt. Die Entwicklung eines lateralen Trench-Insulated Gate Bipolar Transistor (IGBT) wurde abgeschlossen. Es konnte gezeigt werden, daß sich effektive Leistungsbau-elemente zusammen mit Niedervoltbau-elementen auf einem Chip integrieren lassen. Diese Aktivität wurde ergänzt durch neue Arbeiten auf dem Gebiet integrierter Leistungsbau-elemente. Hier werden voll integrierte DC/DC-Wandler für mobile Energieversorgungen entworfen.

Im Jahr 2004 hat die Abteilung Kristallzüchtung ihre Position als weltweit anerkanntes Kompetenzzentrum auf dem Gebiet der Kristallzüchtung festigen können. So gelang es, reproduzierbar transparente GaN-Quasisubstrate aus galliumhaltigen Lösungen bei Raumdruckbedingungen herzustellen, deren strukturelle und optische Eigenschaften dabei teilweise die Qualität von aus der Gasphase hergestellten GaN-Schichten vergleichbarer Dicke übertreffen. Im Bereich Photovoltaiksilicium konnten grundlegende Erkenntnisse über den konvektiven Wärme- und Stofftransport beim Blockgießen als auch beim Ziehen von Siliciumrohren zur Optimierung der Produktionsverfahren bei den Industriepartnern gewonnen werden. Im Bereich "optische Kristalle" wurde gemeinsam mit dem Industriepartner eine neue Kristallzüch-

tungsanlage zur Herstellung von hochschmelzenden Oxidkristallen, z.B. für Detektoren in der Medizintechnik, entwickelt. In der Mikrogravitationsforschung wurde erfolgreich ein Welt-raumexperiment auf der Raketenmission TEXUS 41 durchgeführt, welches vom IISB durch Computersimulation vorbereitet wurde. Darüber hinaus wurde das thermische Modell für eine Ofenanlage, die auf der internationalen Raumstation zum Einsatz kommen soll, validiert. Im Bereich Softwareentwicklung wurden die Grundlagen dafür geschaffen, daß die Software CrysVUn, das Hauptprodukt der Abteilung, künftig auch für turbulente Gas- und Schmelzströmungen sowie für semitransparente Medien einsetzbar ist. Außerdem wurde mit ORCAN eine robuste und flexible Programmierumgebung entwickelt, die bereits von mehreren externen FuE-Partnern für deren Softwareentwicklungsprojekte genutzt wird. Zur Stärkung des internationalen Renommee trugen nicht zuletzt auch die Verleihung der Ehrendoktorwürde an Prof. Georg Müller sowie die Organisation der Internationalen Sommerschule über Kristallzüchtung ISSCG12 in Berlin und des 2. Erlanger Symposiums über Kristallzüchtung bei.

Die Abteilung Leistungselektronische Systeme konnte im Jahr 2004 ihre Aktivitäten im Bereich der Automobilelektronik mit der Gründung des Zentrums für Kfz-Leistungselektronik und Mechanik (ZKLM) weiter ausbauen. Das ZKLM ist die erste Außenstelle des Instituts und hat seinen Sitz am energie-technologischen Zentrum (etz) in Nürnberg. Die Einrichtung hat einen Etat von rund 6 Mio. Euro für die ersten fünf Jahre. Gut die Hälfte davon bringen die Industrie und das IISB auf, den Rest trägt der Freistaat Bayern mit Mitteln aus der EU-Ziel-2-Förderung. Innerhalb der ersten Jahre ist ein personeller Aufbau auf 16 Ingenieure geplant. Die Abteilung fokussiert sich aber nicht nur

auf das Arbeitsgebiet Automobiltechnik. Mit dem Beitritt des Instituts zum Fraunhofer-Themenverbund Energie wollen wir unsere Leistungselektronik-Kompetenz auch für stromsparende Systeme in den Bereichen Haushalt und Industrie einbringen. Die sehr große Resonanz auf unsere Seminarreihe zu ausgewählten Themen der Leistungselektronik bestärkt uns, dieses Weiterbildungs- und Technologietransferangebot weiter auszubauen. Da diese Seminare für viele Teilnehmer der erste Kontakt zum Institut ist, haben sie für uns auch einen erfreulichen Marketingeffekt.

Ein Jahresbericht ist Rückblick und Ausblick zugleich. Das Fraunhofer IISB blickt mit Freude vorwärts auf sein Jubiläumsjahr 2005, in dem das 20jährige Bestehen des Instituts gefeiert wird. Und es ist hochmotiviert, die Erfolgsgeschichte der vergangenen 20 Jahre auch weiterhin fortzusetzen. Das erfolgreiche Arbeiten und Forschen des IISB im vergangenen Jahr war nur möglich durch die Unterstützung von staatlicher Seite, durch die Auftraggeber aus Industrie und öffentlichen Einrichtungen sowie durch den unermüdlichen Einsatz der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des IISB.

Erlangen, Juni 2005



Prof. Dr. Heiner Ryssel

comparable thickness grown from the vapor phase. In the field of photovoltaic silicon, basic knowledge was gained about the convective heat and mass transport during casting and pulling of silicon tubes for the optimization of production processes at our industrial partners. In the field of optical crystals, a new crystal growth facility was developed together with an industrial partner for the growth of high-melting oxide crystals, e.g. for detectors in medical applications. In the field of microgravity research, a space experiment was successful carried out during the rocket mission TEXUS 41, which was prepared at IISB by using computer simulation. Furthermore, the thermal model of a furnace insert was validated, which shall be run on the International Space Station. In the field of software development, the basis was created that the software CrysVUn, the main product of the department, can be used in the future also for turbulent melt and gas flows as well as for semitransparent media. In addition, a flexible and robust framework called ORCAN was developed, which is already applied by several external R&D partners for their software development projects. The granting of the doctor honoris causa to Georg Müller and the organization of the International Summer School on Crystal Growth ISSCG12 in Berlin and of the 2nd Erlangen Symposium on Crystal Growth have contributed to strengthen the international reputation of the Crystal Growth department.

In 2004, the Power Electronic Systems department could further extend its activities in the field of automobile electronics by the founding of the Center for Automobile Power Electronics and Mechatronics (ZKLM). ZKLM is the first subsidiary of our institute and is located at the energy-technological center etz in Nuremberg. The ZKLM has a budget of about 6 million Euro for the first five years. A little more than half of this is covered by industry and IISB, the rest is

funded by the Free State of Bavaria with resources from the European Union. Within the first years, a staff of 16 people is planned to be established. However, the department does not only focus on automotive technology. With the institute joining the Fraunhofer Energy Alliance, we want to use our competencies also for energy-saving systems in households and industry. The amazing resonance on our seminar series on selected topics of power electronics encourages us to further extend this offer of advanced training and technology transfer. As these seminars are the first contact to our institute for many participants, they also have a welcome marketing effect for IISB.

An annual report is a retrospect and outlook into the future at the same time. Fraunhofer IISB is looking forward to its jubilee year 2005, celebrating its 20th anniversary. And we are highly motivated to continue the success story of the past 20 years. The successful work and research of IISB in the past year was only possible with the support from the government, from our industrial partners and public institutions, and is based on the dedicated efforts of the IISB staff.

Erlangen, June 2005



Prof. Dr. Heiner Ryssel



Leistungen und Ergebnisse Jahresbericht 2004

Das Institut im Profil

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

Das Forschungs- und Dienstleistungsangebot

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

Das Institut in Zahlen

Mitarbeiterentwicklung	28
Betriebshaushalt	28

Die Fraunhofer-Gesellschaft auf einen Blick

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

Technologiesimulation

Schwerpunkte, Trends und Poten- tiale der Abteilung Technologiesimula- tion	36
FRENDTECH und die Modellierung ul- traflacher pn-Übergänge	38
EU-Projekt MULSIC: Simulation von Verbindungsstrukturen für Integrierte Schaltungen	40
Simulationen zum besseren Verständnis der EUV- Lithographie	42
Auswirkung von Defekten in der opti- schen Lithographie	44

Achievements and Results

Annual Report 2004

Profile of the Institute

Objectives	13
Brief Portrait	13
Major Fields of Activity	15
Areas of Competence and Applications	15
Cooperation with the Chair of Electron Devices	15
Advisory Board	19

Research and Services

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

Representative Figures

Staff Development	28
Budget	28

The Fraunhofer-Gesellschaft at a Glance

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

Technology Simulation

Focal Areas of Research and Develop- ment, Trends and Potentials of the De- partment of Technology Simulation	37
FRENDTECH and the Modeling of UI- tra-Shallow pn Junctions	39
EU Project MULSIC: Interconnect Simu- lation for Integrated Circuits	41
Simulations for Better Understanding of EUV Lithography	43
Defect Printability in Optical Lithogra- phy	45

Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden

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

Bestimmung von Strukturparametern von sub-Wellenlängen-Gittern mittels spektralellipsometrischer Messungen 48

Yield Enhancement in der Halbleiterfertigung mittels Defektinspektion 50

FLYING WAFER - eine standardisierte Methodik für den Transfer von 300 mm-Siliziumscheiben zwischen F&E-Standorten 52

Technologie

Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Technologie 54

Entwicklung eines integrierten Schaltkreises zur Auswertung kapazitiver Sensoren 56

Aktive Sicherungsbaulemente 58

Nanostrukturierung mittels Imprint-Technik 60

Kristallzüchtung

Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Kristallzüchtung 62

Charakterisierung von lösungsgezüchteten GaN-Substraten 64

Effiziente Lösung von strömungsmechanischen Problemen in der Kristallzüchtung 66

Untersuchungen des Wärme- und Stofftransports beim Blockgießen von Photovoltaiksilicium 68

Innovative Ansätze zur Beschreibung der Wärmestrahlung in semitransparenten Medien 70

Leistungselektronische Systeme

Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Leistungselektronische Systeme 72

Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik - ZKLM 74

Mechatronisch integrierter Umrichter-motor für hybrid angetriebene Kraftfahrzeuge 76

SiC-Baulemente lassen DC/DC-Wandler für Kraftfahrzeuge schrumpfen 78

Namen, Daten, Ereignisse

Ereignisse 80

Förderkreis für die Mikroelektronik e.V. 88

Gastwissenschaftler 90

Patenterteilungen 91

Mitarbeit in Fachgremien, Fachverbänden und Komitees 92

Konferenzen und Workshops 94

Messebeteiligungen 95

Wissenschaftliche Veröffentlichungen

Habilitationen 98

Dissertationen 102

Herausgegebene Bücher / Buchbeiträge 108

Veröffentlichungen 108

Vorträge 111

Studienarbeiten 121

Diplomarbeiten 121

Bachelorarbeiten 121

Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods

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

Determination of Structural Parameters of Sub-Wavelength Gratings Using Spectral Ellipsometric Measurements 49

Yield Enhancement for Semiconductor Manufacturing with Defect Inspection 51

FLYING WAFER - a Standardized Methodology for 300 mm Wafer Transfer between R&D Sites 53

Technology

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

Development of an Integrated Circuit Designed for the Evaluation of Capacitive Sensors 57

Active Fuse 59

Nanostructuring Using an Imprint Technique 61

Crystal Growth

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

Characterization of GaN Substrates Grown from a Solution 65

Efficient Solution of Fluid-Dynamic Problems in Crystal Growth by Means of a New Hybrid Model 67

Analyses of the Heat and Mass Transport during Casting of Photovoltaic Silicon 69

Innovative Methods for Describing the Heat Transport through Radiation in Semitransparent Materials 71

Power Electronic Systems

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

Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics 75

Mechatronically Integrated Inverter Motor for Hybrid Traction Vehicles 77

SiC Devices Shrink DC/DC Converters for Automotive 79

Important Names, Data, Events

Events 81

Förderkreis für die Mikroelektronik e.V. 89

Guest Scientists 90

Patents 91

Participation in Committees 92

Conferences and Workshops 94

Fairs and Exhibitions 95

Scientific Publications

Habilitationen 99

PhD Theses 103

Edited Books / Contributions to Books 108

Journal Papers and Conference Proceedings 108

Presentations 111

Theses 121

Diploma Theses 121

Bachelor's Theses 121

Ziele

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

Kurzportrait

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

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

an den Entscheidungen beteiligt wird.

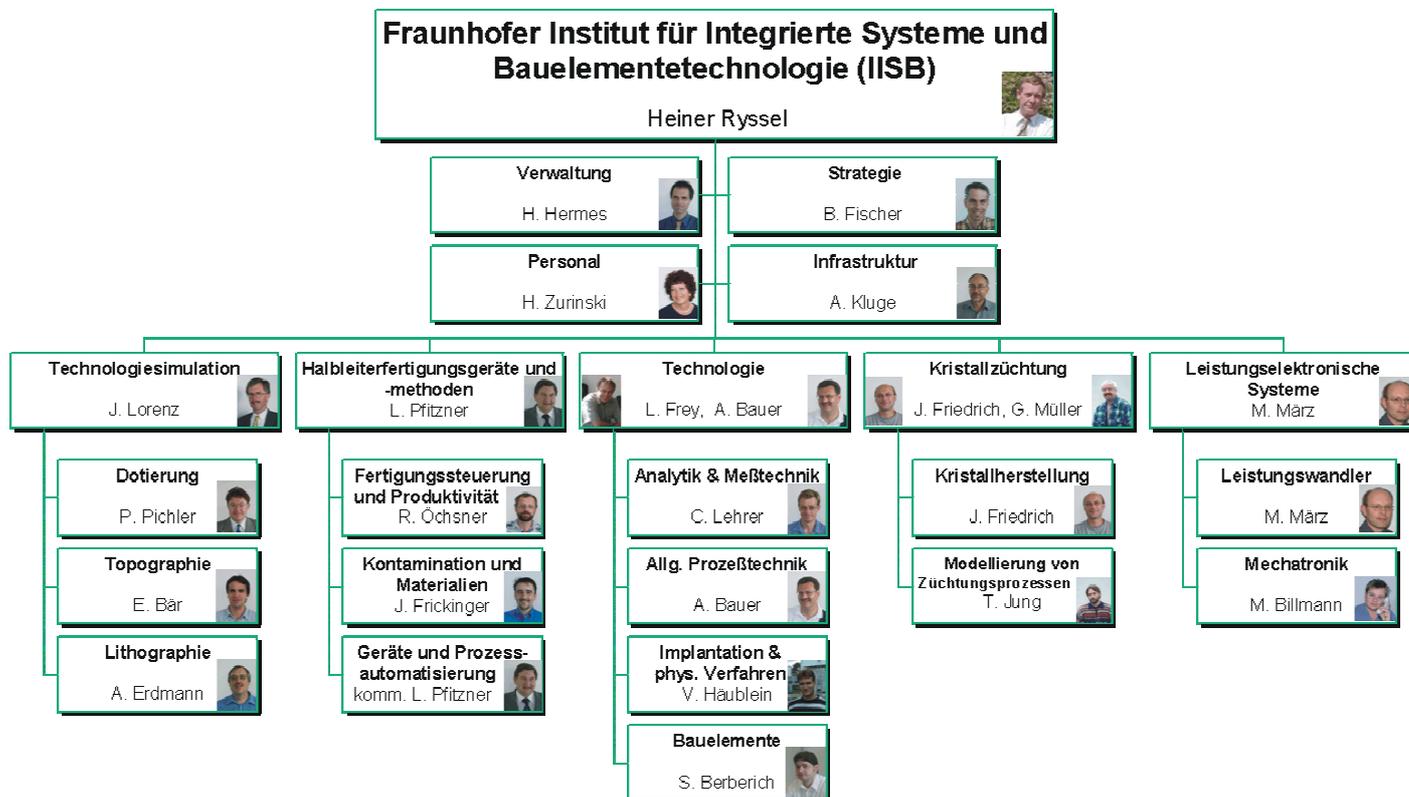


Fig. 1: Organigramm des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie.

Objectives

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

Brief Portrait

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

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

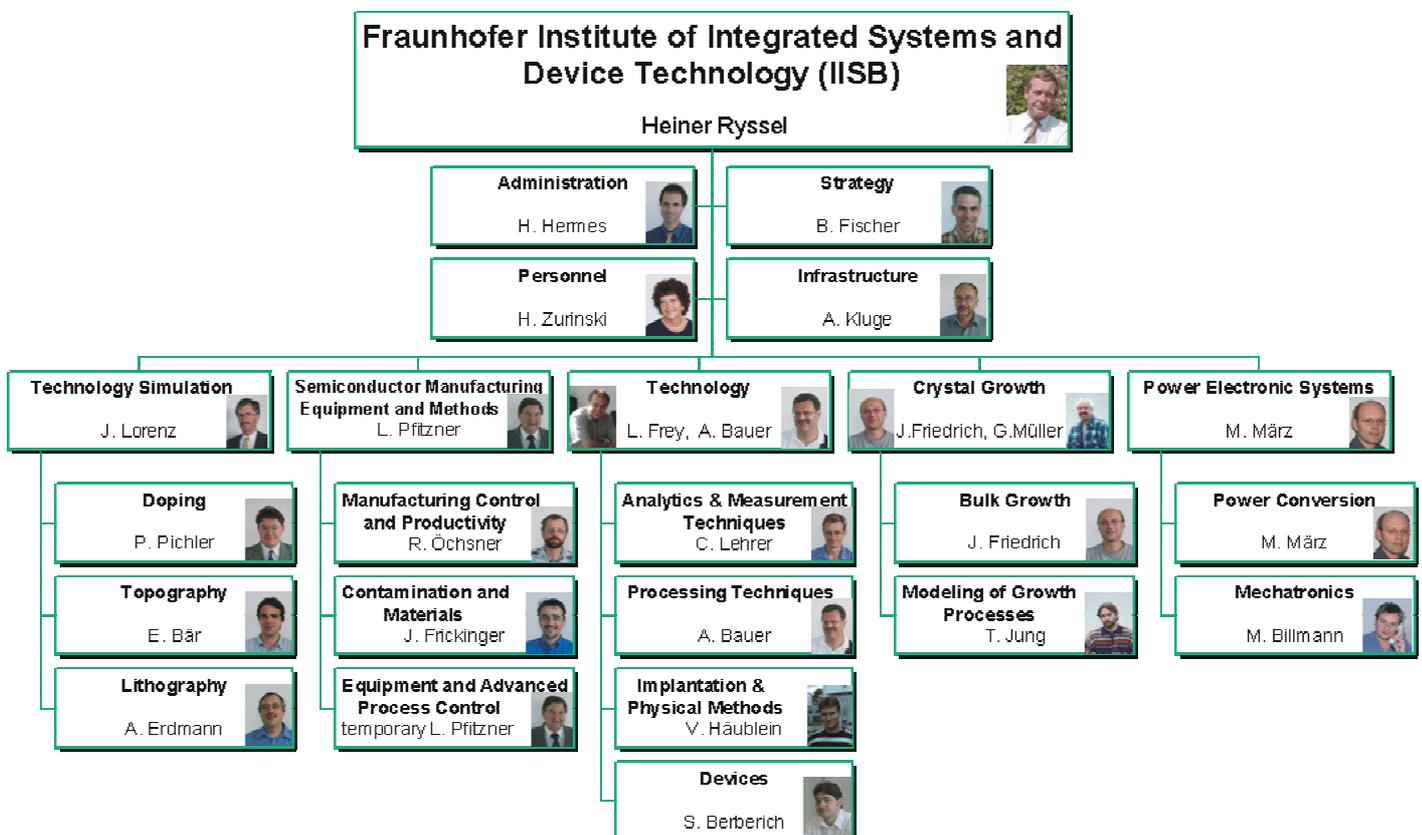


Fig. 1: Organizational Structure of the Fraunhofer Institute of Integrated Systems and Device Technology.

Arbeitsschwerpunkte

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

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

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

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

Einen weiteren Arbeitsschwerpunkt bildet die Leistungselektronik. Im Rah-

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

Die Finanzierung erfolgt etwa zu gleichen Teilen durch öffentliche Projekte und Aufträge aus der Halbleiter- und Halbleitergeräte-Industrie. Das Institut beschäftigte im Jahr 2004 102 feste Mitarbeiter. Fast 5000 m² Büro- und Laborfläche stehen zur Bearbeitung von Forschungsaufträgen zur Verfügung. Ferner besteht die Möglichkeit, das Reinraumlabor des Lehrstuhls für Elektronische Bauelemente (Prof. Heiner Rysse) der Universität Erlangen-Nürnberg zu nutzen.

Kompetenzen und Anwendungen

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

Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente

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

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

zu gehören Projekte zu „Neuen Dielektrika“ und „Metal Gate“, „SiGe- Gateelektroden“, „SiC“ und „Aktoren“.

Major Fields of Activity

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

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

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

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

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

The budget of the Institute is obtained almost equally from public project funding and from contract research performed for the semiconductor and semiconductor equipment industry. IISB had a permanent staff of 102 people in 2004. Nearly 5.000 m² of office and laboratory space provide ample room to perform contract research. Moreover, the staff can use the cleanroom building belonging to the Chair of Electron Devices (University of Erlangen-Nuremberg). Both institutions are headed by Prof. Heiner Ryssel.

Areas of Competence and Applications

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

Cooperation with the Chair of Electron Devices

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

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

Wissenschaftlich-technische Kernkompetenz

IISB

F & E-Produkte

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

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

Competencies and Applications

IISB

R & D Products

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

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



Kuratorium

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

Dr. Reinhard Ploß
Infineon Technologies AG
Automobil- und Industrieelektronik
(Vorsitzender des Kuratoriums)

Prof. Dr. Ignaz Eisele
Universität der Bundeswehr München
Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik
Institut für Physik

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

Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger

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

Dr. Ewald Mörsen
Crystal Growth Consulting

Dr. Karl-Heinz Stegemann
ZMD AG

Dr. Thomas Stockmeier
SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG

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

Prof. Dr habil.
Hans-Jörg Werrmann

Prof. Dr. Albrecht Winnacker
Dekan der Technischen Fakultät
Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg



Advisory Board

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

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

Prof. Dr. Ignaz Eisele
University of the German Federal
Armed Forces, Munich
Faculty of Electrical Engineering and
Information Technology
Institute of Physics

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

Prof. Dr. Nikolaus Fiebiger

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

Dr. Ewald Mörsen
Crystal Growth Consulting

Dr. Karl-Heinz Stegemann
ZMD AG

Dr. Thomas Stockmeier
SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG

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

Prof. Dr. habil.
Hans-Jörg Werrmann

Prof. Dr. Albrecht Winnacker
Dean of the Faculty of Engineering

Sciences
Friedrich-Alexander University of
Erlangen-Nuremberg

Institutsspezifische Angebote zur Vertragsforschung

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

Im Bereich der Technologiesimulation werden leistungsfähige Simulationsprogramme zur kostengünstigen und zügigen Bauelementeentwicklung erstellt, die beispielsweise eine zweidimensionale 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, wobei durch die modulare Struktur der Programme eine Anpassung an spezifische Anforderungen des jeweiligen Nutzers ermöglicht werden kann.

Ein weiterer Schwerpunkt des IISB befaßt sich mit der Entwicklung und Er-

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

Der Arbeitsschwerpunkt Technologie befaßt sich mit Entwicklung von neuen Prozeßschritten und Verfahren für höchstintegrierte Schaltungen, der Qualifizierung von Gasen und Chemikalien anhand von Testprozessen und der Entwicklung von Bauelementestrukturen der Mikrosystemtechnik. In Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente wird dafür ein Reinraum betrieben, welcher die Durchführung der wichtigsten Prozeßschritte auf Siliciumscheiben von 100 bis 150 mm Durchmesser ermöglicht. Für zukünftige VLSI- und ULSI-Schaltkreise werden Einzelprozesse entwickelt. Ins-

besondere werden umfangreiche Arbeiten auf den Gebieten der Erzeugung dünner dielektrischer Schichten mittels Kurzzeitprozessen (RTP, RTN) und chemischer Dampfphasenabscheidung unter Verwendung metallorganischer Precursormaterialien sowie der Implantation von Dopanden bei Nieder- und Hochenergie durchgeführt. Darüberhinaus laufen Arbeiten auf den Gebieten der Oberflächenmodifikation von Metallen und Kunststoffen.

Entwicklungen aus den oben genannten Forschungsschwerpunkten der Abteilung für Bauelementetechnologie werden unterstützt durch meßtechnische Untersuchungen. Zu einem besonderen Schwerpunkt hat sich hier die Analytik von Spurenverunreinigungen auf Siliciumscheiben, in Prozeßchemikalien und in Gasen durch TXRF, AAS, VPD-AAS und ICP-MS bzw. HRICP-MS und API-MS entwickelt. Daneben werden die klassischen 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 angewendet.

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 Prozeß-

Contract Research Services

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

In the domain of technology simulation, high-performance simulation tools for a cost-effective and rapid device development are developed. These tools allow, for example, a two-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. Thus, the modular structure of these tools enables their adaptation to the specific requirements of their respective users.

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

technology is of outstanding importance. The department provides 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 characterization methods for ultraclean processing, metrology for integrated quality control, novel equipment concepts, and integration of feedback and feed-forward controls into IC factories. Development of new manufacturing tools takes into account the increasing demand for immediate applicability in ULSI production lines and for enhanced reliability and productivity. The present focus of the department is, therefore, on providing complementary analytical characterization of equipment, components, and materials to provide the latest measurement and control techniques to be integrated into equipment being modular measurement systems and the integration of novel monitoring strategy into IC manufacturing.

The Technology department works on the development of new process steps and methods for VLSI circuits, the qualification of gases and chemicals by means of test processes, as well as on the development of device structures in microsystems technology. 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 150 mm. Individual processes are developed for future VLSI and ULSI circuits. Special activities are focused on generating thin dielectric

layers by means of rapid processes (RTP, RTN) and 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 surface modification of metals and plastics.

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

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

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

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

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

Durch einen Kooperationsvertrag zwi-

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

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

Apparative Ausstattung

Das Institut für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie verfügt über eine Fläche von 4780 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 Kas-

sette entspricht dem in der Industrie geforderten Standard.

Im einzelnen stehen folgende Großgeräte zur Verfügung:

Technologiegeräte

- Oxidation: 3-Stock- und 4-Stocköfen, 300 mm-Vertikalöfen, Kurzzeitoxidation, Rohrreinigungsanlage
- Dotierung: 5 Ionenimplantationsanlagen einschließlich einer Hochenergieimplantationsanlage bis zu 6 MeV, Diffusions- und Temperöfen, Kurzzeitausheilapparaturen
- Schichtabscheidung: LPCVD von SiC, SiO₂, Si₃N₄, Ta₂O₅, Polysilicium, SIPOS, Elektronenstrahlverdampfung, Widerstandsverdampfung und induktiver Verdampfer, Sputteranlage für hochschmelzende Metalle, Gold und Aluminium, Epitaxieanlage
- Ätztechnik: Plasma- und RIE-Trockenätzer für SiO₂, Si₃N₄, Silicium, Aluminium, Lackveraschung, Naßätzbänke für alle wesentlichen Ätzschritte
- Polieren: Doppelseitenpoliermaschine, Einseitenpoliermaschine (Chemical Mechanical Polishing)
- Reinigung: Endreinigungsanlage
- Lithographie: Projektions- und Proximity-Belichtungsgeräte, automatische Lackstraße für Belägen und Entwickeln
- Schichtabscheidung: 2 Aufdampf- anlagen, 2 Sputteranlagen, 2 Flüssigphasenepitaxieanlagen
- 2 Bonder (Hand und Automatik), Verkapselung
- Al-Dickdraht-Bonder
- Vakuum-Dampfphasenlötlösung
- Reinräume der Klasse 100 für die Entwicklung, Erprobung, Vorqualifikation und Montage von Halbleiter-Fertigungsgeräten mit
 - MES-C-kompatibler Clusterplattform mit XPS-Meßmodul
 - Versuchsstand für Partikelmessung

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

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

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

Not only by its membership of the Fraunhofer Alliance Microelectronics

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

Facilities

The Institute of Integrated Systems and Device Technology has a total of 4,780 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 clean-room space are shared with the Chair of Electron Devices (University of Erlangen-Nuremberg).

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

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

Processing Equipment

- Oxidation: 3-stage and 4-stage furnaces, 300 mm vertical furnace, rapid thermal oxidation, tube cleaning system
- Doping: 5 ion implanters, including a high-energy implanter (up to 6 MeV), diffusion and annealing furnaces, rapid thermal annealing units
- Layer deposition: LPCVD of SiC, SiO₂,

Si₃N₄, Ta₂O₅, polysilicon, SIPOS, electron beam evaporation, resistance evaporation, and inductive evaporator, sputtering system for refractory metals, gold, and aluminum, epitaxy system

- Etching methods: plasma and RIE dry etcher for SiO₂, Si₃N₄, silicon, aluminum, resist ashing, wet benches for all essential etching steps
- Polishing: double side polishing, chemical mechanical polishing
- Cleaning: final cleaning equipment
- Lithography: projection and proximity exposure systems, automatic wafer track for coating and developing
- Layer deposition: 2 evaporation systems, 2 sputter systems, 2 liquid phase epitaxy facilities
- 2 bonders (manual and automatic), packaging
- Al wedge bonding
- Vacuum vapor phase soldering
- Class 100 cleanrooms for the development, testing, prequalification, and mounting of semiconductor manufacturing equipment with
 - MESC-compatible cluster platform with XPS measurement module
 - Test set-up for particle measurements
 - Test set-up for plasma diagnostics
 - Vertical furnace with *in situ* layer thickness metrology
- Silicon wafer marker
- integrated vacuum processing tools
- Facilities for crystal growth: 5 high pressure furnaces, 1 multi-zone furnace for high vacuum and reactive atmosphere, several multi-zone furnaces, among other things for special applications (magnetic fields, centrifuge)
- Several magnets for steady and time-dependent magnetic fields
- centrifuge (3 m in diameter, up to 250 rpm)
- Wire saw and polishing machine (max. 3")

- Versuchsstand für Plasmadiagnostik
- Vertikalofen mit *in situ*-Schichtdickenmeßtechnik
- Siliciumscheibenbeschrifteter Mehrkammerprozeßanlagen
- Kristallziehanlagen: 5 Hochdruckofenanlagen, 1 Mehrzonenofenanlage für Hochvakuum bzw. Reaktivgase, mehrere Mehrzonenofen u.a. für spezielle Einsatzgebiete (Magnetfelder, Zentrifuge)
- Diverse Magnetsysteme für statische und zeitabhängige Magnetfelder
- Zentrifuge (3 m Durchmesser, bis zu 250 U/min)
- Drahtsäge und Poliermaschine (max 3")
- Oszilloskope (bis 10 GS/s)
- IR-Thermographie
- Zth-Meßplatz
- normgerechte Burst/Surge-Generatoren, Load-dump, ESD
- Netzleistungs- und Oberwellen-Analysator
- Klimatestkammer
- Lastwechselfesteinrichtung
- Impedanzanalysator
- Teilentladungsmessung
- DC-Quellen und elektronische Lasten bis 60 kW
- Motorprüfstand (bis 40 kW)
- Photometer
- Scheibendicke und -form (kapazitiv)
- Schichtdicken (optisch mit Ellipsometer oder Interferometer, mechanisch mit Profilometer, schnelles Interferometer für *in situ*-Messungen, Spektralellipsometer (*in situ*, *ex situ*))
- Strukturbreiten (Rasterelektronenmikroskop, Laserrasterelektronenmikroskop)
- Partikelkontamination (für strukturierte und nicht strukturierte Scheiben)
- Elektronenoptische Untersuchungen (Transmissions- und Rasterelektronenmikroskop mit digitaler Bildverarbeitung, Probenpräparation)
- Mechanische Spannungen in dünnen Schichten
- Interferometer
- Rasterelektronenmikroskop (REM) mit energiedispersiver Röntgenstrahlanalyse (EDX)
- Rasterkraftmikroskop (AFM)
- Feldemissions-Rasterelektronenmikroskop
- Sekundärionen-Massenspektrometer (SIMS)
- Flugzeit-Sekundärionen-Massenspektrometer (ToF-SIMS)
- Neutralteilchen-Massenspektrometer (SNMS)
- Rutherford-Rückstreu-Spektrometer (RBS)
- Photoelektronen-Spektrometer (XPS)
- Atomabsorptionsspektrometer (AAS)
- Scheibenoberflächenpräparations-
- system (WSPS)
- Pack Extraction Method (PEM)
- Transmissionselektronenmikroskop (TEM)
- Totalreflexions-Röntgenfluoreszenz-Analyse (TXRF)
- Hochauflösende Röntgendiffraktometer (HR-XRD)
- Optische Emissionsspektroskopie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-OES)
- UV / VIS / NIR Spektrometer
- Atmosphärendruckionisations-Massenspektrometer (APIMS)
- Kontaktwinkelmeßgerät
- Magnetsektorfeld-Massenspektrometer
- Flüssigchromatograph (LC)
- TOC-/DOC-Meßgeräte
- Partikelzähler für flüssige und gasförmige Medien und zur Überwachung der Reinraumqualität
- Feinfokusionenstrahlanlagen
- Thermowellentechnik
- optisches System zur Siliciumscheibeninspektion und Defektklassifikation
- Gaschromatograph-Massenspektrometer mit Thermodesorption (TD)-GC-MS
- Kalometrie, Thermodynamik (DTA und DSC)

Meßtechnik und Analytik

- Schichtwiderstand (Vierspitzenmeßplatz, Teststrukturen)
 - Profile von Ladungsträgerkonzentration und -beweglichkeit (Hall-Meßplatz, Spreading-Resistance)
 - Diffusionslänge und Lebensdauer von Minoritätsladungsträgern (Electrolytical Metal Tracer (ELYMAT), Microwave detected Photoconductivity Decay (: -PCD))
 - Oxidladungs- und Grenzflächenzustandsdichte (hoch- und niederfrequente Kapazitäts-Spannungsmessung, Thermo-Streß)
 - Trap-Konzentration (Deep Level Transient Spectroscopy (DLTS))
 - I(U)- und C(U)-Messungen mit manuellen oder automatischen Scheibenprobern
 - Prüfkartenfertigungsplatz
 - Solarmeßplatz
 - Hall-Effekt (temperaturabhängig 15 K - 650 K)
 - Widerstandsmapping (Vierspitzen und Spreading Resistance)
 - C(U), DLTS, TSC und PICTS für Messung von flachen und tiefen Störstellen
 - Photolumineszenz (14 K, 300 K), IR-Absorption
- Technologiegeräte, Meßtechnik und Analytik für 300-mm-Scheiben**
- Technologiegeräte für
- Oxidation
 - Ionenimplantation
 - Reinigung
 - Naßätzen
 - Aufdampfen (Metallisierung)
 - Lithographie (bis zu 10 : m)
 - Polieren
 - Waferreclaim
 - Al- und Golddraht-Bonden
 - Vakuum-Dampfphasen-Löten
- Meßtechnik und Analytik

Metrology and Analytics

- Sheet resistance (four-point probe)
- Profile of carrier concentration and mobility (Hall measuring set, spreading resistance)
- Diffusion length and lifetime of minority carriers (Electrolytical Metal Tracer (Elymat), Microwave detected Photoconductivity Decay (: -PCD))
- Oxide-charge and interface-state density (high and low-frequency capacitance voltage measurement, thermal stress)
- Trap density (Deep Level Transient Spectroscopy (DLTS))
- I-V and C-V measurements with manual or automatic wafer probers
- Test card assembly
- Solar measurement set-up
- Hall effect (temperature-dependent 15 K - 650 K)
- Resistivity mappings (four point probe and spreading resistance)
- C(U), DLTS, TSC und PICTS for measurement of shallow and deep levels
- Photoluminescence (14 K, 300 K), IR absorption
- Oscilloscopes (up to 10 GS/s)
- Thermal imaging system
- Zth measurement equipment
- Burst and surge pulse sources, load-dump, ESD
- Three-phase power meter with line harmonic analyzer
- Climatic test cabinet
- Power cycling test equipment
- impedance analyzer
- partial discharge measuring
- DC power sources and electronic loads up to 60 kW
- Drive test bench (up to 40 kW)
- Photometer
- Wafer thickness and shape (capacitive)
- Layer thickness (optically with ellipsometer or interferometer, mechanically with profilometer, rapid interferometer for *in situ* measurements, spectral ellipsometer (*in situ*, *ex situ*))
- Feature size (scanning electron microscope, laser scanning microscope)
- Particle contamination (patterned and unpatterned)
- Transmission and scanning electron microscopy with digital image processing, sample preparation
- Mechanical stress in thin films
- Interferometer
- Scanning electron microscope (SEM) with energy-dispersive X-ray analysis (EDX)
- Atomic force microscope (AFM)
- Field-emission scanning electron microscope
- Secondary ion mass spectroscopy (SIMS)
- Time-of-flight secondary ion mass spectroscopy (ToF-SIMS)
- Secondary neutral mass spectroscopy (SNMS)
- Rutherford backscattering spectroscopy (RBS)
- X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)
- Atomic absorption spectroscopy (AAS)
- Wafer surface preparation system (WSPS)
- Pack extraction method (PEM)
- Transmission electron microscope (TEM)
- Total-reflection X-ray fluorescence analysis (TXRF)
- High-resolution X-ray diffractometer (HR-XRD)
- Optical emission spectroscopy with inductively coupled plasma (ICP-OES)
- UV / VIS / NIR spectrometer
- Atmospheric pressure ionization mass spectrography (APIMS)
- Contact angle measurement tool
- Magnetic sector field mass spectrography
- Liquid chromatography (LC)
- TOC / DOC measurement tools
- Particle counter for liquid and gaseous media and for monitoring cleanroom quality
- Focused ion beam systems
- Thermal wave metrology
- Optical system for wafer inspection and classification
- Gas chromatography mass spectrometer with thermo-desorption (TD)-GC-MS
- Calometry, thermodynamics (DTA and DSC)

Processing Equipment, Metrology and Analytics for 300 mm wafers:

Processing Equipment for

- Oxidation
- Ion implantation
- Cleaning
- Wet etching
- Deposition (metallization)
- Lithography (down to 10 : m)
- Polishing
- Waferreclaim
- Aluminum and gold filament bonding
- Vacuum vapor phase soldering

Metrology and Analytics

- Layer thickness (single-wavelength and spectral ellipsometer, interferometer)
- Thermal wave metrology
- Vapor phased decomposition (VPD) with or without automatic droplet scanner
- Atomic absorption spectroscopy (AAS)
- Wafer surface preparation system (WSPS)
- Pack extraction method (PEM)
- Optical emission spectroscopy with inductively coupled plasma (ICP-OES)
- Gas chromatography mass spectrometer with thermo-desorption (TD)-GC-MS
- Total-reflection X-ray fluorescence analysis (TXRF)
- Diffusion length and lifetime of minority carriers (Electrolytical Metal

- Schichtdickenmessung (Spektral- und Einwellenellipsometrie, Interferometrie)
- Thermowellenanalyse
- Atomabsorptionsspektroskopie (AAS)
- Scheibenoberflächenpräparations-system (WSPS)
- Pack Extraction Method (PEM)
- Optische Emissionsspektroskopie (ICP-OES)
- Gaschromatograph-Massenspektrometrie (GC-MS)
- Totalreflexions-Röntgenfluoreszenz-Analyse (TXRF)
- Diffusionslänge und Lebensdauer von Minoritätsladungsträger mit Electrolytical Metal Tracer (ELYMAT)
- Partikelmessungen
- Fouriertransformations-Infrarot-Spektroskopie (FTIR)
- Thermodesorption
- Defektinspektion auf unstrukturieren Scheibenoberflächen
- Mikroskop mit digitaler Bildverarbeitung

Softwareausstattung

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

Rechner

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

Kontakt und weitere Informationen

Öffentlichkeitsarbeit

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

Applikations- und Dienstleistungszentrum Mikrosystemtechnik

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

Technologiesimulation

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

Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden

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

Technologie

Priv.-Doz. Dr. Lothar Frey
 Telefon: +49 (0) 9131 761-320
 Fax: +49 (0) 9131 761-360
 lothar.frey@iisb.fraunhofer.de

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

Kristallzüchtung

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

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

Leistungselektronische Systeme

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

- Tracer (ELYMAT))
- Particle counter
 - Fourier transformation infrared spectroscopy (TTIR)
 - thermo-desorption
 - defect inspection of unpatterned wafer surfaces
 - microscope with digital image processing

Software Tools

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

Computers

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



Contact and Further Information

Public Relations

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

Application and Service Center for Microsystems Technology

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

Technology Simulation

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

Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods

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

Technology

Priv.-Doz. Dr. Lothar Frey
Phone: +49 (0) 9131 761-320
Fax: +49 (0) 9131 761-360
lothar.frey@iisb.fraunhofer.de

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

Crystal Growth

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

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

Power Electronic Systems

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

Mitarbeiterentwicklung

2004 beschäftigte das IISB 102 Mitarbeiter. Fig. 3 zeigt die Entwicklung des Personalstandes seit 1994.

Staff Development

In 2004, IISB had 102 employees. Fig. 3 shows the staff development since 1994.

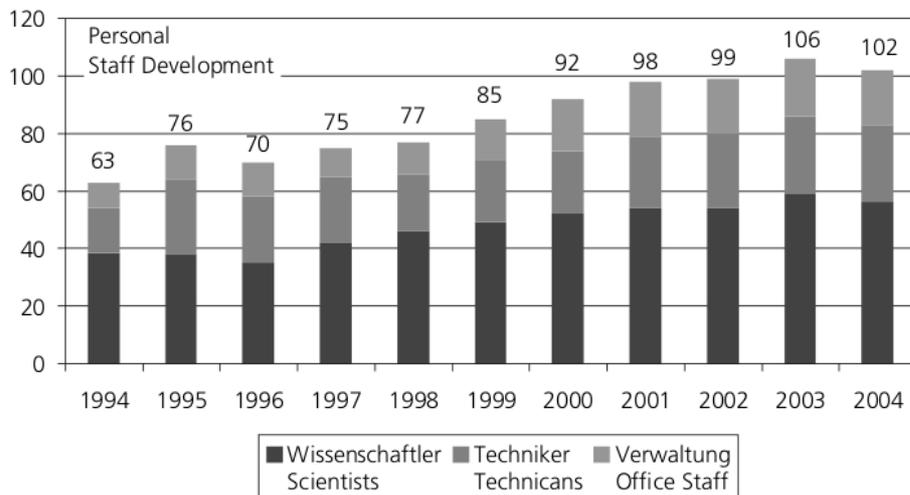


Fig. 3: Personalentwicklung 1994 - 2004; Staff development 1994 - 2004.

Betriebshaushalt

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

Budget

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

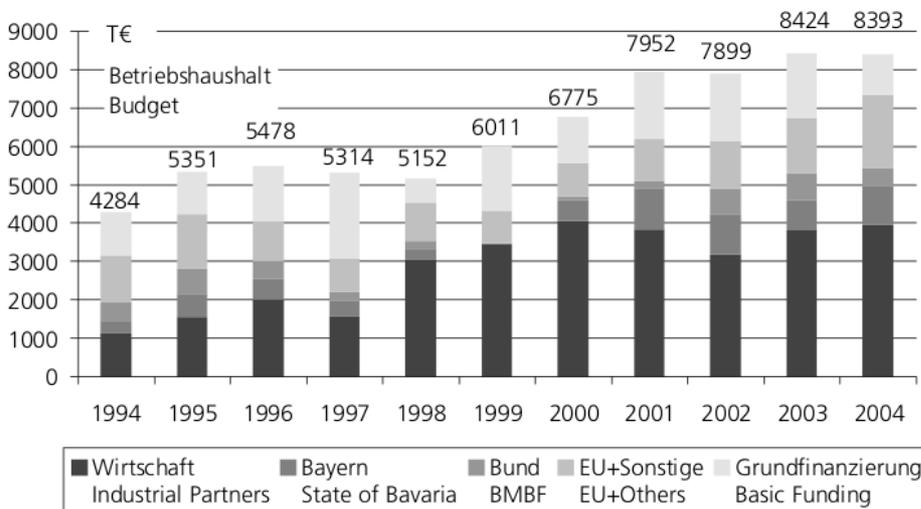


Fig. 4: Entwicklung des Betriebshaushaltes; Budget development IISB.

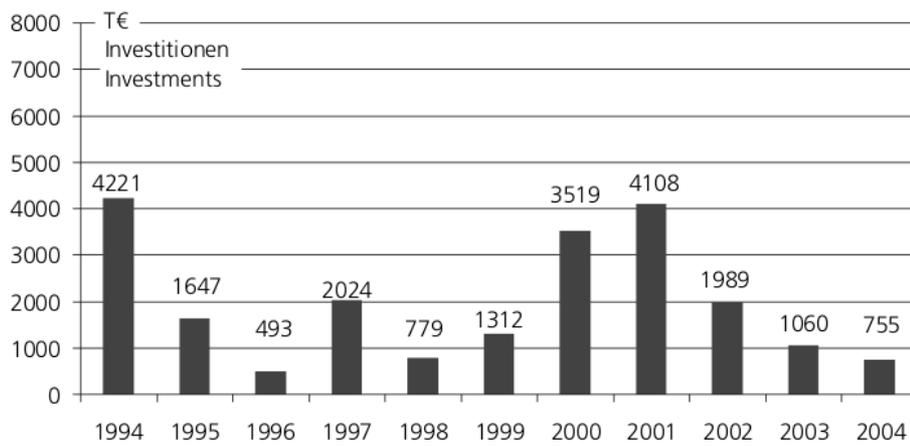


Fig. 5: Entwicklung des Investitionshaushaltes;
Development of investments.

Die Forschungsorganisation

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

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

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

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

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

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

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

Ihren Namen verdankt die Gesellschaft dem als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreichen Münchner Gelehrten Joseph von Fraunhofer (1787-1826).

Die Forschungsgebiete

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

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

Die Zielgruppen

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

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

Das Leistungsangebot

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

The Research Organization

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

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

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

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

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

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

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

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

The Research Fields

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

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

- Technical and economic studies, information transfer

The Research Clients

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

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

The Range of Services

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

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

Die Vorteile der Vertragsforschung

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

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

Der Weg zur Zusammenarbeit mit der Fraunhofer-Gesellschaft

Die zentrale Anschrift lautet:

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

Dem Vorstand gehören an:

Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger, Präsident
(Unternehmenspolitik und Forschung)
Dr. Alfred Gossner
(Finanzen und Controlling)
Dr. Dirk-Meints Polter
(Personal und Recht)
Prof. Dr. Dennis Tschritzis
(International Business Development)

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

Franz Miller
Telefon: +49 (0) 89/12 05-1300
miller@zv.fraunhofer.de

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

The Advantages of Contract Research

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

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

Working together with the Fraunhofer-Gesellschaft

The central address is:

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

The Members of the Executive Board:

Prof. Dr. Hans-Jörg Bullinger
(Corporate Management and Research)
Dr. Alfred Gossner
(Finance and Controlling)
Dr. Dirk-Meints Polter
(Human Resources and Legal Affairs)
Prof. Dr. Dennis Tschritzis
(International Business Development)

Press and Public Relations:

Franz Miller
Phone: +49 (0) 89 1205-1300
miller@zv.fraunhofer.de

Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik

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

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

Fraunhofer Alliance Microelectronics

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

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

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

Fraunhofer-Institut / Fraunhofer Institute	Ort / Location	Leitung / Director
Angewandte Festkörper Physik IAF / Applied Solid State Physics IAF	Freiburg	Prof. Dr. Günter Weimann
Digitale Medientechnologie IDMT / Digital Media Technology IDMT	Ilmenau (Gastinstitut) / (guest institute)	Prof. Dr. Karlheinz Brandenburg
Heinrich-Hertz-Institut für Nachrichtentechnik HHI Heinrich-Hertz-Institut HHI	Berlin	Prof. Dr. Joachim Hesse
Integrierte Schaltungen IIS / Integrated Circuits IIS	Erlangen, Nürnberg, Fürth Dresden	Prof. Dr. Heinz Gerhäuser
Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie IISB / Integrated Systems and Device Technology IISB	Erlangen, Nürnberg	Prof. Dr. Heiner Ryszel
Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS / Microelectronic Circuits and Systems IMS	Duisburg	Prof. Dr. Günter Zimmer
Photonische Mikrosysteme IPMS / Photonic Microsystems IPMS	Dresden	Dr. Hubert Lakner
Siliciumtechnologie ISIT / Silicon technology ISIT	Itzehoe	Prof. Dr. Anton Heuberger
Systeme der Kommunikationstechnik ESK / Communications Systems ESK	München	Dr. Rudi Knorr
Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM / Reliability and Microintegration IZM	Berlin, München, Teltow Chemnitz, Paderborn, Oberpfaffenhofen	Prof. Dr. Herbert Reichl Vorsitzender des Verbundes/Chairman

Die Standorte der Forschungseinrichtungen

Locations of the Research Facilities



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

Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Technologiesimulation

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

Die Abteilung war auch 2004 stark in europäischen Verbundprojekten vertreten. Einerseits konnten vier von der EU geförderte Projekte erfolgreich abgeschlossen werden: UPPER+, FRENDETECH, MULSIC und NESTOR. Beim vom IISB koordinierten Projekt UPPER+ handelte es sich um eine „User Group“, in der primär führende europäische Halbleiterfirmen gemeinsame Spezifikationen zur Prozeß- und Bauelementesimulation erarbeitet haben. Weitere Informationen werden auf den Internetseiten des IISB gegeben. Die Arbeiten des IISB im Projekt NESTOR (siehe Jahresbericht 2003) zur Entwicklung neuartiger CMOS-Bauelementearchitekturen auf SOI-Substraten bestanden in der Untersuchung und Optimierung dieser Bauelemente mittels gekoppelter dreidimensionaler Prozeß- und Bauelementesimulation. Demgegenüber wurden in den vom IISB koordinierten Projekten FRENDETECH und MULSIC (siehe separate Fachbeiträge) Simulationsmodelle und -programme entwickelt.

Andererseits wurden drei neue europäi-

sche Verbundprojekte begonnen bzw. akquiriert: Im Januar 2004 begann das integrierte Projekt „More Moore“ (siehe separater Fachbeitrag), in dem Verfahren zur extremen Ultraviolett lithographie (EUV) entwickelt werden. Im März 2004 begann das integrierte Projekt NANOCMOS, an dem insgesamt drei Abteilungen des IISB beteiligt sind. Gegenstand von NANOCMOS ist die Entwicklung von Technologien und Bauelementen für die zukünftigen 45 und 32 nm-Technologieknoten. Basierend auf seinen Vorarbeiten zur Entwicklung von Simulationsmodellen und -programmen u.a. in den Projekten MAGIC_FEAT (siehe Jahresbericht 2003), FRENDETECH und MULSIC nutzt das IISB in NANOCMOS die gekoppelte Prozeß- und Bauelementesimulation zum Verständnis und zur Optimierung von Dotierungsschritten, Transistorarchitekturen und Verbindungsstrukturen, wobei sich die Arbeiten von einzelnen pn-Übergängen bis zur Beschreibung von Schaltungen durch aus der Simulation extrahierte SPICE-Parameter erstrecken. Des Weiteren konnte Ende 2004 mit der „Specific Support Action“ (SSA) „Strategic User Group for European Research on TCAD“ (SUGERT) ein Nachfolgeprojekt von UPPER+ akquiriert werden, das dessen thematischen Bereich erweitert und von der EU als wichtiger Beitrag zum strategischen Konzept des europäischen Forschungsraums (ERA) gesehen wird. SUGERT beginnt zum 1. Februar 2005 und ergänzt unter anderem auch die Arbeiten des IISB im Rahmen der International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS).

Ein wichtiger Schwerpunkt der deutschen Forschungsförderung auf dem Gebiet der Nanoelektronik liegt zur Zeit auf dem Gebiet der optischen Lithographie. Im Zusammenhang mit der Gründung des Maskenzentrums AMTC in Dresden durch Infineon, AMD und Dupont wurde 2003 mit dem Projekt

„Abbildungsmethodiken für nanoelektronische Bauelemente“ ein strategisch wichtiges Verbundprojekt von der Industrie vorbereitet. Es wird seit Herbst 2004 vom BMBF gefördert. Das IISB leistet zu den Entwicklungen in diesem Projekt im Unterauftrag von AMTC und Infineon umfangreiche Beiträge, indem es seine Lithographiesimulationsprogramme anpaßt und anwendet, um Masken und Prozeßabläufe zu optimieren. Die zur Zeit und absehbar auch in den nächsten Jahren sehr große Bedeutung der optischen Lithographie einschließlich ihrer Simulation zeigt sich auch in weiteren Kooperationen der Abteilung jenseits dieses Projekts, sowie im weiter steigenden Erfolg der weltweiten Vermarktung des Lithographiesimulators SOLID-C, dessen Kern vom IISB entwickelt wurde, durch das Münchner Softwarehaus SIGMA-C.

Diese Erfolge in der Anwendung der Simulation haben auch zu einem sehr großen Anteil an Industrieerträgen geführt: 2004 konnte sogar gut die Hälfte der Kosten durch Industrieerträge gedeckt werden. Um diese Erfolge in der Anwendung der Simulation auch in Zukunft fortsetzen zu können, wird die Abteilung weiterhin große Anstrengungen unternehmen, die zugrundeliegenden physikalischen Modelle und Simulationsprogramme zu verbessern und zu erweitern.

Ansprechpartner

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

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

The Technology Simulation department develops physical models and programs for the simulation of semiconductor fabrication processes, equipment and devices. Furthermore, it transfers these results into application, both through direct cooperations especially with semiconductor companies but also with other research institutes, and through commercialization of its simulation programs via software houses. A key factor for the success of the department is its actively initiated cooperation with industrial users and other research establishments.

Also in 2004, the department has been strongly involved in European compound projects. On the one hand, four projects funded by the EC were successfully finished: UPPER+, FRENDETECH, MULSIC and NESTOR. UPPER+ was a user group coordinated by IISB, in which consolidated specifications for process and device simulation were worked out primarily by leading European semiconductor companies. Further information on UPPER+ is given on the IISB WWW. NESTOR (see the IISB Annual Report for 2003) dealt with the development of novel CMOS devices on SOI substrates. The activities of IISB in NESTOR were dedicated to the investigation and optimization of these devices by coupled three-dimensional process and device simulation. In FRENDETECH and MULSIC (see separate contributions in this report), physical models and simulation programs were developed.

On the other hand, three new European compound projects were developed or acquired: In January, the integrated project "More Moore" (see sep-

arate contributions in this report) was started in which technologies for Extreme Ultraviolet Lithography (EUV) are being developed. In March 2004, the integrated project NANOCMOS was started, in which three departments of IISB are involved. The subject of NANOCMOS is the development of technologies and devices for future 45 and 32 nm technology nodes. Based on its background work on the development of simulation models and programs e.g. in the EC projects MAGIC_FEAT (see the IISB Annual Report for 2003), FRENDETECH and MULSIC, the IISB simulation department in NANOCMOS utilizes coupled three-dimensional process and device simulation for the investigation and optimization of doping steps, transistor architectures and interconnects. Here, the activities range from single pn junctions to the simulation of circuits via SPICE parameters extracted from simulation. Furthermore, at the end of 2004 the Specific Support Action (SSA) "Strategic User Group for European Research on TCAD" (SUGERT) was acquired, which extends the scope of UPPER+ and is considered by the EC as an important contribution to the strategic concept of the European Research Area (ERA). SUGERT starts in February 2005 and, among others, complements the activities of IISB within the International Technology Roadmap for Semiconductors ITRS.

A key topic of German research funding in the area of nanoelectronics is currently the area of optical lithography. In connection with the founding of the mask center AMTC in Dresden by Infineon, AMD and Dupont, the project "Abbildungsmethodiken für nanoelektronische Bauelemente" (imaging methods for nanoelectronic devices) has been prepared as a strategically important compound effort by industry, and is being funded since fall 2004 by the BMBF. IISB strongly contributes to

this project as subcontractor of AMTC and Infineon by adapting and applying its lithography simulation programs to the optimization of masks and lithography processes. Lithography and its simulation has currently and in foreseeable future a very high importance. This is also demonstrated by the large amount of cooperations of the department in this area, and by the further increasing commercial success of the lithography simulator SOLID-C which is based on the physical simulation kernel developed by IISB.

These success stories of the department have also led to a large share of revenues from industrial contracts in the budget of the department: In 2004, even more than half of the costs of the department were covered by income from industry. In order to be able to continue this success in the application of simulation, the department will continue its large efforts in the development and extension of the physical models and simulation programs needed.

Contact

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

FRENDTECH und die Modellierung ultraflacher pn-Übergänge

Einleitung

Die numerische Simulation der Herstellung und des elektrischen Verhaltens von elektronischen Bauelementen (Technology Computer-Aided Design, TCAD) ist seit Jahren ein bewährtes Mittel zur Senkung von Entwicklungskosten und -zeiten in der Halbleiterindustrie. Laut der allgemein anerkannten „International Technology Roadmap for Semiconductors“ spart TCAD bereits jetzt 35 % der Entwicklungskosten ein und es wird erwartet, daß dieser Anteil noch steigt. Durch die immer zunehmende Miniaturisierung ist es jedoch ständig notwendig, die verwendeten Modelle zu verbessern, um diesem Anspruch gerecht werden zu können.

FRENDTECH – ein europäisches Vorzeigeprojekt

Um sicherzustellen, daß die benötigten Modelle der europäischen Halbleiterindustrie auch zur Verfügung stehen, wurde das europäische Projekt FRENDTECH (Front-End Models for Silicon Future Technology) im Oktober 2000 von den in der ESPRIT-Benutzergruppe UPPER organisierten führenden europäischen Halbleiterherstellern direkt initiiert. Unter Federführung des IISB wurde es im 5. Rahmenprogramm der EU eingereicht, und die Arbeiten konnten im September 2001 beginnen.

Neben dem IISB, das auch durch Dr. P. Pichler die Koordinierung des Projekts übernommen hatte, wirkten in FRENDTECH zehn weitere europäische Partner mit: CEMES/CNRS in Toulouse (F), CNR-IMM in Catania (I), IMEL/NCSR „Demokritos“ in Athen (GR), ISEN in Lille (F), ISE AG in Zürich (CH), MTA-MFA in Budapest (H), Philips in Leuven (B), UMR8520/CNR in Lille, und die Universitäten von Southampton (UK) und Surrey (UK). Mit einer Fülle von Erkennt-

nissen und Modellen zur Simulation der Aktivierung und Diffusion von Dotieratomen in Silicium, SiGe und Germanium, die zum großen Teil über die Software-Plattform FLOOPS von ISE AG (inzwischen Synopsis) kommerziell verfügbar sind, sowie mehr als 40 Veröffentlichungen und allein 14 eingeladenen Vorträgen auf internationalen Konferenzen (inkl. IEDM 2004) konnte FRENDTECH die in es gesetzten Erwartungen weit übertreffen.

Ultraflache pn-Übergänge

Im Rahmen von FRENDTECH arbeiteten die Mitarbeiter des IISB, allen voran Dr. Christophe Ortiz, an Modellen für die Aktivierung und Diffusion von Bor nach Ionenimplantation und Ausheilung. Dabei gelang es in einem ersten Schritt, ein Modell für die Agglomeration von Eigenzwischengitteratomen zu erstellen, das in der Lage ist, eine große Anzahl von beobachteten komplementären Phänomenen zu beschreiben. Fig. 1 zeigt exemplarisch eine Simulation der Tiefenverteilung von ausgedehnten Defekten nach Ionenimplantation und Ausheilung bei 740 °C. In einem zweiten Schritt konnten durch spezielle Experimente die energetischen Eigenschaften von Bor-Eigenzwischengitteratomkomplexen in Silicium ermittelt werden. Diese beschränken die elektrische Aktivierung nach der Ionenimplantation und stellen so ein wesentliches Hindernis für die weitere Miniaturisierung dar. In einem dritten Schritt wurden die Modelle schließlich kombiniert und zur Simulation der Fabrikation von ultraflachen pn-Übergängen eingesetzt. Das Beispiel in Fig. 2 zeigt die Simulation eines aktuellen Prozesses, der uns von Mattson Thermal Products in Dornstadt zur Verfügung gestellt wurde.

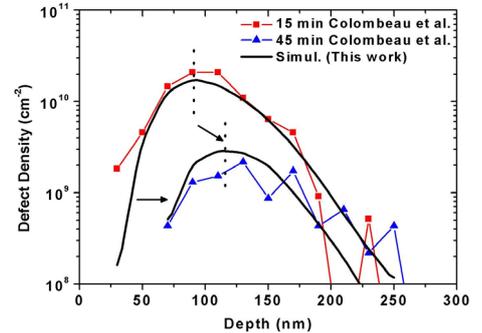


Fig. 1: Simulation der Tiefenabhängigkeit der Dichte von ausgedehnten Defekten nach Ionenimplantation und Ausheilung bei 740 °C und Vergleich mit dem Experiment; Simulation of the depth dependence of the density of extended defects after ion implantation and annealing at 740 °C in comparison to experimental data.

Ansprechpartner

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

FRENDTECH and the Modeling of Ultra-Shallow pn Junctions

Introduction

For years, the numerical simulation of processing and electrical behavior of electronic devices (Technology Computer-Aided Design, TCAD) has been a well-established tool for the reduction of development costs and time in the semiconductor industry. According to the generally accepted "International Technology Roadmap for Semiconductors", TCAD reduces the development costs already now by 35% and it is expected that this figure increases in future. However, due to the ever increasing miniaturization, continuous efforts are necessary to improve the models used in order to live up to these expectations.

FRENDTEC – a European showcase

To make sure that the models needed are available for the European semiconductor industry when needed, the European project FRENDTECH (Front-End Models for Silicon Future Technology) was initiated in October 2000 directly by the leading European semiconductor companies organized in the ESPRIT User Group UPPER. Lead-managed by the IISB, it was submitted within the 5th Framework of the EU and work could be started in September 2001.

Besides IISB, which by Dr. P. Pichler coordinated the project, ten other European partners contributed: CEMES/CNRS in Toulouse (F), CNR-IMM in Catania (I), IMEL/NCSR "Demokritos" in Athens (GR), ISEN in Lille (F), ISE AG in Zurich (CH), MTA-MFA in Budapest (H), Philips in Leuven (B), UMR8520/CNR in Lille, and the Universities of Southampton (UK) and Surrey (UK). FRENDTECH could exceed all expectations by far with a wealth of experimental results and models for the simulation of the activation and diffusion of dopant at-

oms in silicon, silicon-germanium alloys, and germanium which for the large part are commercially available within the software platform FLOOPS of the partner ISE AG (now Synopsis) with more than 40 publications in journals and conference proceedings and alone 14 invited presentations at international conferences (incl. IEDM 2004).

Ultra-shallow pn Junctions

Within FRENDTECH, the scientists at the IISB, in particular Dr. Christophe Ortiz, worked on models for the activation and diffusion of boron after ion implantation and annealing. In a first step, it was possible to establish a unified model for the agglomeration of self-interstitials which was able to reproduce a large number of complementary experimental phenomena. As an example, fig. 1 shows a simulation of the depth distribution of extended defects after ion implantation and annealing at 740 °C. In a second step, a dedicated experimental set-up could be used to extract the energetic properties of boron interstitial clusters in silicon. These clusters are known to limit the electrical activation after ion implantation and thus are a considerable obstacle for further miniaturization. In a third step, the models were finally combined to enable the simulation of the fabrication of ultra-shallow pn junctions. The example in fig. 2 shows the simulation of a state-of-the-art process provided by Mattson Thermal Products in Dornstadt, Germany.

Contact

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

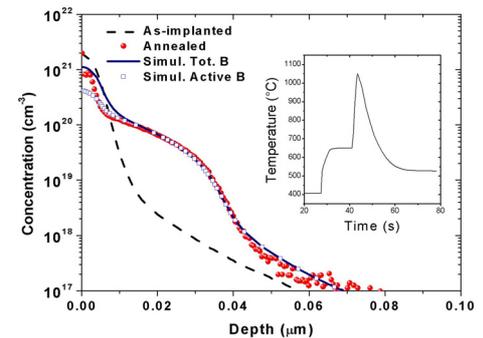


Fig. 2: Simulation der Diffusion von Bor während einer "Spike"-Ausheilung. Der Temperaturverlauf ist als Insert zu sehen; Simulation of the diffusion of boron during spike annealing. The temperature profile is shown as insert.

Einleitung

Mit abnehmenden Strukturdimensionen in integrierten Schaltungen nimmt die Bedeutung der Verbindungsstrukturen (der sogenannten Interconnects) zu. Dies gilt sowohl hinsichtlich der Geschwindigkeit als auch hinsichtlich der Zuverlässigkeit der Schaltungen. Wie auch in anderen Bereichen der Halbleitertechnologie und -meßtechnik können Simulationen hier eingesetzt werden, um Zeit und Kosten zu sparen. Im von der EU geförderten Projekt MULSIC wurden Module entwickelt, deren Anwendungsgebiet die Prozeßtechnologie, das elektrische Verhalten und die Zuverlässigkeit der Interconnects ist. Partner im Projekt waren neben dem IISB als Koordinator das Züricher Softwarehaus ISE AG und die TU Wien.

Das Projekt MULSIC

Die industriellen Spezifikationen und Benchmark-Beispiele wurden von ISE AG erarbeitet, ergänzt durch ein Industrial Advisory Board, in dem namhafte europäische Halbleiterfirmen vertreten waren.

Auf dem Gebiet der Topographie-Simulation wurden vom IISB Module neu- bzw. weiterentwickelt, die dazu dienen, die 3D-Topographie als Ausgangspunkt für die Simulation des elektrischen Verhaltens und der Zuverlässigkeit zu generieren. Abgedeckt werden die Schritte Ätzen, Abscheidung und chemisch-mechanisches Polieren. Die Module basieren auf physikalischen Modellen, die zur Bestimmung der lokalen Abtrags- bzw. Aufwachsrate ausgewertet werden.

Um neuesten Generationen von integrierten Schaltungen gerecht zu werden, müssen elektrische Simulatoren in gekoppelter Weise elektrische, mecha-

nische und thermische Effekte berücksichtigen. Die Software-Module der TU Wien wurden dazu im Rahmen des Projekts entsprechend erweitert, so daß sie zur Simulation des elektrischen, elektrophysikalischen und mechanischen Verhaltens von Interconnects verwendet werden können. Ausgehend von diesen Ergebnissen können mittels ebenfalls im Projekt entwickelter Simulationen Aussagen über Zuverlässigkeitsaspekte (hinsichtlich Elektromigration) getroffen werden.

Integriert wurden die Simulationsmodule im Rahmen der TCAD-Suite von ISE, basierend auf dem in dieser Umgebung verwendeten Datenformat. Dies erlaubt die Kopplung der MULSIC-Module sowohl untereinander als auch mit anderen ISE-TCAD-Programmen, wie zum Beispiel leistungsfähigen Gittergeneratoren oder Programmen zur Dotierungs- oder Bauelementesimulation. Um dem Benutzer die Interaktion mit den MULSIC-Modulen möglichst effizient und komfortabel zu gestalten, wurden entsprechende Benutzer-Schnittstellen (mit grafischer Oberfläche) weiterentwickelt und für die

MULSIC-Programme nutzbar gemacht. Auch erlauben es diese Schnittstellen, z.B. Parameterstudien und -analysen in effizienter Weise durchzuführen.

Verschiedene industrielle Benchmarks dienen zur Evaluation der entwickelten Module. Besonders wichtig ist hier der Einfluß von Prozeßeffekten auf das elektrische Verhalten oder auf die Zuverlässigkeit, der mit den entwickelten Programmen systematisch studiert werden kann. Am kritischsten ist dieser Einfluß in den Regionen nahe dem Substrat, d.h. im Bereich der Bauelemente und lokalen Interconnects, weil hier die Abweichungen von idealen Geometrien am größten sind (im Vergleich zu den höheren Metallisierungsebenen). Beispiele für Simulationen mit den MULSIC-Modulen sind in Fig. 1 und 2 gezeigt.

Ansprechpartner

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

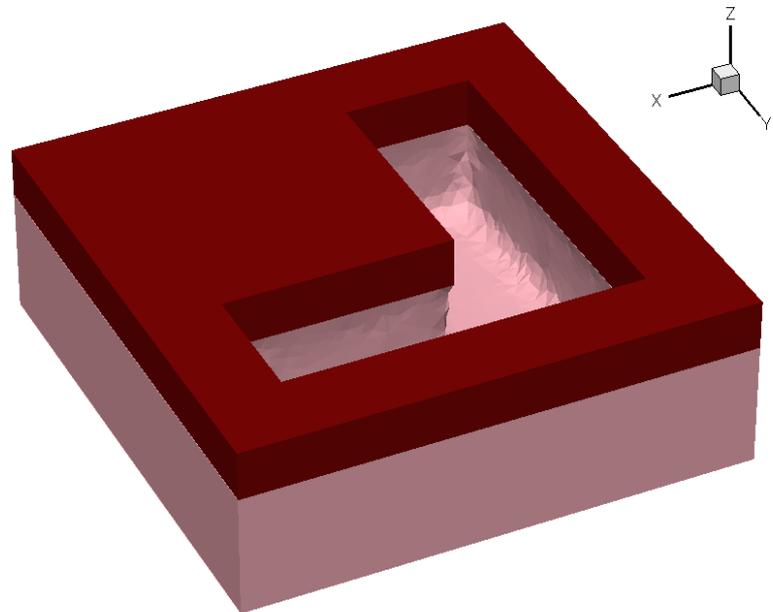


Fig. 1: 3D-Simulation eines Graben-Ätzprozesses mit dem am IISB entwickelten Modul ANETCH; 3D simulation of trench etching with the tool ANETCH developed at IISB.

Introduction

With decreasing feature sizes of integrated circuits, the relative importance of interconnects is increasing. This refers to performance as well as to reliability (electromigration) issues. As in various fields of semiconductor process technology and electrical characterization, simulation tools help in reducing time and costs required for development and optimization of technology or design. Within MULSIC, simulation tools have been developed or improved that have their application in process technology and in electrical and reliability behavior of interconnects. The partners of the project were Fraunhofer IISB (coordinator), the software house ISE AG (Zurich), and TU Vienna.

The MULSIC Project

The work was guided by industrial specifications that have been worked out by the software house partner ISE AG. This was complemented by the

involvement of an industrial advisory board consisting of European semiconductor companies, which also contributed to specifications and provided relevant benchmark cases.

Within the workpackage "Topography Simulation", tools have been (further) developed by IISB that allow simulation of the 3D topography as needed as input to electrical characterization or reliability evaluation. This comprises capabilities for the simulation of etching, deposition, and chemical-mechanical polishing (CMP) steps. Within these modules, physical models are used to determine the local rates for etching, deposition, or polishing.

To keep pace with contemporary technology requirements, simulation tools for electrical characterization of interconnects have to include coupled electrical, mechanical and thermal simulations. Therefore, within the workpackage "Simulation of Electrical Properties and Reliability", existing software tools of TU Vienna have been improved and extended, making them applicable for

the simulation of electrical, electro-thermal, and mechanical properties for relevant portions of interconnect layouts. In addition, based on the results of these simulation tools, modules have been implemented that allow the evaluation of reliability issues (such as estimation of mean-time-to-failure) resulting from electromigration.

All software modules are integrated in the TCAD framework of ISE via the data format used therein, which therefore allows coupling between the MULSIC modules as well as with other tools available within the ISE software suite (or external ones that can be interfaced with the ISE software), e.g. modules for simulation of doping processes, for electrical device simulation, or for performing surface or volume meshing. Furthermore, tools for efficient user interaction, for performing parametric studies or variational analysis as provided within the ISE TCAD suite can be used for running simulation scenarios with the MULSIC tools.

The modules have been applied to different industrial benchmark cases. Particularly important is the capability of the MULSIC modules to allow study of the effect of process-related variations of the topography on the electrical and reliability behavior. This is most relevant for the local level of interconnects where the smallest feature sizes occur (in comparison to the higher metallization levels) and therefore small topography variations can already have a severe impact on electrical and reliability issues. In fig. 1 and 2, two examples for simulations with the MULSIC tools are displayed.

Contact

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

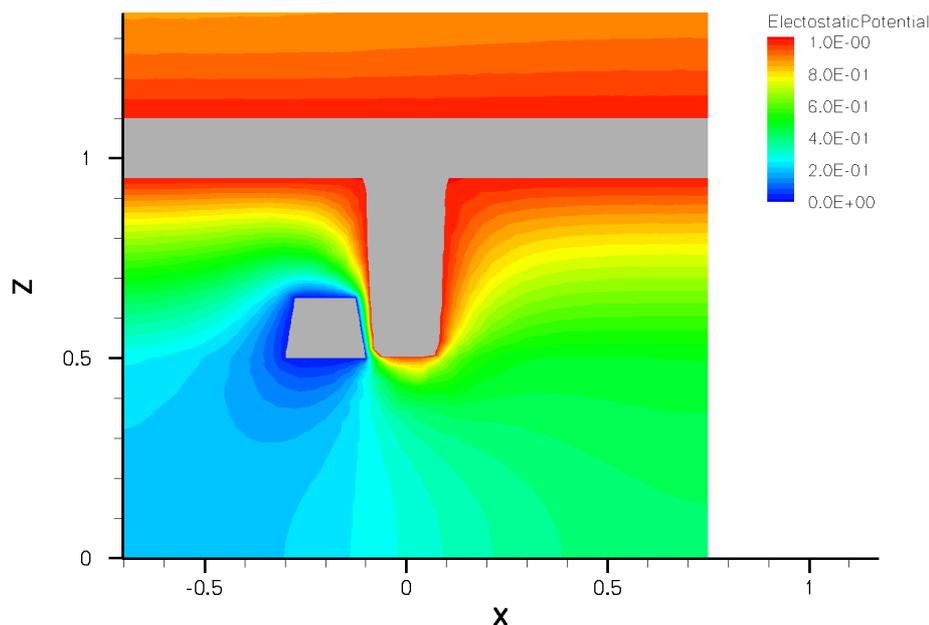


Fig. 2: Ergebnis einer gekoppelten dreidimensionalen Simulation mit den MULSIC-Modulen von Prozessierung und elektrischem Verhalten: Querschnitt durch die simulierte Struktur; Result of a coupled three-dimensional simulation with the MULSIC modules of processing and electrical behavior: cross section of the simulated structure.

Simulationen zum besseren Verständnis der EUV-Lithographie

Gemäß der aktuellen ITRS Roadmap ist die EUVL (extreme ultraviolet lithography, 13,5 nm Wellenlänge)-Technologie zusammen mit der 193 nm Immersionstechnologie die favorisierte Lösung für den 45 nm-Knoten. Eine entsprechende Massenfabrikation auf diesem Knoten wird von der Industrie im Jahr 2010 / 2013 erwartet. Das integrierte europäische Projekt „More Moore“ wurde ins Leben gerufen, um Ziele jenseits dieses Knotens zu erreichen. Aufgabe der Forschung ist es, die Grenzen der Lithographie zu erweitern und die Anforderungen für den 22 nm-Knoten zu erfüllen bzw. zu übertreffen. Die Gruppe Lithographiesimulation des Fraunhofer IISB ist in diesem Projekt für das Arbeitspaket EUV-Simulationen verantwortlich. Hauptaufgabe der Arbeiten ist die Neuentwicklung und Evaluierung verschiedener Modellansätze zur Simulation der EUV-Technologie im Bereich des 22 nm Knotens.

Fig. 1 zeigt die schematische Darstellung eines EUV-Lithographiesystems. Die Simulation der optischen Elemente eines solchen Systems ist in zwei Bereiche unterteilt: Die Maskennahfeldsimulation zur Berechnung des reflektierten Lichtes unmittelbar über einer beleuchteten EUV-Maske („mask“ in Fig. 1) und die Simulation der Abbildung zur Beschreibung der Transformation des Maskennahfeldes durch das Abbildungssystem („aperture“ und „mirrors“ in Fig. 1) bis hin zum Wafer („wafer“ in Fig. 1).

Zur Maskennahfeldsimulation wird eine sogenannte rigorose elektromagnetische Feldberechnung durchgeführt. Diese basiert sowohl auf einem bereits vorhandenen Modell als auch auf einem innerhalb des „More Moore“-Projektes neu entwickelten Ansatz. Aufgrund der Größenverhältnisse zwischen Beleuchtungswellenlänge und Maskenstrukturdicke (z. B. 13,5 nm / 80 nm)

sowie der schrägen Beleuchtung der Maske muß diese sehr komplexe und zeitaufwendige Methode angewendet werden. Signifikante Beugungs- und Polarisations-effekte, die nur hiermit ausreichend genau beschrieben werden können, sind zu erwarten.

Um eine ausreichend hohe Reflektivität bei 13,5 nm zu erreichen, bestehen die Maske und sämtliche Spiegel aus sogenannten Multilayern, jeweils aus etwa 40 ca. 7 nm dicken Molybdän / Silicium-Doppelschichten zusammengesetzt, die ca. 70 % des auftreffenden Lichtes reflektieren. Kritischster Teil der Maskennahfeldsimulation ist die Berechnung von Multilayerstrukturen, die durch eingeschlossene Fremdpartikel (Defekte, etwa 30 nm groß) deformiert sind. Eine mit unserem Simulationssystem durchgeführte Studie zur Untersuchung der Auswirkung solcher Defekte zeigt deutlich die signifikante Wirkung der Defektgröße, Defektposition und der defektbedingten Multilayerdeformation auf den gesamten Lithographieprozeß. Fig. 2 vergleicht exemplarisch das simulierte reflektierte Licht über einem defektfreien und einem defektbehafteten Bereich einer EUV-Maske. Links ist die Lichtverteilung in der defektfreien Umgebung eines 50 nm x 50 nm Absorbers (weißes Rechteck) zu sehen. Rechts wird die gleiche Situation jedoch mit einem zusätzlichen Defekt (Größe 30 nm) gezeigt (Defektposition durch Pfeil markiert). Ein deutlicher Unterschied aufgrund des Defektes ist klar zu erkennen.

Zur Simulation der Abbildung wird die Theorie der Fourier-Optik angewendet. Im Gegensatz zur Maskennahfeldsimulation, welche zur extrem genauen Lichtberechnung in kleinen Volumina (z. B. 400 nm x 400 nm x 400 nm bei einer typischen EUV-Simulation) geeignet ist, wird die Abbildungssimulation für große Gebiete, wie z. B. für das gesamte Abbildungssystem („aperture“

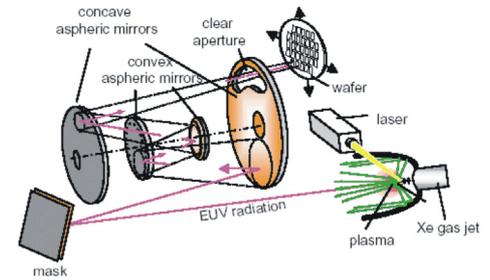


Fig. 1: Schematische Darstellung eines EUV-Lithographiesystems:

Schematic view of an EUV lithography system;

und „mirrors“ in Fig. 1), verwendet. Innerhalb des „More Moore“-Projektes wurde dieses Abbildungsmodell auf eine vollständig vektorielle Beschreibung der Lichtausbreitung erweitert. Eine damit durchgeführte Studie zur Untersuchung von Polarisations-effekten durch Masken und Systeme mit hoher numerischer Apertur zeigt deutlich die unterschiedlichen Ursachen solcher Polarisations-effekte in einem Lithographiesystem sowie deren Auswirkung auf den gesamten lithographischen Prozeß.

Ansprechpartner

Dr. Peter Evanschitzky
Telefon: +49 (0) 9131 761-259
peter.evanschitzky
@iisb.fraunhofer.de

Simulations for Better Understanding of EUV Lithography

According to the current ITRS roadmap, EUVL (extreme ultraviolet lithography, operating at 13.5 nm wavelength) and 193 nm immersion lithography are the favored solutions for the 45 nm node. Industry expects introduction in mass production of 45 nm node in 2010 / 2013, requiring the research groups to develop the technology starting in 2007. The integrated European research project "More Moore" is designed to meet requirements beyond this roadmap for all issues. The research will push the limits of lithography to meet and exceed the requirements for the 22 nm node. The lithography simulation group of FhG IISB is involved in the "More Moore" project work package "Simulation for EUV imaging". A basic objective of this work package is the development and evaluation of different simulation approaches for a predictive modeling of EUV imaging technology for sub-22 nm features.

Fig. 1 shows a schematic view of an EUV lithography system. The optical simulation of the system is split into two parts: The mask-near field simulation for the computation of the reflected light directly above the illuminated EUV mask ("mask" in fig. 1) and the imaging simulation for the transformation of the mask-near field via the imaging system (aperture and all mirrors in fig. 1) into the image plane directly above the wafer ("wafer" in fig. 1).

Part one of the simulation system, the mask near field computation, is realized by a so-called rigorous electromagnetic field (EMF) computation based both on an already available model and on a new model developed within the "More Moore" project. This very complex and time-consuming computation method is required because of the large ratio between the mask feature thickness and the illumination wavelength

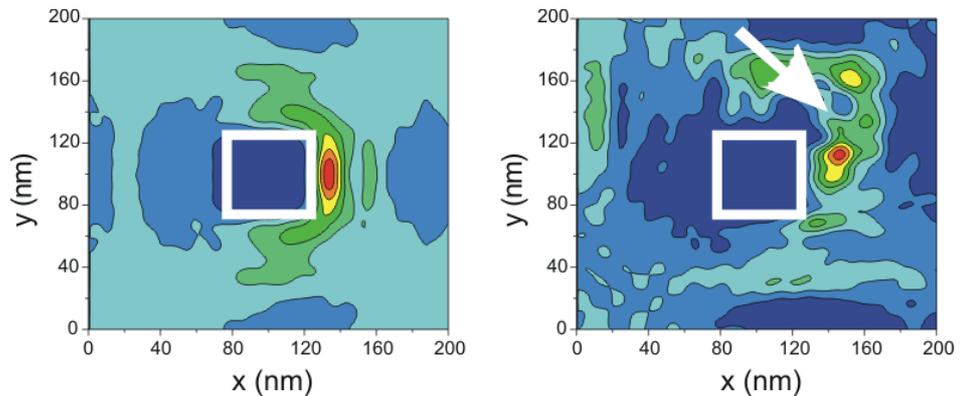


Fig. 1: Schematische Darstellung eines EUV-Lithographiesystems
Schematic view of an EUV lithography system;

(e. g. 80 nm / 13.5 nm) and because of the oblique illumination of the mask. Significant diffraction and polarization effects are to be expected, which can only be described properly by a rigorous EMF computation.

In order to achieve a high reflectivity at 13.5 nm wavelength, the mask and all mirrors consist of about 40 approximately 7 nm thick molybdenum / silicon double layers, so-called multilayers, with a reflectivity of about 70%. One of the most critical parts of the mask-near field computation is the description and simulation of a deformed multilayer structure caused by a defect particle (size e. g. 30 nm) inside the structure. A study on the impact of EUV multilayer defects on the lithographic process performance, based on our simulation system, points out the significant effects of the defect position, defect size, and defect-caused multilayer deformation. Fig. 2 exemplarily compares the simulated reflected light directly above a defect-free and a defective part of an EUV mask. The left image shows the light distribution in the defect free vicinity of a 50 nm x 50 nm absorber (white rectangle). The right image shows the same situation with an additional multilayer defect (defect position indicated by the arrow, defect size 30 nm). The significant difference between the two results, only caused by the defect, can be clearly seen.

The second part of the simulation system, the imaging simulation, is based on the so-called Fourier optics. Compared to the mask-near field computation which is qualified for the computation of light propagation with maximum accuracy in a small volume (e. g. 400 nm x 400 nm x 400 nm for a typical EUV-near field simulation), the imaging simulation is adapted for the simulation of "larger" areas like the whole imaging system (aperture and all mirrors in fig. 1.). Within the "More Moore" project, an extension of this model with a completely vectorial description of light propagation was performed. A detailed study on high-NA (numerical aperture) and mask-induced polarization effects, performed with the new model, points out the different causes of polarization effects inside a lithography system and demonstrates their impact on the lithographic process performance.

Contact

Dr. Peter Evanschitzky
Phone: +49 (0) 9131 761-259
peter.evanschitzky
@iisb.fraunhofer.de

Auswirkung von Defekten in der optischen Lithographie

Einleitung

Seit Oktober 2003 kooperiert die Gruppe Lithographiesimulation des IISB innerhalb des vom BMBF geförderten Verbundprojekts „Abbildungsmethodiken für nanoelektronische Bauelemente“ (www.nano-abbild.de) mit dem AMTC in Dresden.

Die Arbeit am IISB beinhaltet die Simulation fortschrittlicher Lithographieverfahren, um die Entwicklung zukünftiger Technologieknoten zu unterstützen. Unter anderem wird der Einfluß verschiedener Maskendefektypen und Defektgrößen untersucht, um Defektauswirkungsranglisten zu erstellen. Diese Ranglisten geben Auskunft über das Abbilden von Defekten und damit über die Notwendigkeit, Defekte zu reparieren.

Simulationsmethoden

Die IISB-interne Lithographie-Simulationssoftware wurde zur Berechnung des Einflusses von Defekten auf das Luft- und Fotolackbild des lithographischen Prozesses verwendet. Das Erstellen von Tabellen zur Defektauswirkung verschiedener Beleuchtungs- und Polarisierungseinstellungen wurde mit Python-Scripts automatisiert.

Zusätzlich wurden Algorithmen zur Analyse der Defektauswirkung auf das Prozeßfenster (PW), der "critical dimension" (CD) und des Luftbildes verwendet.

Zuerst wurden Simulationen mit der Näherung unendlich dünner Masken durchgeführt (Kirchhoff). Diese 2D-Masken bestehen aus Rechtecken mit bestimmten Transmissions- und Phaseneigenschaften.

Die Kirchhoff-Ergebnisse wurden mit Ergebnissen einer Software zur rigorosen elektromagnetischen Feldberechnung (TASPAL) verglichen.

Simulationen zur Defektauswirkung

Die Defektstudie wurde für Halbton-Phasenshiftmasken durchgeführt. Die Defektauswirkung auf zwei verschiedene Strukturgößen wurde für 193 nm-Lithographie bzw. 193 nm-Immersionolithographie simuliert. Der Immersionsindex war hierbei 1,44 (Wasser).

Zwei für diese Strukturen typische Beleuchtungseinstellungen (B1 und B2) wurden mit unpolarisierter, x- oder y-polarisierter Strahlung kombiniert. Fig. 1 zeigt in der Studie untersuchte Defektypen.

Defektanalysemethoden

Zur Defektanalyse wurden drei komplementäre Methoden verwendet. Das überlappende PW (üPW) zeigt den Dosis- und Fokusbereich, in dem defekt-freie und defekte Strukturen simultan prozessiert werden können. Die Größe „dose latitude loss“ ist das Verhältnis des Dosisbereichs im üPW zum Dosisbereich im defektfreien PW. Sie zeigt den Einfluß von verschiedenen Defekten (Fig. 2).

Die Änderung der „critical dimension“ ΔCD aufgrund von Defekten gibt zusätzliche Informationen über die qualitative Änderung der abgebildeten Linie, z.B. Vergrößerung für "dark extension"-Defekte und Verkleinerung für "clear extension"-Defekte (Fig. 3).

AIDA (aerial image defect analysis) ist ein Algorithmus zur Defektanalyse der das AIMS-Verfahren (Luftbild-Meßsystem) simuliert. Mit AIDA können experimentelle Ergebnisse mit Simulationsergebnissen verglichen werden und dadurch Simulationsmodelle für zukünftige Technologieknoten kalibriert werden.

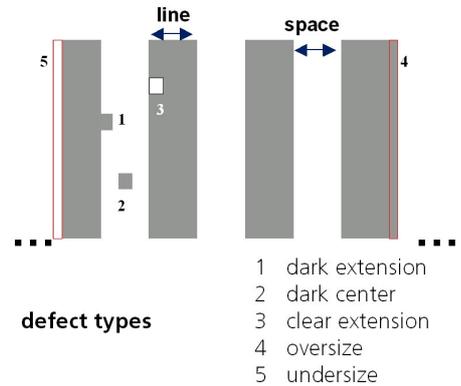


Fig. 1: Auswahl von Defektypen einer "dense lines / spaces"-Struktur, wie sie für die Defektstudie verwendet wurden. Dunkle Defekte haben gleiche Transmissions- und Phaseneigenschaften wie Linien, wohingegen helle Defekte die gleichen Eigenschaften wie Zwischenräume aufweisen;

Typical defect types for dense lines / spaces structures used for the defect study. Dark defects have the same transmission and phase properties as lines, whereas clear defects have the same properties as spaces.

Ergebnisse

Der Vergleich von Defektauswirkungsranglisten verschiedener Beleuchtungseinstellungen zeigt die Überlegenheit von B2- und der y-Polarisation.

Die Defektauswirkung für Kirchhoff- und TASPAL-Simulationen ist ähnlich, allerdings zeigt letztere eine höhere Sensitivität bezüglich der Defektposition.

Die Studie zur Defektauswirkung gibt Informationen zum Einfluß verschiedener Defekte und zur optimalen Beleuchtung für bestimmte Strukturgößen und Lithographieverfahren.

Ansprechpartner

Dr. Thomas Graf
Telefon: +49 (0) 9131 761-224
thomas.graf@iisb.fraunhofer.de

Defect Printability in Optical Lithography

Introduction

Since October 2003, the Lithography Simulation group at IISB is collaborating with the AMTC in Dresden within the BMBF-funded compound project "Imaging Methods for Nanoelectronic Components" (www.nano-abbild.de). The work at the IISB includes the simulation of advanced methods for lithography to support the development of processes for future technology nodes.

The influence of various mask defect types and defect sizes was studied to establish defect severity lists. These lists give information on the printability of defects, hence the necessity to repair certain mask defects.

Simulation Methods

The IISB-internal lithography simulation software was used to compute the influence of mask defects on the aerial or resist image of lithographic processes. The software was embedded within the Python scripting language to automate the generation of tables summarizing the defect severity for specific illumination and polarization settings. Additionally, algorithms were used to analyze the defect influence on the process

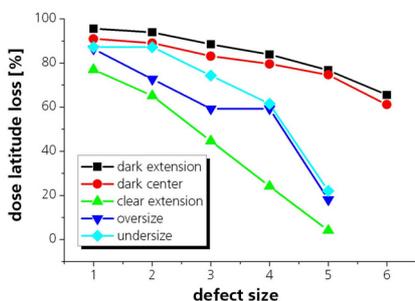


Fig. 2: Dose latitude loss in Abhängigkeit von der Defektgröße. Simulationsparameter: Immersionslithographie, $NA = 1,15$, Beleuchtung B1, x-polarisiert; Dose latitude loss vs. defect size for various defect types, simulation parameters: immersion lithography, $NA = 1.15$, illumination B1, x-polarized.

window (PW), the critical dimension (CD) and the aerial image.

First, the simulations were performed using the Kirchhoff approximation of infinitely thin masks. These 2D masks consist of rectangular areas specified by their transmission and phase.

The Kirchhoff results then were compared with results obtained using the rigorous electromagnetic field software TASPAL and 3D simulations.

Defect Printability Simulations

The defect study was performed for attenuated phase shift masks. Defect printability for two different structure sizes was simulated using 193 nm dry lithography and 193 nm immersion lithography respectively. The immersion index used was 1.44 (water). Two structures typical of the investigated illumination settings (B1 and B2) were combined with unpolarized, x- or y-polarized radiation. The defect types studied are shown in fig. 1.

Defect Analysis Methods

Three complementary defect analysis methods were used to investigate the influence of various defects.

The overlapping PW shows the dose and focus range where defect-free and defective structures can be processed simultaneously. The dose latitude loss as ratio of overlapping dose latitude to defect-free dose latitude shows the influence of different defects (fig. 2).

The change in critical dimension ΔCD due to mask defects gives additional information on the qualitative change of the imaged line width, e.g. increase of dark extension defects and decrease of clear extension defects (fig. 3). An

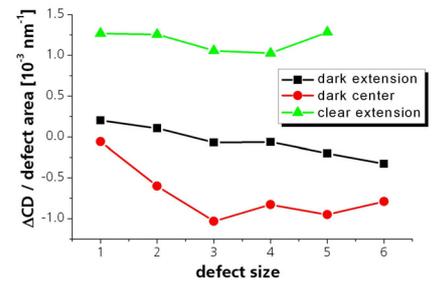


Fig. 3: $\Delta CD / \text{Defektfläche}$ in Abhängigkeit von der Defektgröße, Simulationsparameter sind analog zu Fig. 2; $\Delta CD / \text{defect area}$ vs. defect size for various defect types, simulation parameters are analog to fig. 2.

aerial image defect analysis (AIDA) algorithm was developed at the IISB to simulate the aerial image measurement system (AIMS). AIDA allows comparison of experimental and computational investigations and calibration of simulation models for future technology nodes.

Outcome

Comparing the defect severity lists obtained from different illumination settings shows the superiority of B2 illumination and y-polarization compared to other settings.

Defect severity is similar for Kirchhoff as well as for TASPAL simulations, although the latter shows more sensitivity to the defect position.

The defect printability study gives important information on the severity of different defects and on the optimum illumination setting with respect to the feature size and the relevant lithographic process.

Contact

Dr. Thomas Graf
Phone: +49 (0) 9131 761-224
thomas.graf@iisb.fraunhofer.de

Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden

Die Abteilung leistet Forschungsaufgaben zu Prototyp- und Produktionsanlagen sowie Materialien für mikro- und nanoelektronische Technologien und Vorarbeiten zur Geräteintegration in die Fertigungsumgebung. Ein Teil der Arbeiten betrifft Prozeß- und Meßtechniken für die 300 mm-Technologie, die Unterstützung der Implementierung solcher Entwicklungen in die industrielle *leading edge*-Produktion und in *mainstream*-Technologien. Die Abteilung gliedert sich in drei Gruppen.

Die Gruppe „Geräte und Prozeßautomatisierung“ arbeitet vorwiegend an der Entwicklung von innovativen Prozeßkontrollsystemen. Forschungsschwerpunkte bilden die *in situ*- bzw. *in-line*-Integration von Meßsystemen in Prozeßgeräte, die Realisierung von geschlossenen Regelschleifen und die modellbasierte Prozeßkontrolle. Neben Einzelprozeßgeräten finden vor allem flexibel anpaßbare *Cluster Tools* Anwendung für die Demonstration der Implementierungen. Im Rahmen eines europäisch geförderten „Integrierten Projektes“ werden Anwendungen der Integrierten Metrologieentwicklungen des IISB in einer 300 mm Fertigungsumgebung einem kritischen Test durch drei IC-Firmen unterzogen.

In der Gruppe „Kontamination und Materialien“ liegt ein Fokus bei Polier-, Ätz- und Reinigungstechnologien vor allem für die Herstellung und das Reclaim von Siliciumscheiben. Der zweite Schwerpunkt beinhaltet die Erfassung von Spurenverunreinigungen auf Oberflächen und im Volumen von Siliciumscheiben, von Konstruktionsmaterialien, Handlingkomponenten und Prozeßmedien zur Reduzierung anorganischer, organischer und partikulärer Kontami-

nation sowie bei der Optimierung von FOUP, lokalen Reinräumen der 300 mm-Technologie. Die langjährige Erfahrung wurde sowohl in mehrere internationale Standards, in wissenschaftliche Veröffentlichungen und in internationale Konferenzbeiträge wie auch in ein Kompetenzzentrum „*yield enhancement*“, das in enger Zusammenarbeit mit der ITRS Technical Working Group „Yield Enhancement“ und der Fachgruppierung der GMM steht, eingebracht.

Die dritte Gruppe „Fertigungssteuerung und Produktivität“ beschäftigt sich mit den Anforderungen an Planung, Fertigungssteuerung, Logistik und Qualitätskontrolle. Arbeitsschwerpunkte sind prozeßübergreifende Steuerungs- bzw. Regelungsverfahren zur Prozeßanpassung und -stabilisierung sowie Qualitäts- und Produktmonitoring. Das Leistungsangebot umfaßt die Konzipierung und Realisierung von vorwärts- und rückwärtsgekoppelten Steuerungen/Regelungen (Feed-Forward bzw. Feedback), neue statistische Auswertungsverfahren zum Produktmonitoring sowie Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen bei der Integration von *in-line* oder *in situ*-Meßtechnik einschließlich diskreter Ablaufsimulation.

Als Querschnittsaufgabe werden Geräteentwicklungen von innovativen Gerätekomponenten bis hin zu fortschrittlichen Prozeß- und Meßmodulen geleistet. Im Kundenauftrag entstehen Prototypen, die auf dem Markt noch nicht erhältlich sind. Zu den weiteren Aufgaben gehört die Optimierung von Prozessen auf neuen Fertigungsgeräten bis hin zur Geräteevaluierung, zumeist in enger Zusammenarbeit mit Gerätefirmen und mit IC-Firmen als Anwender. Mit einer veränderten Haltung der Industrie zu Themen im Bereich Umweltschutz und Ressourcenschonung wird im geplanten Forschungsbereich „Benigne Fertigung“ großes Potential gesehen.

Die Finanzierung der Abteilung erfolgt zu einem hohen Anteil aus Industrieaufträgen sowie aus industrienahen EU-Projekten. Für ein zusätzliches Arbeitsfeld, ursprünglich national geplant, um den Wissenstransfer aus den Forschungen zu *leading edge*-APC-Lösungen (advanced process control) bei der Großindustrie auf die mittelständischen Gerätehersteller und ASIC-Hersteller wirkungsvoll zu übertragen, wird derzeit mit großem Interesse seitens der EU ein „Integriertes Projekt“ vorbereitet und im ersten Quartal 2005 eingereicht.

Für die Zukunft ist vorgesehen, hochinnovative und längerfristig wirksame Arbeitsgebiete, vor allem im Bereich neuer Materialien, aufzugreifen. Auf europäischer Ebene ist zudem die abgestimmte Intensivierung der Zusammenarbeit mit dem IMEC in Leuven, Belgien, und mit dem LETI in Grenoble, Frankreich vielversprechend angelaufen und kann nicht zuletzt durch das oben beschriebene Integrierte Projekt eine große Akzeleration erfahren.

In der Zukunft ist mit einer deutlich stärkeren Inanspruchnahme der Aktivitäten zu rechnen. Hinzu kommt, daß durch den Einsatz neuer Materialien neue Herausforderungen im F&E-Bereich bei Geräte- und Materialienherstellern resultieren.

Ansprechpartner

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

Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods

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

The department Semiconductor Manufacturing Equipment and Materials is performing research in the field of prototype and production tools as well as materials for micro and nano technologies. Moreover, it is doing preparatory work for embedding the equipment in a production environment. Part of the work is the development of processes and metrology for 300 mm technologies, and - in cooperation with industrial partners - the support of implementing the novel equipment in *leading edge* and in *mainstream* production. The department is divided into three groups.

The group "Equipment and Process Automation" is focusing on the construction of prototypes of innovative process control systems. Focal activities include *in situ* and *in-line* integration of metrology systems into processing tools, and the realization of closed-loop control with aspects of model-based process control. Besides implementation into single processes, especially the flexibly adaptable *Cluster Tools* are used for demonstration. In the frame of a so-called "Integrated Project" - funded by the European Commission - applications of integrated metrology developed by the IISB are carefully analyzed by three IC manufacturers in a 300 mm production environment.

The group "Contamination and Materials" is performing R&D in the field of polishing, etching and cleaning technologies, primarily for the production of silicon wafers. The second area covers comprehensive trace contamination analysis of wafers, wafer surfaces, construction materials, equipment compo-

nents, and processing media to reduce inorganic, organic and particulate contamination as well as the optimization of FOUPs, the local cleanrooms of 300 mm technology. The IISB has brought its experience of many years into several international standards, scientific publications and contributions to international conferences, as well as into the competence center "Yield Enhancement", which is in close cooperation with the ITRS Technical Working Group "Yield Enhancement" and the according panel group of the GMM.

The third group "Production Methods and Productivity" is dealing with aspects in respect of strategy, control methods, logistics and quality control. Key aspects of the activities are control and closed loop control systems for process adaption and stabilization, as well as quality and production monitoring. The full range of services includes the concept and realization of feed forward/feedback and closed loop control systems, new statistic evaluation methods and the analysis of cost effectiveness - connected with the integration of *in-line* or *in situ* metrology systems - and finally discrete simulation of the process and tools.

The range of R&D in the field of innovative processing equipment covers the development of equipment components up to advanced process modules. Prototype and media supply systems, which are not available on the market so far, are produced on demand for potential suppliers of equipment and materials. In addition, the optimization of processes in new tools - mostly in close cooperation with tool suppliers as well as IC fabs as final users - belong to the focal R&D fields of the department Semiconductor Manufacturing Equipment and Materials.

Due to the change in the manufacturers' attitude towards topics like envi-

ronmental protection and saving of resources, there is great potential to be expected in the new area of research "benign manufacturing".

The department is financed to a comparatively high percentage by industrial contracts and industry-guided projects, contracted by the European Commission. For an additional field of work - primarily planned at national level - an "Integrated Project" is presently being prepared, encouraged by the EU for the sake of the effective transfer of technical know-how in the field of *leading edge* APC solutions (Advanced Process Control) from large scale industry to medium-sized tool suppliers and ASIC-manufacturers. It also includes comprehensive efforts towards the assessment of innovative equipment and equipment components. It will be submitted in the first quarter of 2005.

For the future it is planned to launch highly innovative and efficient R&D activities, especially in the field of new materials. Moreover, at European level the cooperation between IMEC in Leuven, Belgium, and LETI in Grenoble, France, has been further intensified with bright future prospects, not least because of the Integrated Project described above.

In the future, it is expected that the activities of the department Semiconductor Manufacturing Equipment and Materials will be further in great demand. In addition, the development of new materials is raising new challenges for R&D with equipment and material suppliers.

Contact

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

Bestimmung von Strukturparametern von sub-Wellenlängen-Gittern mittels spektralellipsometrischer Messungen

Einführung

Einer der wichtigsten Parameter für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit des zukünftigen Bauelements ist die Linienbreite. Bei derzeit hergestellten Strukturbreiten unter 200 nm reicht für deren Bestimmung allerdings die Auflösung von Lichtmikroskopen nicht mehr aus, so daß statt dessen Elektronenmikroskope verwendet werden. Diese sind langsam, verursachen Schäden und Kontaminationen und liefern nicht alle benötigten Informationen, beispielsweise über das dreidimensionale Linienprofil – Nachteile, die bei weiter sinkenden Strukturbreiten den Einsatz der Geräte begrenzen. Deshalb wurde ein neues, licht-optisches, aber nicht abbildendes Verfahren entwickelt: die Streulicht- oder Beugungsmessung. Dabei wird das von einer periodischen Struktur reflektierte Licht analysiert, um detaillierte Informationen wie Linienbreite, Höhe und Kantenprofil zu erhalten. Als Meßgeräte können Standardgeräte der Schichtdickenmessung wie Reflektometer oder Ellipsometer verwendet werden. Die Vorteile dieses Verfahrens sind die Schnelligkeit und die Zerstörungsfreiheit, so daß die Geräte beispielsweise auch direkt in Prozeßgeräte integriert werden können, um schnell die hergestellten Strukturen zu analysieren und Fehler zu erkennen. Ein Nachteil der derzeitigen, kommerziellen Streulichtmeßverfahren ist die zeit- und rechenintensive Analyse der Meßergebnisse, da aufgrund der kleinen Abmessungen der Strukturen die Beugungseffekte rigoros simuliert werden müssen.

Entwickelte Lösungen

Um diese Probleme bei der Auswertung zu lösen, wurden am IISB zwei Methoden entwickelt. Bei der ersten wird anstelle rigoroser Simulationen ein neuro-

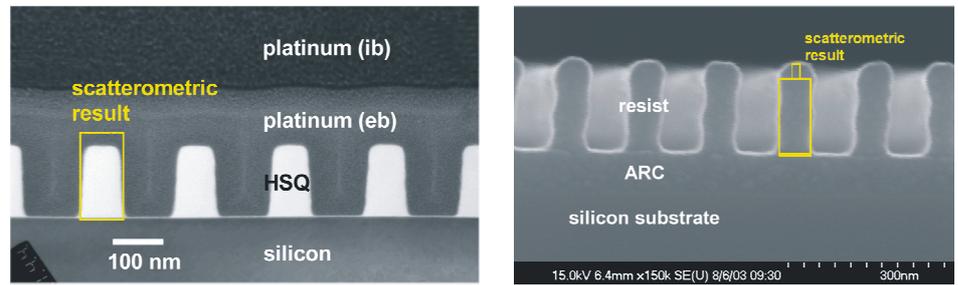


Fig. 1: Elektronenmikroskopaufnahmen des HSQ-Gitters (links) und des Lackgitters (rechts), verglichen mit Ergebnissen der Streulichtmessungen (gelb). Die Periode beträgt bei beiden Gittern 150 nm; Measurement results with electron microscopes on the HSQ grating (left) and the resist grating (right), compared to scatterometric measurement results (yellow). The pitch is 150 nm for both gratings.

nales Netz zur Auswertung der Messungen verwendet, so daß beliebige, periodische Strukturen analysiert werden können.

Bei der zweiten Methode wird ein Näherungsverfahren verwendet, das eine einfache und schnelle Berechnung der Beugungseffekte von Linien-Graben-Gittern erlaubt, deren Periode im Verhältnis zur verwendeten Wellenlänge so klein ist, daß keine höheren Beugungsordnungen auftreten. Derartige Gitter verhalten sich optisch näherungsweise wie uniaxiale Kristalle. Deren ordentliche und außerordentliche Dielektrizitätskonstanten lassen sich algebraisch aus Linienbreite, Periode, Einfallswinkel und Wellenlänge berechnen.

Im Rahmen einer Kooperation mit Leica Microsystems wurde dieser Ansatz verwirklicht und theoretisch und experimentell untersucht.

Experimentelle Ergebnisse

Das entwickelte Näherungsverfahren wurde verwendet, um Streulichtmessungen an Linien-Graben-Gittern mit Perioden von 150 nm mittels eines Optimierverfahrens auszuwerten.

Es wurden sowohl Lackgitter (Höhe: 200nm) mit einer darunter liegenden, 90 nm dicken Antireflexionsschicht (ARC) als auch Gitter aus Hydrogensilsesquioxan (HSQ, Höhe: 150 nm), di-

rekt auf dem Siliciumsubstrat, analysiert. Die Streulichtmessungen wurden mit einem Spektralellipsometer mit sichtbarem Licht (Wellenlänge von 250 nm bis 850 nm) durchgeführt.

Die ausgezeichnete Übereinstimmung der Ergebnisse aus den Streulichtmessungen mit Elektronenmikroskopaufnahmen ist in Fig. 1 gezeigt. In Fig. 2 sind die spektralellipsometrischen Signaturen einer Messung am HSQ-Gitter, der Näherungsrechnung und der rigorosen Simulation gezeigt. Deutlich ist die hervorragende Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Meß- und Rechenverfahren zu erkennen.

Zusammenfassung

Am IISB wurden zwei Methoden zur Analyse von Streulichtmessungen an periodischen Strukturen entwickelt. Das hier vorgestellte Näherungsverfahren erlaubt die schnelle und einfache Auswertung von Messungen an Linien-Graben-Gittern mit Perioden kleiner als die Wellenlänge, um detaillierte Strukturinformationen wie Linienbreite und Höhe zu erhalten.

Ansprechpartner

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

Determination of Structural Parameters of Sub-Wavelength Gratings Using Spectral Ellipsometric Measurements

Introduction

One of the most important parameters for estimating the capability of the future integrated circuit is the linewidth. However, for the determination of currently manufactured linewidths beneath 200 nm, the resolution of light optical microscopes is not sufficient and therefore electron microscopes are applied instead. But those are slow, cause damage and contamination and do not provide all information required, e. g. information about the three-dimensional line profile – disadvantages that confine the applicability of these instruments for further decreasing linewidths. Therefore, a new light-optical, but non-imaging technique was developed: scatterometry. Thus, the light reflected from a periodic structure is analyzed to obtain detailed information such as linewidth, height and line profile. Standard devices like reflectometers or ellipsometers can be applied as measuring instruments. The advantages of this technique are the rapidness and non-destructiveness. Thus, the instruments can be integrated directly into the process tools to analyze the structures quickly and to identify potential non-conformities. Admittedly, current commercial scatterometry tools use time-consuming and computationally expensive evaluation methods, since the diffraction effects must be simulated rigorously because of the small dimensions.

Developed Solutions

To solve these problems concerning the analysis, two methods have been developed at the IISB. The first one uses a neuronal network instead of the rigorous simulations to interpret the measurements. So, any periodic structures can be analyzed. The second method uses an approximation procedure that

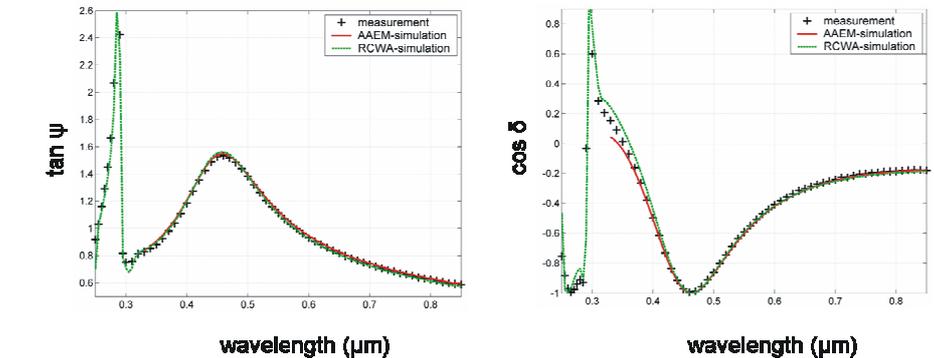


Fig. 2: Spektralellipsometrische Messungen am Oxidgitter, zusammen mit den Simulationsergebnissen mittels des Näherungsverfahrens (AAEM-Simulation) und mittels einer rigorosen Methode (RCWA). Die hervorragende Übereinstimmung ist deutlich sichtbar: Spectroscopic ellipsometric measurements of the oxide grating, together with the simulation results based on the approximation method (AAEM simulation) as well as on a rigorous method (RCWA). The excellent agreement is clearly visible.

allows a simple and quick calculation of the diffraction effects of line and space gratings. The pitch of which is so small in proportion to the applied wavelength that no higher diffraction order occurs. Such gratings behave optically approximately like uniaxial crystals. The ordinary and extraordinary dielectric constants of which can be calculated from the linewidth, the pitch, the angle of incidence and the wavelength.

Within the course of a cooperation with Leica Microsystems, this approach has been put into practice and was studied in a theoretical and experimental way.

Experimental Results

The newly developed approximation procedure was used to evaluate scatterometric measurements of gratings with pitches of 150 nm by means of a standard optimization procedure. Resist gratings (thickness: 200 nm) above an anti-reflection coating (thickness: 90 nm), as well as gratings of hydrosilsesquioxane (HSQ, thickness: 150 nm), directly applied on the silicon substrate, were analyzed. Those scatterometric measurements were performed by a spectral ellipsometer with visible light, i.e. wavelengths in the range from 250 nm to 850 nm.

Fig. 1 shows the excellent correlation between the results from the scatterometric measurements and the electron microscope exposure. In fig. 2 you can see the spectral ellipsometric signatures of a measurement of the HSQ grating, of the approximation procedure and of the rigorous simulation. The outstanding correlation between the various measurement and calculation methods is clearly recognizable.

Conclusion

At the IISB, two methods were developed to analyze scatterometric measurements of periodic structures. The approximation procedure introduced here allows the quick and simple analysis of measurements of line and space gratings with pitches smaller than the wavelength to obtain detailed information about structures such as the linewidth or the height.

Contact

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

Einleitung

Die kontinuierliche Reduzierung der Strukturgrößen in der Mikro- und Nanoelektronik treibt die Technologieentwicklung für ausbeuterelevante Defektinspektion an. Die Produktionstechnologien werden mit Hilfe von *in line*-Defektdichtekontrollen auf Testwafern überwacht. Ungefähr 50 - 60% Ausbeuteverlust sind auf zufällige Mechanismen wie partikuläre Kontaminationen rückführbar. Modelle korrelieren diesen zufälligen Ausbeuteverlust und die verursachende Defektdichte. Yield Management-Systeme erfordern konsistente und vergleichbare Defektdichtedaten. Das Abgleichen von Defektinspektionsgeräten eines oder verschiedener Hersteller ist deshalb von fundamentaler Bedeutung. So ist zuverlässige Defektinspektion essentiell für eine profitable Produktion von Mikro- und Nanoelektronik. Es wird erwartet, daß die vorgestellten Methoden auf die Defektinspektion von blanken Wafern und strukturierten Wafern anwendbar sind.

Experimente

An verschiedenen Standorten für die Wiederaufarbeitung von Wafern wurden Experimente mit zwei Systemen zur Inspektion der Oberflächen nicht strukturierter Wafer von verschiedenen Herstellern durchgeführt. Das Gerät A verwendete mehrere Detektoren, das Gerät B zwei Detektoren zur Defekterkennung. Es wurden Siliciumwafer mit einem Durchmesser von 300 mm verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Inspektion auf nicht strukturierten Wafern wurde unter Anwendung einer Einzeldefektverfolgung innerhalb einer Sequenz von Messungen ausgeführt.

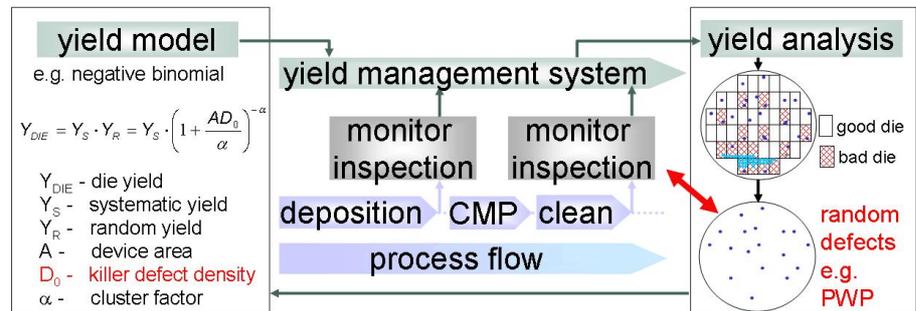


Fig. 1: Der Halbleiterfertigungsprozeß wird mittels Inspektion auf blanken Siliciumwafern kontrolliert. Das Yield Management System führt die Daten und Ausbeuteanalyse oder Korrelation der Daten durch. Zufällige Defekte, wie partikuläre Kontaminationen, verursachen 50 – 60 % der Ausbeuteverluste. Modelle prognostizieren die Ausbeute basierend auf der Defektdichte;

The semiconductor manufacturing process is controlled by monitor inspection on blank wafers. The yield management system performs yield and data analysis or correlation of data. Random defects as particulate contamination cause 50 to 60 % of the yield loss. Models are able to predict the yield based on defect densities.

Ein speziell entwickelter Algorithmus wurde für den Vergleich von Defektkarten verwendet. Der Vergleich erfolgte, indem für die Defektwiederfindung auf den folgenden Karten ein Suchradius von z.B. 300 : m um jeden gefundenen Defekt angewendet wurde. Eine Datenbank zeichnet die Größe und die Koordinaten jedes einzelnen Defektes auf. Für das Gerät A betrug die Auffindungswahrscheinlichkeit für einzelne Defekte 100 %, die Standardabweichung der Größenordnung betrug 2 %. Die Reproduzierbarkeit bei einer Defektgröße von 50 nm zweier aufeinanderfolgender Defektkarten wurde für das Gerät A mit 93 % und für das Gerät B mit 82 % bestimmt.

Der signifikante Abfall der Auffindungswahrscheinlichkeit für Defekte an der Detektionsgrenze ist bedingt durch: a) Kristalldefekte, b) Genauigkeit der Größenordnung, c) Rauschen durch die Detektoren und d) Mikrorauigkeit der Oberflächen. Crystal-Originated Point Defects (COP) sind physikalisch sehr klein, werden aber als größere Partikel mit einer geringeren Auffindungswahrscheinlichkeit klassifiziert. Der Einfluß der Genauigkeit der Größenordnung ist anhand des Abschneidens der Auffindungswahrscheinlichkeit an der Emp-

findlichkeitsgrenze zu beobachten. Rauschen zeigt sich durch Auffindungswahrscheinlichkeiten von unter 10 %. Im Prinzip ist es unmöglich, zwischen Rauschen und Mikrorauigkeit der Waferoberfläche zu unterscheiden. Kristalldefekte und sehr kleine Löcher erfordern eine sehr zuverlässige und reproduzierbare Defektinspektion sowie die Erkennung der charakteristischen Streulichtverteilung.

Schlußfolgerung

Es wurde bewiesen, daß die Defektinspektion mit dem Gerät A mit mehreren Detektoren leistungsfähiger im Vergleich zu Gerät B mit nur zwei Detektoren ist. Das durch die Detektoreinheiten und die Waferoberflächen verursachte Rauschen wird zur Schlüsselherausforderung für die Erkennung von Defekten mit einer Größe unterhalb 50 nm sein.

Ansprechpartner

Dr. Andreas Nutsch
 Telefon: +49 (0) 9131 761-115
 andreas.nutsch@iisb.fraunhofer.de

Yield Enhancement for Semiconductor Manufacturing with Defect Inspection

Introduction

The continuous reduction of structure sizes for micro - and nanoelectronics is driving the technology development for yield-relevant defect inspection. Using test wafers, n-line defect density control monitors the technologies for production. Approximately 50 - 60% of yield loss due to random mechanisms can be assigned to particulate contamination. Models reveal yield loss and the according defect density. Yield management systems require consistent and comparable defect density data. Therefore, the matching of defect inspection tools of one vendor or different vendors is fundamental. Reliable defect inspection is essential for profitable production of micro- and nanoelectronics. It is expected that the methods described are applicable to defect inspection on patterned and non-patterned wafers.

Experiments

The experiments were performed using two Scanning Surface Inspection Systems (SSIS) for non-patterned wafers of different vendors at different wafer reclaim facilities. Tool A was equipped with multiple detectors, tool B with two

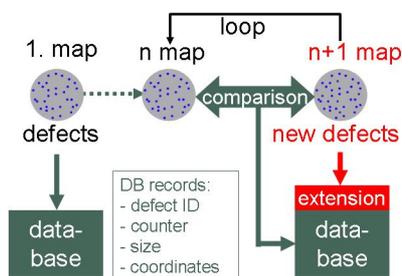


Fig. 2: Die Abbildung zeigt schematisch den Algorithmus zur Auswertung einzelner Defekte innerhalb einer Folge von Messungen auf einem Siliciumwafer; This figure schematically shows the algorithm for evaluation of single-defect tracking within a sequence of multiple measurements on a silicon wafer.

detectors for defect detection. Silicon wafers with a diameter of 300 mm were used for the experiments.

Results and Discussion

The defect inspection of non-patterned wafers was performed by tracking single defects by means of a sequence of scans. An especially designed algorithm was used for defect map comparison. The comparison was performed using a search radius of e.g. 300 : m around every detected defect for the recovery of defects on the follow-up maps. A database records the size and coordinates of each single defect. The defect capture was 100 % for single defects, the standard deviation for sizing was 2% for tool A. The capture rate decreased at the adjusted sensitivity of the system. Increasing the sensitivity shifts the cut-off of the capture rate to smaller sizes and vice versa. The reproducibility at 50 nm defect size of two maps scanned in series was determined with 93 % for tool A and 82 % for tool B.

The significant decrease of the capture rate at the sensitivity limit for defect detection is due to: a) crystal defects, b) sizing accuracy, c) noise due to the detection units, and d) micro-surface roughness. Crystal-originated point defects are physically very small but classified as bigger particles with a low capture rate. The impact of sizing accuracy is observed through the cut-off of the capture rate at the sensitivity. Noise is indicated by capture rates below 10 %. In principle, it is impossible to differentiate between noise and micro-roughness of the wafer surface. Crystal defects or pin holes for instance demand highly reliable and repeatable detection as well as the recognition of characteristic light scattering distributions.

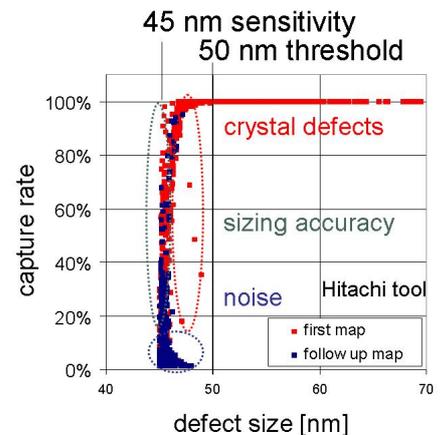


Fig. 3: Dieses Bild zeigt die Auffindungswahrscheinlichkeit für das Gerät A für 440 Defekte größer als 50 nm auf einem blanken 300 mm-Siliciumwafer als Funktion der Defektgröße. Die Ergebnisse wurden unter Anwendung der Einzeldefektverfolgung erzielt; The plot shows the capture rate of tool A for 440 defects larger than 50 nm on a 300 mm blank silicon wafer as a function of the defect size. The results were determined by single-defect tracking.

Conclusion

It has been proved that tool A with multiple detectors is more effective for defect inspection than tool B with only two detectors. Noise caused by detection units and wafer surfaces will be a key challenge for the detection of defects with a size below 50 nm.

Contact

Dr. Andreas Nutsch
Phone: +49 (0) 9131 761-115
andreas.nutsch@iisb.fraunhofer.de

FLYING WAFER - eine standardisierte Methodik für den Transfer von 300 mm-Siliciumscheiben zwischen F&E-Standorten

Einleitung

FLYING WAFER ist ein gemeinsames Projekt Europäischer Firmen, gefördert innerhalb des 6. Rahmenprogramms der Europäischen Kommission. Ziel ist die Vernetzung europäischer Zentren für Forschung und Entwicklung (F&E) in Mikro- und Nanotechnologie zu einer verteilten 300 mm-CMOS-F&E-Linie, indem eine schnelle und zuverlässige Logistik und Infrastruktur für den Austausch von 300 mm-Siliciumscheiben geschaffen wird. Darüber hinaus werden Informationen über den aktuellen Status und den Standort von Siliciumscheiben und deren Transportbehältern in einer gemeinsamen Datenbank bereitgestellt, verwaltet und ein sicherer Zugriff aller Partner auf diese Daten über das Internet gewährleistet.

Das Projektkonsortium besteht aus den drei IC-Herstellern Freescale, Philips und Infineon, dem Siliciumscheibenhersteller Siltronic, dem Reclaimunternehmen Isiltec, dem Hersteller von Einzelscheibentransportboxen INCAM Solutions, dem Hersteller von Transportboxen für mehrere Siliciumscheiben Entegris und den drei führenden europäischen F&E-Zentren IMEC, LETI und Fraunhofer mit dem IISB als Projektkoordinator.

FLYING WAFER-Arbeitspakete

Alle spezifizierten Parameter bezüglich Handling, Transport und Logistik für Siliciumscheiben und deren Transportbehälter beziehen sich, wenn möglich, auf 45 nm-Technologien. Zu Beginn wurden für Siliciumscheiben, die zwischen Halbleiterfertigungsprozessen versandt werden können, alle wichtigen Parameter spezifiziert, insbesondere im Hinblick auf Kontaminations- und Umweltbedingungen. Spezifikationen für Handling, Transport und Logistik der Transportbehälter von Siliciumscheiben

beinhalten speziell Werte bezüglich Kontamination und Reinigung.

Ein weiterer Schwerpunkt waren Spezifikationen für Eingangs- und Ausgangsverfahren, welche Geräte- und Umweltbedingungen beim Be- und Entladen von Siliciumscheiben in und aus deren Transportbehältern umfassen. Spezifikationen zur Logistik für den Versand und die Annahme, wie beispielsweise die Verpackung und die Beschriftung wurden ebenfalls berücksichtigt. Basierend auf den Ergebnissen für kritische Kontamination auf Siliciumscheiben, wurden Parameter für Verfahren und Intervalle zur Kontaminationskontrolle spezifiziert.

Weitere Aktivitäten konzentrierten sich auf die Entwicklung eines funktionalen Modells welches den Ablauf und die Logistik für den Austausch von Siliciumscheiben und Informationen zwischen verteilten Standorten beschreibt. Die einzelnen Komponenten eines funktionalen Modells (z.B. Verfolgung von Siliciumscheiben und deren Transportbehältern, Datenformat und Schnittstellen für Datenaustausch, Prozeßflußplanung und Redundanzszenarien) werden in separaten Arbeitspaketen definiert. Ein bereits definierter und strukturierter e-Katalog enthält alle verfügbaren Prozeßmodule an den unterschiedlichen Standorten. Basierend auf diesem e-Katalog können Anwender von FLYING WAFER die gewünschten Prozeßschritte und -module auswählen.

Voraussetzungen für die Vernetzung unterschiedlicher Systeme zur Identifizierung und zur Verfolgung von Siliciumscheiben und deren Transportbehältern wurden bereits definiert. Die Erkennung von Siliciumscheiben und deren Transportbehältern ist bei allen Partnern möglich. Ein automatisches Verfolgen wird als potentielle Lösung gesehen, ist aber noch nicht an allen Standorten verfügbar.

Die einzige akzeptable Lösung für den Datenaustausch scheint eine übergeordnete gemeinsame Datenbank zu sein. Mit einer derartigen Lösung stellt der jeweilige Zugangsschutz auf interne Daten der Partner kein Problem mehr dar. Es bleibt allerdings die Frage zu beantworten, wer die Verantwortung für die Instandhaltung eines solchen Systems übernimmt. Mehrere Standorte zu einer verteilten Fabrik zu verbinden verlangt Planungswerkzeuge, um den Prozeßfluß und den Transport von Siliciumscheiben für sequentielle oder parallele Prozessierung an diesen Standorten zu organisieren. Hierfür werden reale Fallstudien samt Redundanzszenarien entwickelt.

Ausblick

Eine praktische Anwendung der Ergebnisse der Machbarkeitsstudie bezüglich einer Methodik zum Transfer von Siliciumscheiben ist erforderlich. Nur so können die im Projekt FLYING WAFER erzielten Ergebnisse durch reale Fallstudien mit der Prozessierung von Siliciumscheiben an mehreren Standorten umgesetzt werden. Die hierfür erforderliche F&E soll im Projekt EUROSTAR durchgeführt werden, welches bereits bei der Europäischen Kommission beantragt wurde.

Die aktuellsten Informationen über den Fortschritt von FLYING WAFER sind verfügbar unter <http://www.flying-wafer.info>.

Ansprechpartner

Jürgen Frickinger
Telefon: +49 (0) 9131 761 158
juergen.frickinger@iisb.fraunhofer.de

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

FLYING WAFER - a Standardized Methodology for 300 mm Wafer Transfer between R&D Sites

Introduction

FLYING WAFER is a joint European project funded within the 6th Framework of the European Commission. It targets at interlinking the European R&D Centers of Excellence in micro- and nanotechnologies to a distributed 300 mm CMOS R&D line by providing fast and reliable logistics and infrastructure for an exchange mechanism of 300 mm wafers. Thus, existing 300 mm processing capabilities will be interlinked to a full CMOS R&D line. Furthermore, data about the current status and location of wafers and carriers will be tracked and administrated in a joint database and made securely accessible by all partners via the internet.

The project consortium consists of three semiconductor manufacturers (Freescale, Philips and Infineon), the wafer manufacturer Siltronic, the reclaim company Isiltec, the single-wafer carrier manufacturer INCAM Solutions, the multi-wafer carrier supplier Entegris and the three leading European 300 mm R&D centers IMEC, LETI and Fraunhofer with IISB as project co-ordinator.

FLYING WAFER Workpackages

All specified parameters concerning wafer and carrier handling, transport and logistics refer to the 45 nm technology node where applicable. Parameters for silicon wafers which can be shipped between semiconductor manufacturing processes were specified first. A special emphasis was put on contamination and environmental conditions. Specifications for handling, transport and logistics of wafer carriers were defined with a special emphasis on contamination issues as well as on cleaning of carriers.

Another focus was on specifications for

input/output procedures which include equipment and environmental conditions for loading and unloading of wafers into and out of carriers. Logistics for shipping and receiving (e.g. packaging and labeling of carriers) was covered as well. Based on the results for critical contamination of wafers, parameters for contamination control methods and intervals were specified.

Further activities focus on the development of a "Functional Model" which describes the method and procedure as well as the structure of logistics for the exchange of wafers and data between the distributed locations. The individual components of a "Functional Model" (e.g. tracking of wafers and carriers, data format and interfaces for data exchange, process flow planning etc.) are defined in individual work packages. An e-catalogue, which was defined and structured, contains all available process modules which can be processed at the different sites. Users of FLYING WAFER can choose different process steps and modules based on this e-catalogue.

Prerequisites for linking different identification and tracking systems for wafers and carriers at the various partner sites have been defined. Wafer and carrier IDs are used at all partners sites. Automated wafer tracking is not used at all sites and is considered to be a potential solution.

The only acceptable solution for data exchange seems to be a superior joint data base. A joint and superior external data base will avoid the access to the partners' data base, but raises the question who will be responsible for maintaining such a system. Connecting different locations to a distributed fab requires planning tools for scheduling the process flow and the transportation of wafers for sequential or parallel processing at these locations. Case studies including redundancy scenarios have

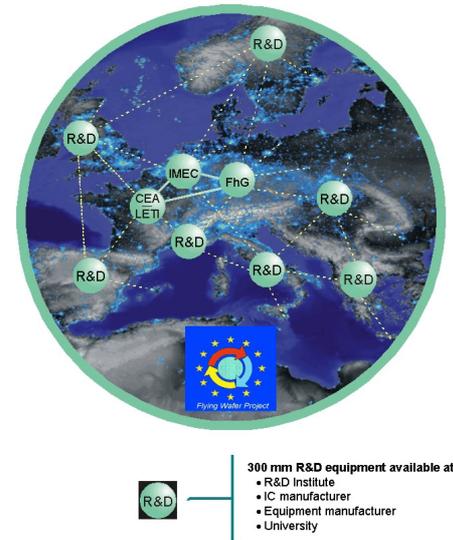


Fig. 2: In FLYING WAFER wurde eine Prozessierung von 300 mm-Wafern an verteilten Standorten untersucht und definiert; FLYING WAFER defines a methodology for the processing of 300 mm wafers at different sites.

been developed.

Outlook

An implementation phase is necessary to turn the results of the feasibility study concerning a wafer transfer methodology obtained in FLYING WAFER into real multi-site processing by real test cases. The necessary R&D shall be carried out in the EUROSTAR project which was already submitted as a proposal to the European Commission. The latest information on the progress of the FLYING WAFER project is always available at <http://www.flying-wafer.info>.

Contact

Jürgen Frickinger
Phone: +49 (0) 9131 761 158
juergen.frickinger@iisb.fraunhofer.de

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

Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Technologie

Die Herstellung dünnster Schichten für die Nanotechnologie, die Integration neuartiger Materialien in der Siliciumtechnologie, die Bearbeitung mikroskopischer Strukturen mittels Ionenstrahltechnik und die Entwicklung von Bauelementestrukturen der Leistungselektronik und der Mikrosystemtechnik sind die Forschungsschwerpunkte und Kompetenzen der Abteilung Technologie im Bereich Halbleiter- und Nanotechnologie. Für die Durchführung der Arbeiten stehen in Kooperation mit dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente der Universität Erlangen-Nürnberg mehr als 1000 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 Schaltkreise zu stärken und eine Erprobung von neuen Prozessen im Umfeld eines bekannten Prozesses zu ermöglichen.

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

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

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

Zur Herstellung von Halbleiterbauelementen gehört unabdingbar die Charakterisierung der einzelnen Prozeßschritte und der jeweiligen Strukturen. Wichtige Schritte sind dabei die Bestimmung der Schichtzusammensetzung, der Topographie, der Dotierprofile und weiterer physikalischer und chemischer

Parameter. Besondere Kompetenz der Abteilung Technologie 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. Darüber hinaus entstand im letzten Jahr eine europäische Initiative im Rahmen eines EC-Projekts zur Koordination der bedeutendsten europäischen Forschungsinstitute im Bereich MEMS und AVT, bei der die Abteilung maßgeblich beteiligt ist.

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

Ansprechpartner

Priv.-Doz. Dr. Lothar Frey
Telefon: +49 (0) 9131 761-320
lothar.frey@iisb.fraunhofer.de

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

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

Characterization of new materials, manufacturing of ultra-thin layers for the nanotechnology, integration of new materials into silicon technology, modification of microscopic structures via ion beam techniques, and development of device structures for power electronics or micro-electrochemical systems (MEMS) are the main activities of the semiconductor and nanotechnology department. For this purpose, IISB and the Chair of Electron Devices of the University of Erlangen-Nuremberg operate joint cleanroom facilities of 1000 m² (class 10) equipped with CMOS-compatible equipment. This allows the implementation of the most important process steps on silicon wafers with diameters up to 150 mm, for certain process steps even on 200 and 300 mm wafers. An industrial CMOS process was transferred to IISB and adapted to research and development purposes. This process is used as reference and basis for the development of advanced process technology.

For the development of novel process steps in the field of gate stack engineering, IISB operates advanced chemical vapor deposition tools on the basis of MOCVD for deposition of high-k and metallic layers. Adaptation of the equipment to the particular chemistry of the precursors, deposition of all types of precursors, characterization of the deposited layers, and in cooperation with several chemical institutes, creation and modification of novel precursors are the main tasks of the department. The department is engaged in two European research projects, SINANO and NanoCMOS, respectively, where new high-k layers were investigated. For advanced characterization of devices, IISB operates a wide variety of parameter

analyzers, wafer probes, and high-voltage measuring set-ups.

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

Further activities focus on the fields of power semiconductors and silicon carbide electronics. IISB is increasing its commitment in these fields by implementing new equipment and processes to serve special needs 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 of high voltage devices. This work will be supplemented by design activities of ASICs for power electronic applications. In the meantime, nearly all necessary manufacturing steps for SiC devices can be performed at IISB. Equipment for high-temperature annealing or epitaxy is available and well accepted by the industry.

Characterization of process steps and device structures is of utmost importance for the manufacturing of semiconductor devices. Important steps for this are the determination of composition, topography, doping profile, and further physical and chemical parameters, as well as SEM & TEM investiga-

tions, energy-dispersive X-ray analysis, and AFM surface characterization. The specific competence of the technology department is the combination of varying methods for the analysis of failures during processing of devices or the tracing of failure causes. The spectrum of electrical characterization was further increased. Furthermore, the department is significantly involved in an European initiative where five major research institutes in the field of MEMS (Micro Electro Mechanical System) and packaging coordinate their expertise towards a strategical alliance.

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

Contact

Priv.-Doz. Dr. Lothar Frey
Phone: +49 (0) 9131 761-320
lothar.frey@iisb.fraunhofer.de

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

Entwicklung eines integrierten Schaltkreises zur Auswertung kapazitiver Sensoren

Ausgangssituation

Auf dem Markt sind viele kapazitive Sensorsysteme für unterschiedlichste Anwendungen, wie z.B. Näherungsschalter und Füllstandssensoren verfügbar. Allen diesen Systemen ist der weitgehend diskrete Aufbau von Meß- und Auswerteschaltung gemeinsam. Bedingt ist dies durch die breite Streuung der Anwendungsbereiche, der Meßbereiche und der elektrischen, geometrischen und physikalischen Anforderungen an die Sensorsysteme.

Ziel der Entwicklung

Ziel des Kooperationsprojektes war es, einen universell anwendbaren, anwendungsspezifischen integrierten Schaltkreis (ASIC) zur Auswertung kapazitiver Sensoren zu realisieren. Bei deutlich verbesserten Systemeigenschaften können so Sensoranwendungen realisiert werden, die bislang eine Domäne mechanischer, optischer und induktiver Meßverfahren waren, wie z.B. die Objekterkennung im Bereich von bis zu 20 cm.

Mit der monolithischen Integration der auf einem bisher nicht üblichen Schaltungsprinzip basierenden Schaltung wird eine fundamentale Verbesserung der Systemeigenschaften gegenüber herkömmlichen Sensoren erreicht. Sensorsysteme können dadurch wesentlich kleiner, empfindlicher und weniger stör anfällig realisiert werden. Mit den bisherigen Verfahren können z.B. kapazitive Näherungsschalter nur bei relativ kleinen Schaltabständen stabil arbeiten. Größere Schaltabstände führen zu einer Verschlechterung der Stabilität. Ziel der zu entwickelnden kompakten Abstandssensorsysteme ist eine Vergrößerung des Schaltabstandes um den Faktor 10 bei hoher Stabilität.

Ermöglicht wird diese Verbesserung durch das neuartige Schaltungsprinzip und die drastische Reduzierung parasitärer Kapazitäten, die aus der monolithischen Integration der Auswerteschaltung resultiert. Durch den geringen Platzbedarf des ASIC ist es weiterhin möglich, die gesamte Meß- und Auswerteelektronik direkt im Sensorgehäuse unterzubringen und so den Einfluß der Verbindungskabel zu eliminieren. Diese kompakte Bauweise ist mit herkömmlichen Systemen nicht möglich.

Anwendungen

Anwender und Zielgruppen der in diesem FuE-Projekt verfolgten Entwicklung finden sich in allen wichtigen Industriezweigen, wie der kunststoffverarbeitende Industrie, der Chemie und Pharmazie, dem Maschinen- und Anlagenbau, der Verpackungsindustrie und der Lebensmittelindustrie. Die Applikationen reichen vom einfachen Näherungsschalter über Füllstandssensoren bis zu komplexen Sicherheitssystemen, die z.B. in der Robotertechnik die gefahrlose Zusammenarbeit von Mensch und Maschine ermöglichen.

In der ersten Arbeitsetappe des Projektes wurde in Kooperation mit der Firma Rechner zunächst die seitens des Projektpartners entwickelte diskrete Schaltungsstruktur analysiert und deren Funktionsgruppen auf ihre Umsetzbarkeit in ein integriertes Design untersucht. Es zeigte sich, daß nur ein kleiner Teil der Funktionsblöcke direkt umgesetzt werden konnte. Der größere Teil der Funktionsgruppen erforderte ein grundsätzlich verändertes Design. Unter Berücksichtigung der Ergebnisse der oben genannten Analyse wurden die Rahmenbedingungen für die zu implementierende Schaltung festgelegt und diese in eine Blockstruktur übertragen. Das Blockschaltbild der Meßelektronik ist in Fig. 1 dargestellt.

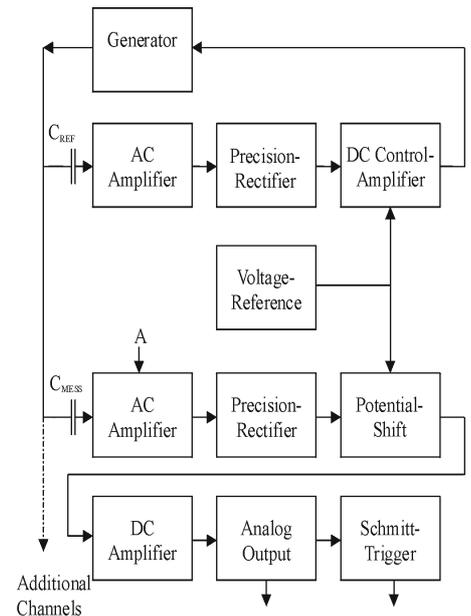


Fig. 1: Blockschaltbild der Auswerteelektronik; Block diagram of the evaluation circuitry.

Anschließend wurde eine geeignete Technologie, die 0,8 µm Hochvolttechnologie der Firma Austriamicrosystems (AMS), zur Umsetzung des Vorhabens gewählt. Die Struktur wurde in eine Schaltung umgesetzt, simuliert und optimiert.

Als letzter Schritt erfolgte die Übertragung des Designs in ein Layout und die Erzeugung der Maskendaten. Das Layout des Chips ist in Fig. 2 dargestellt.

Ansprechpartner

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

Reinhold Waller
Telefon: +49 (0) 9131 761-3412
reinhold.waller@iisb.fhg.de

Development of an Integrated Circuit Designed for the Evaluation of Capacitive Sensors

Initial Situation

On the market, lots of capacitive sensor systems for different applications as for example for proximity switches and level sensors are available. All these systems have in common a widely discrete assembly of the measurement and evaluation circuitry. This is mainly caused by the broad diversification of the applications, the measurement ranges and the electrical and physical requirements on the sensor systems.

Goals of Development

The goal of the cooperation project was to realize a universally applicable application-specific integrated circuit (ASIC) for the evaluation of capacitive sensors. At substantially improved system properties, sensor applications can be realized which were up to date a domain of mechanical, optical and inductive measurement principles, for example object recognition within a range of up to 20 cm.

Based on the monolithic integration of an up to now unusual evaluation circuitry, a fundamental improvement of the system properties compared to conventional sensor systems is reached. Sensor systems can be realized in a way that is considerably smaller, more sensitive and less fault-prone. With the traditional techniques, for example, capacitive proximity switches work in a stable mode only for small distances. Longer distances lead to a stability deterioration. The goal of the development of compact proximity sensors is the extension of the switching distance by a factor of 10 at high stability.

This improvement is particularly enabled by the novel evaluation circuitry and the vast reduction of parasitic capacitances, which results from the

monolithic integration of the circuitry. Caused by the small footprint of the ASIC, it is additionally possible to insert the whole measurement and evaluation circuitry directly inside the sensor housing and thus to eliminate the influences of the cabling. This compact design is not possible using the conventional discrete assembly.

Applications

The users and target groups addressed by this R&D project can be found in all important areas of industry, such as plastic manufacturing industry, chemical and pharmaceutical industry, engine building industry, packaging industry and foods industry. The applications range from simple proximity switches and level sensors to complex security systems which allow for example safe cooperation between man and machine in robotics.

In a first step of the project, the existing discrete circuitry developed by the project partner was analyzed. Subsequently, the function blocks were investigated in terms of their convertibility to an integrated design. The result of this investigation was that only few of the function blocks could be converted directly. Most of the blocks required an essentially different design. In consideration of the results of the analysis mentioned above, the general conditions of the circuitry were defined and converted to a block diagram. The block diagram of the measurement circuitry is shown in fig. 1.

Subsequently, an appropriate technology, the 0.8 μ m high-voltage technology of Austriamicrosystems (AMS), was chosen for realization of the project. The structure was converted into a schematic, simulated and optimized. In a last step, the design has been converted into the chip layout and the pro-

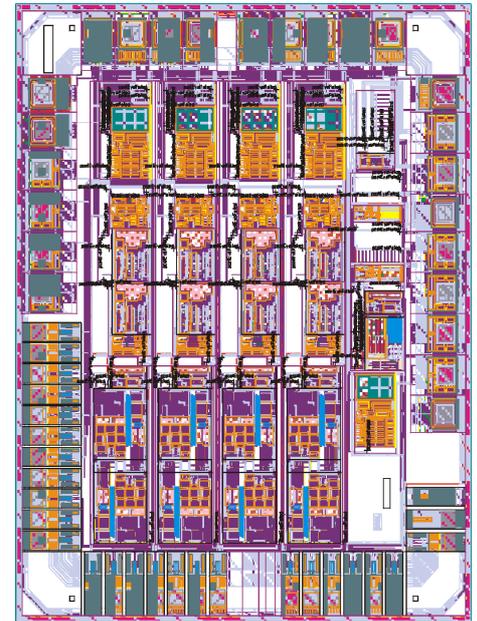


Fig. 1: ASIC-Layout der Auswerteelektronik; ASIC layout of the evaluation circuitry.

duction data has been generated.

The complete layout of the evaluation chip is shown in fig. 2.

Contact

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

Reinhold Waller
Phone: +49 (0) 9131 761-3412
reinhold.waller@iisb.fhg.de

Einleitung

Elektronik gewinnt in der Automobilindustrie immer mehr an Bedeutung. Einen großen Anteil dieser Elektronik stellen leistungselektronische Baugruppen dar. Beim Einsatz dieser Baugruppen kann es zu Ausfallmechanismen und Fehlerbildern kommen, die dazu führen, daß sich die Baugruppe in einem undefinierten, nicht mehr schaltbaren Zustand befindet. Dieser Zustand kann schlimmstenfalls zum Brand der Baugruppe führen. Daher ist es notwendig, Sicherungselemente für diese Baugruppen zu entwickeln, um diese kritischen Betriebszustände zu beherrschen. Zu diesem Zweck wird eine aktive Sicherung entwickelt, deren Aufgabe es ist, bei Bedarf eine sichere Trennung des Strompfades eines fehlerhaften Bauelementes zu gewährleisten.

Konzept

Diese neuartige Sicherung ist monolithisch in Silicium realisiert und besteht aus zwei Komponenten, einem aktiven Schalter und einer passiven Sicherungstrecke. In Fig. 1 ist eine solche Sicherungstrecke dargestellt.

Der aktive Schalter wird entweder durch ein externes Signal (z.B. von einem Temperatursensor) oder durch die direkte Auswertung einer physika-

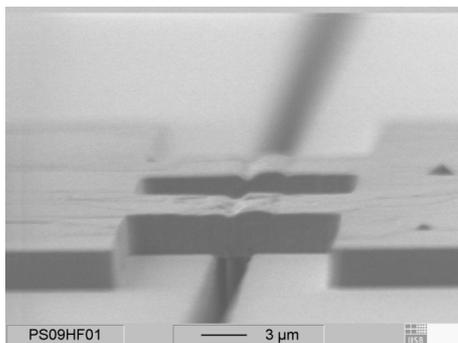


Fig. 1: Sicherungstrecke als doppelte Brücke realisiert; Safeguard distance, realized as a double bridge.

lischen Größe (Temperatur) ausgelöst. Die Sicherungstrecke ist ein Teil der Leiterbahn der zu überwachenden Baugruppe und mit dem aktiven Schalter verbunden. Nach der Aktivierung des Schalters wird ein Überstrom auf die Sicherungstrecke geleitet, so daß diese zerstört und der Strompfad irreversibel getrennt wird.

Realisierung

Zur Realisierung der sicheren Trennung des Strompfades befindet sich unter der Sicherungstrecke eine Grabenstruktur. Der Graben sorgt für eine schlechtere Wärmeableitung und somit zur ortsgelunden Schmelze des Leiterbahnmaterials sowie zur Aufnahme und Ableitung der Schmelze. Exemplarisch ist ein herkömmlicher Schmelzvorgang in den Fig. 2 - 4 dargestellt. Man sieht in Fig. 2 eine Brücke ohne Strombelastung, in Fig. 3 den Lichtblitz während der Belastung der Brücke mit einem Überstrom und in Fig. 4 die veränderte, zerstörte Brückengeometrie.

Es wurden auch Versuche mit Brückenstrukturen ohne darunter liegendem Graben durchgeführt. Diese haben gezeigt, daß die Brücke nach der Belastung mit dem Überstrom immer noch leitend ist.

Der aktive Schalter ist durch einen lateral ausgeführten Thyristor in Silicium-Substratmaterial realisiert. Ein Vorteil des Thyristors ist die Möglichkeit der Überkopffzündung beim Überschreiten einer Temperaturgrenze. Diese kann durch die Bauelementestruktur eingestellt werden. Ein weiterer Vorteil ist die Realisierbarkeit dieses Bauelementes in einer CMOS-Technologie, die kompatibel zum Herstellungsprozeß der restlichen Schaltungselemente der Elektronik ist. Das Sicherungselement kann somit sowohl in den Fertigungsprozeß einer zu schützenden leistungselektronischen

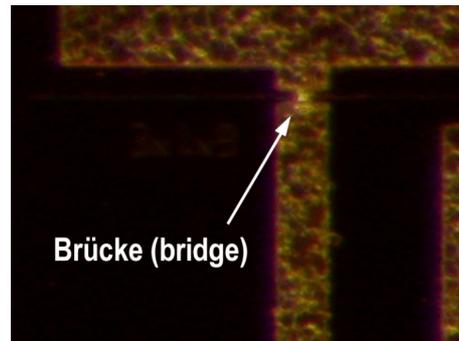


Fig. 2: Brückenstruktur mit darunter liegendem Graben ;
Conductive bridge with a trench structure beneath.

Schaltung integriert als auch in bereits bestehende Elektronik nachgerüstet werden. Ein Schaltbild der Baugruppe ist in Fig. 5 dargestellt.

Zusammenfassung

Diese Sicherung stellt einen wesentlichen Beitrag zur Erhöhung der Zuverlässigkeit in der Kfz-Elektronik dar. Sie ermöglicht es, durch gezielte Überwachung und Abschaltung von einzelnen leistungselektronischen Baugruppen, die Risiken und Kosten im Vergleich zu einem Gesamtausfall des Systems zu minimieren. Der Einsatzbereich dieses Systems wurde auf den Kfz-Bereich, d.h. eine Stromstärke von 5 A im Dauerbetrieb und eine Durchbruchspannung von 48 V bei einer Betriebstemperatur bis 175°C ausgelegt. Das Sicherungselement kann jedoch auch auf andere Leistungsbereiche dimensioniert werden.

Ansprechpartner

Susanne Reindl
Telefon: +49 (0) 9131 761-179
susanne.reindl@iisb.fraunhofer.de

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

Introduction

More and more, automobile electronics gain in importance in automotive industry. Power devices have a great stake in this field. With the adoption of these devices, there are possibilities of breakdown mechanisms and error patterns, leading to the fact that the device is in an undefined critical, no longer adjustable condition. This critical condition can lead to the combustion of the device. Therefore, it is necessary to develop safeguarding mechanisms for these applications which help to cope with these critical operation conditions. For this purpose a fuse has been developed, the task of which is to ensure safe separation of an incorrectly working device from the rest of the integrated circuit.

Concept

This novel fuse is arranged monolithically on silicon and consists of two components: an active switch and a passive circuit path. The active switch is released either by an external signal (e.g. of a temperature sensor) or by the direct evaluation of a physical value (temperature). The safeguard bridge is part of the conductive line of the monitored device and is connected to the active switch. Such a safeguard bridge is shown in fig. 1. After the activation of the switch, an over-current flows

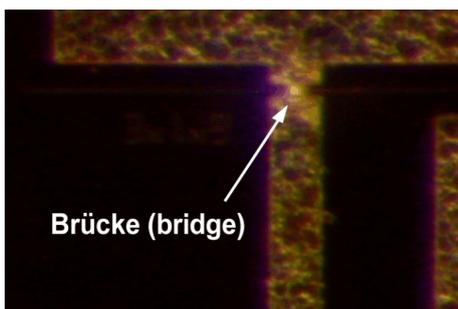


Fig. 3: Lichtblitz während der Belastung mit Überstrom;
Lightning during the over-current stress.

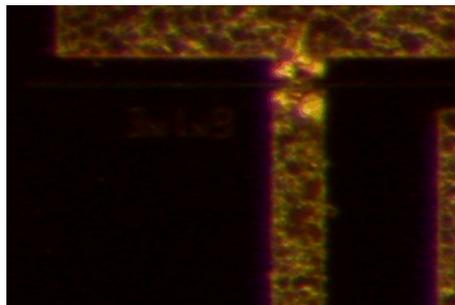


Fig. 4: Aufgeschmolzene und getrennte Leiterbahn;
Smelted and physically separated strip line.

through the safeguard bridge, destroys it by melting, and the current path is cut irreversibly.

Realization

For the realization of the definite separation of the current path, there is a trench structure underneath the safety bridge. The trench provides a worse heat dissipation and thus the local melting of the strip line material. It is also used for the admission and dissipation of the melt. A conventional melting procedure is exemplarily displayed in fig. 2 - 4. Fig. 2 shows a conductive line without a current stress. Fig. 3 displays the lightning during the stress with an over-current, and fig. 4 represents the changed and destroyed strip line afterwards.

Additional experiments without a trench underneath the strip line were performed. The result was that the bridge is still conductive after the stress with the over-current.

The control switch is realized by a laterally implemented thyristor on silicon substrate material. An advantage of the thyristor is the overhead ignition by exceeding a temperature limit, which can be adjusted by the device layout. A further advantage is the feasibility of this element in a CMOS technology which is compatible to the production process of the other circuit elements.

Thus, the fuse component can be integrated into the manufacturing process of a power device circuit which must be protected, or can later be inserted into already existing electronics. A schematic diagram of the active fuse is shown in fig. 5.

Summary

This safety device represents a substantial contribution to further increase the reliability of automobile electronics. It allows by selective monitoring and disconnection of single power electronic components from the rest of the circuit to minimize the risks and costs compared with a blackout of the complete system in case of malfunction. The range of application of the active fuse has been designed for the automotive sector, i.e. an amperage of 5 A permanent load and a breakdown voltage of 48 V with an operating temperature of 175°C. However, the fuse element can be dimensioned for other power ranges.

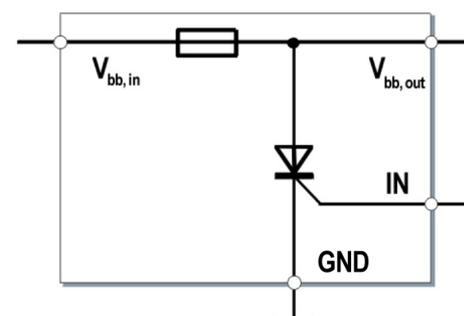


Fig. 5: Schaltbild der aktiven Sicherung;
Schematic diagram of the active fuse.

Contact

Susanne Reindl
Phone: +49 (0) 9131 761-179
susanne.reindl@iisb.fraunhofer.de

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

Einführung

Eine wichtige Voraussetzung für die Entwicklung der Nanotechnologie ist eine kostengünstige Methode zur Herstellung kleinster Strukturen mit hohem Durchsatz. Heutige Lithographiesysteme nutzen Excimer-Laser mit einer Lichtwellenlänge von 193 nm, um kommerzielle ICs mit einer minimalen Strukturgröße von 90 nm und in Zukunft wohl auch von 65 nm zu produzieren. Das Rennen um die geeignete Methode für die weitere Miniaturisierung in der Lithographie (minimale Strukturgröße: 45 nm, 32 nm, 22 nm) ist allerdings noch offen und findet sich zusammengefaßt unter dem Begriff „next generation lithography (NGL)“ wieder. Kandidaten für die NGL sind u.a. EUV sowie die Elektronenstrahlolithographie, welche aber auf Grund ihrer Unwirtschaftlichkeit für die Massenproduktion ungeeignet sein wird.

Die Imprint (Präge)-Technik stellt eine weitere Alternative für zukünftige Anforderungen in der Lithographie. In einer Kooperation zwischen IISB, Lehr-

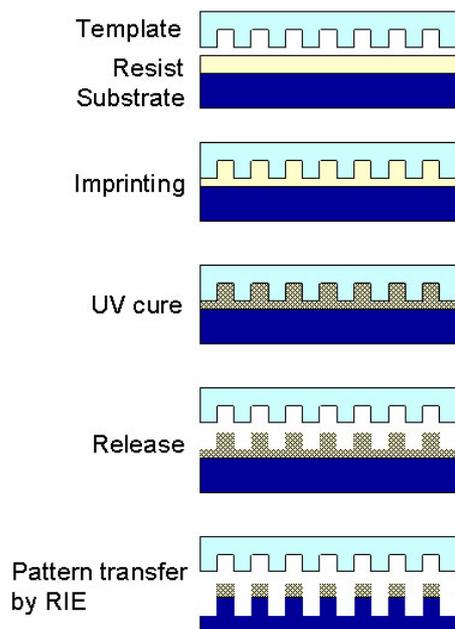


Fig. 1: Schematische Darstellung des Imprint-Prozesses;
Schematic scheme of the imprint process.

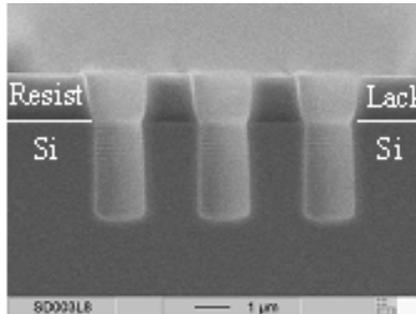


Fig. 2: Querschnitt durch eine Si-Masterstruktur nach dem Trockenätzen. Der Lack diente als Trockenätzmaske;
Cross-section through a Si master after dry etching. The resist has been used as dry etching mask.

stuhl für Elektronische Bauelemente und Suss microtec wird seit Mitte 2004 im Rahmen des Bayerischen Forschungsverbundes für Nanoelektronik (FORNEL) intensiv am Thema Imprint gearbeitet, um Nanostrukturierung vergleichsweise kostengünstig und mit hohem Durchsatz zu ermöglichen.

Prinzip

Bei der Imprint-Lithographie erfolgt die Strukturierung durch einen Stempel, der in einen UV-empfindlichen Lack gedrückt wird (siehe Fig. 1). Bei diesem Prozeß werden die auf dem Stempel vorhandenen Strukturen in den Lack übertragen. Nach einer UV-Flutbelichtung, die den Lack aushärten lässt, dient dieser als Ätzmaske, um die Strukturen durch reaktives Ionenätzen (RIE) in das Substrat zu übertragen. Basierend auf dieser Technik konnten bereits Säulenstrukturen mit einem minimalen Durchmesser von 10 nm hergestellt werden. Imprint ist eine Abbildungstechnik, bei der die Strukturen des Stempels 1:1 in das Substrat übertragen werden. Dies bedeutet, daß sich jeder Fehler im Stempel unmittelbar auf das Resultat auswirkt. Ein perfekter Stempel stellt daher ein Hauptkriterium für einen erfolgreichen Einsatz der Imprint-Technik dar. Im Rahmen des Projektes FORNEL ist es das Ziel, mittels optischer Lithographie, konventionellen

Ätztechniken und fokussierten Ionenstrahlen aus UV-transparentem Quarz optimierte Prägeformen herzustellen.

Stempelherstellung

Für die Evaluierung von verschiedenen Lacken und die Optimierung von Prozessparametern werden am IISB nicht nur Stempel aus Quarz verwendet. Vielmehr nutzt man die hausinterne Si-Technologie, um Masterstrukturen aus Si herzustellen (siehe Fig. 2), die dann mit einem Siloxan (PDMS), nach einer geeigneten Behandlung der Si-Oberfläche, beinahe beliebig oft abgeformt werden können. In Fig. 3 ist ein Beispiel für einen Si-Master und dessen abgeformten PDMS-Stempel gezeigt. Die Strukturgröße beträgt hier 1,2 µm.

Neben den PDMS-Stempeln wird parallel an einem Quarzätzprozeß gearbeitet. Der Vorteil von Quarz gegenüber PDMS ist die höhere Transparenz im UV Bereich, sowie dessen signifikant höhere mechanische und chemische Beständigkeit, weshalb Quarzstempel im Bereich von Strukturgrößen unter 300 nm, trotz aufwendigerer Technologie, klar zu bevorzugen sind. In Fig. 4 ist ein Querschnitt eines geätzten Grabens in Quarz gezeigt.

Ausblick

Mitte des Jahres 2005 wird ein Step-and-Stamp-Imprint-Stepper (NPS 200 von Suss microtec) in Betrieb genommen, um Stempel und Lacke systematisch zu untersuchen.

Ansprechpartner

Holger Schmitt
Telefon: +49 (0) 9131 761-153
holger.schmitt@iisb.fraunhofer.de

Nanostructuring Using an Imprint Technique

Introduction

An important requirement for further developments in nanotechnology is the availability of a cost-effective, high-throughput technology for the production of very small structures. Nowadays, lithography tools use excimer lasers, which operate at a wavelength of 193 nm, to fabricate chips with a minimum structure size of 90 nm (structure size: DRAM half pitch) and will likely be applied for structure sizes down to 65 nm. Further reduction of the minimum structure size (45 nm, 32 nm, 22 nm) requires new lithography tools. These new technologies are summarized under the term "next generation lithography (NGL)". One candidate for NGL is EUV lithography which shows high requirements to light sources, optical imaging and masks resulting in high costs. Another candidate is e-beam lithography, but as serial writing technique with consequently low throughput, this possibility won't be appropriate for mass production.

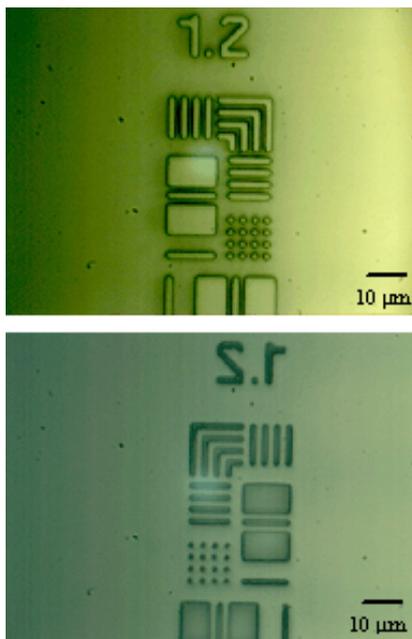


Fig. 3: Si-Masterstruktur (oben) und PDMS-Stempel (unten);
Si master (top) and PDMS mold (down).

Imprint techniques can be considered as another possibility. The principle of this technology goes back to ancient times, but has the potential to meet future demands in lithography. Since midyear 2004 and within the Association of Bavarian Research Cooperation for Nanoelectronics (FORNEL), IISB, the Chair of Electron Devices and Suss microtec undertake intensive research on the topic "imprint" to enable cost-effective and high-throughput fabrication of nanostructures.

Principle

Structuring by imprint lithography is done using a mold which is pressed into an UV-sensitive resist (see fig. 1). By this procedure, the structures on the mold will be transferred into the resist. After an UV flood exposure that cures the resist, the resist serves as an etch mask for the transfer of the structures by reactive ion etching (RIE) into the substrate. Based on this technique, pillars with a minimum size of 10 nm in diameter have been produced and transferred. Imprint is a reproduction technique. Therefore, the structures on the mold are being transferred 1:1 into the substrate. This means that every single failure in the mold will directly influence the result. A perfect mold is therefore a main criterion for a successful introduction of the imprint technology.

Within the scope of the FORNEL project, it is the goal to process optimized imprint templates from UV-transparent quartz by optical lithography, conventional etching techniques and focused ion beam milling.

Fabrication of Molds

At IISB, not only quartz molds are going to be introduced for the evaluation of

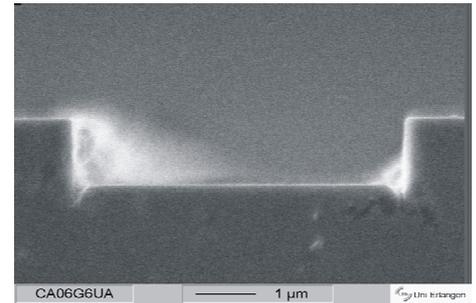


Fig. 4: Querschnitt eines geätzten Grabens in Quarz;

Cross-section of a trench etched in quartz.

different resists and the optimization of

process parameters. In fact, also the established Si technology will be used to produce Si masters (see fig. 2). After a suitable surface treatment the Si master will be used to fabricate a siloxane (PDMS) cast. This procedure can be repeated reproducibly several times. Fig. 3 shows an example of a Si master and a casted PDMS mold.

Besides the work on PDMS molds, the research involves the development and optimization of a dry etching process for quartz. The advantage of quartz to PDMS is a higher transparency in the UV regime and its significant superior mechanical and chemical resistance. That's why quartz molds are more beneficial when the structure sizes are below 300 nm, even when the process is more complex. Fig. 4 shows a cross-section of an etched trench in quartz with high anisotropy.

Outlook

Until midyear 2005, a step and stamp imprint stepper (NPS 200) will be installed to evaluate different resists and molds.

Contact

Holger Schmitt
Phone: +49 (0) 9131 761-153
holger.schmitt@iisb.fraunhofer.de

Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Kristallzüchtung

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

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

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

Im Jahr 2004 hat die Abteilung Kristallzüchtung des Fraunhofer-Instituts IISB seine Position als weltweit anerkanntes Kompetenzzentrum auf dem Gebiet der Kristallzüchtung festigen können.

So gelang es, reproduzierbar transparente GaN-Quasisubstrate aus Ga-haltigen Lösungen bei Raumdruckbedingungen herzustellen. Die strukturellen und optischen Eigenschaften des so herge-

stellten GaN übertreffen dabei teilweise die Qualität von aus der Gasphase hergestellten GaN-Schichten vergleichbarer Dicke.

Im Bereich Photovoltaiksilicium konnten grundlegende Erkenntnisse über den konvektiven Wärme- und Stofftransport beim Blockgießen als auch beim Ziehen von Siliziumrohren gewonnen werden. Diese Ergebnisse sind eine wichtige Voraussetzung dafür, daß die Industriepartner ihre Produktionsverfahren weiter optimieren können.

Im Bereich optische Kristalle wurde gemeinsam mit dem Industriepartner eine neue Kristallzüchtungsanlage zur Herstellung von hochschmelzenden Oxidkristallen zum Beispiel für Detektoren in der Medizintechnik entwickelt.

Im Bereich Mikrogravitationsforschung wurde erfolgreich ein Weltraumexperiment auf der Raketenmission TEXUS 41 durchgeführt, welches vom IISB durch Computersimulation vorbereitet wurde. Darüber hinaus wurde das thermische Modell für eine Ofenanlage, die auf der internationalen Raumstation zum Einsatz kommen soll, validiert.

Im Bereich Softwareentwicklung wurden die Grundlagen dafür geschaffen, daß die Software CrysVUn, die das Hauptprodukt der Abteilung Kristallzüchtung darstellt, künftig auch für turbulente Gas- und Schmelzströmungen sowie für semitransparente Medien einsetzbar ist. Außerdem wurde mit ORCAN eine robuste und flexible Programmierumgebung entwickelt, die bereits von mehreren externen FuE-Partnern für deren Softwareentwicklungsprojekte genutzt wird.

Zur Stärkung des internationalen Renommées der Abteilung Kristallzüchtung trugen nicht zuletzt auch die Verleihung der Ehrendoktorwürde an Georg Müller, die Organisation der Internationalen Sommerschule über Kristallzüchtung ISSCG12 in Berlin und das 2. Erlanger Symposium über Kristallzüchtung sowie nicht zuletzt mehrere

eingeladene Vorträge auf internationalen Konferenzen bei.

Die Abteilung Kristallzüchtung pflegt Kooperationen mit der Industrie in Deutschland, aber auch im Ausland. Die Industriepartner waren im vergangenen Jahr in alphabetischer Reihenfolge: AIM, Crystal Growing Systems, Deutsche Solar, EADS, Freiburger Compound Materials, Komatsu, LG Siltron, MEMC, Photonicmaterials, RWE Schott Solar, Schott Lithotec, Shinetsu, Sumco, Sumitomo Electrics, Tokuyama, Umicore, Wafer Technology.

Ansprechpartner

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

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

Crystal growth processes provide basic materials for many applications. The research and development of crystal growth processes is driven by the demands which come from specific applications. But in common, there is a need for an increase of crystal dimensions, improved uniformity of the relevant crystal properties in the micro- and macroscale, and materials with new properties.

Therefore, the focal area of research of the department Crystal Growth, which is a world-wide acknowledged center of competence, is to develop – in close collaboration with industry - equipment and processes for the production of bulk crystals in order to meet the increasing requirements on crystal quality and cost reduction.

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

In 2004, the department Crystal Growth of Fraunhofer IISB has consolidated its position as world-wide acknowledged center of competence in the field of crystal growth.

It was possible to produce reproducibly transparent GaN quasi-substrates from Ga-containing solutions at room pressure conditions. The structural and optical properties of GaN grown by that

way partly exceed the quality of GaN layers with comparable thickness grown from the vapor phase.

In the field of photovoltaic silicon, basic knowledge was gained about the convective heat and mass transport during casting and pulling of silicon tubes. These results are an important prerequisite that the industrial partners can further optimize their production processes.

In the field of optical crystals, a new crystal growth facility was developed together with the industrial partner. This machine will allow for example to grow high-melting oxide crystals to be used as detectors in medical applications.

In the field of microgravity research, a space experiment was successfully carried out during the rocket mission TEXUS 41, which was prepared by IISB using computer simulation. Furthermore, the thermal model of a furnace insert was validated which shall be run on the International Space Station.

In the field of software development, the basis was created that the software CrysVUn, which is the main product of the department Crystal Growth, will be used in future for turbulent melt and gas flows as well as for semitransparent media. In addition, a flexible and robust framework called Orcan was developed which is applied already by several external R&D partners for their software development projects.

The granting of the doctor honoris causa to Georg Müller, the organization of the International Summer School on Crystal Growth ISSCG12 in Berlin, of Erlangen's 2nd Symposium on Crystal Growth and last but not least several invited talks during international conferences have contributed to

strengthen the international reputation of the department Crystal Growth.

The department maintains national but also international cooperations with industry. The industrial partners are currently (in alphabetical order): AIM, Crystal Growing Systems, Deutsche Solar, EADS, Freiburger Compound Materials, Komatsu, LG Siltron, MEMC, Photonicmaterials, RWE Schott Solar, Schott Lithotec, Shinetsu, Sumco, Sumitomo Electrics, Tokuyama, Umicore, Wafer Technology.

Contact

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

Charakterisierung von lösungsgezüchteten GaN-Substraten

Die Forschung im Bereich der Nitridhalbleiter wurde auch im vergangenen Jahr sowohl national als auch international spürbar intensiviert. Erfreulicherweise sind hierbei auch die Entwicklungen innerhalb Europas und auch Deutschlands bemerkenswert. Obwohl ein GaN-Einkristall von relevanten Abmessungen nach wie vor nicht in Sicht ist, so sind doch vermehrt Anstrengungen im Bereich der Homoepitaxie auf GaN-Templates oder sogenannten Quasubstraten zu beobachten, um die Nachteile durch die Abscheidung auf artfremden Substraten zu umgehen.

Am IISB wurde bereits in den vergangenen Jahren im Rahmen eines BMBF-Projektes (FKz. 01BM158) an der Kristallzüchtung von GaN geforscht. Im Mittelpunkt des Interesses stand und steht dabei ein Verfahren, mit dem die Kristalle bei Raumdruck und Temperaturen kleiner als 1100°C aus einer Schmelzlösung abgeschieden werden. Im abgelaufenen Projektabschnitt konnten bereits erhebliche Fortschritte erzielt werden, so daß es mit den entwickelten Prototypanlagen möglich ist, reproduzierbar optisch klare Schichten auf größeren Flächen herzustellen. Durch den Einsatz eines Verfahrens, welches im Vergleich zur Abscheidung aus der Gasphase nahe am thermodynamischen Gleichgewicht arbeitet, wird eine geringere Defektdichte des lösungsgezüchteten Materials erwartet.

Diese Defektreduktion kann mittels TEM-Abbildung beobachtet werden, wenn eine GaN-Schicht aus der Lösung direkt auf einer MOCVD-GaN-Schicht aufgewachsen wird. Es kommt hier an der Grenzfläche zu einem Abbiegen oder einer Rekombination der in der MOCVD Schicht vorhandenen c-Richtungsversetzungen, so daß sich eine Versetzungsreduktion in der lösungsgezüchteten Schicht um ein bis zwei Größenordnungen, bezüglich der Verset-

zungsdichte in der MOCVD-Schicht, ergibt. Die hier wirkenden Mechanismen sollen im weiteren Verlauf des Projektes noch detaillierter untersucht werden, um in dieser Hinsicht eine weitere Prozeßoptimierung zu erreichen. Die so hergestellten Schichten sind n-leitend und weisen eine Ladungsträgerdichte von $1\text{-}5\cdot 10^{19}\text{ cm}^{-3}$ auf (Fig.1). Die Bestimmung der Ladungsträgerdichte erfolgte durch die Messung der Reflektivität der GaN-Proben mittels FTIR-Spektroskopie. Dies hat den Vorteil, daß die Messung von Ladungsträgerdichte und Mobilität kontaktlos erfolgen kann. Das mittels Lösungszüchtung hergestellte "Standard-Material" zeigt bei den Raumtemperatur-Photolumineszenz-Messungen (Fig. 2) eine hohe Lumineszenzintensität. Die Wellenlänge der bandkantennahen Lumineszenz ist mit der von kommerziellem MOCVD-Material vergleichbar. Das Auftreten der üblichen gelben Lumineszenz ist im lösungsgezüchteten GaN, in Relation zur Intensität der bandlückennahen Lumineszenz, unerheblich. Lokal - vor allem im Randbereich der Substrate - kann es, vermutlich aufgrund von Variationen in der Oberflächenmorphologie, zu einer leichten Verschiebung der Peakwellenlänge kommen. Die Oberflächen der GaN-Schichten sind Ga-terminiert. Die Polarität wurde am TEM mittels konvergenter Beugung bestimmt. Die Ergebnisse der Charakterisierung des lösungsgezüchteten Materials zeigen deutlich, daß die Lösungszüchtung eine gute Möglichkeit ist, strukturell hochwertiges c-plane GaN herzustellen.

Durch die Polarität der c-Gitterrichtung in der Wurzitstruktur werden in nitridbasierten Bauelementen jedoch interne elektrische Felder induziert, die z.B. zu einer Rotverschiebung der optischen Übergänge führen können. Das Wachstum entlang nichtpolarer Richtungen der GaN-Struktur, wie z. B. der a-Gitterrichtung wären hier von Vorteil. Im Rahmen einer Zusammenarbeit mit der

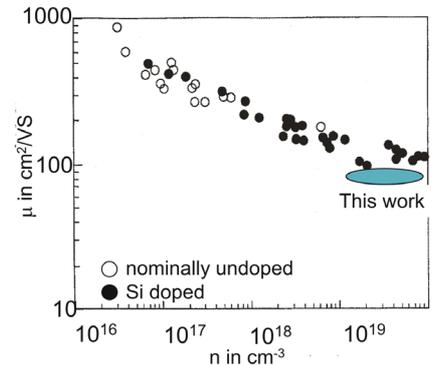


Fig. 1: Ladungsträgerdichten und Mobilität der lösungsgezüchteten GaN-Schichten, gemessen mittels FTIR, im Vergleich zu publizierten Daten für hochdotiertes GaN (Literaturangaben aus Mohammed et al. Prog. Quant. Electr., 20, 1996); Carrier density and mobility of solution-grown GaN as measured by FTIR, in comparison to published data for highly doped GaN (literature data taken from Mohammed et al. Prog. Quant. Electr., 20, 1996).

Universität Ulm konnte erstmals gezeigt werden, daß das Lösungszüchtungsverfahren grundsätzlich auch zur Abscheidung von a-plane GaN geeignet ist. Es ist gelungen, auf einer MOCVD-Keimschicht, GaN mit a-Orientierung und mehreren : m Dicke auf einer Fläche von 10x10 mm aufzuwachsen. Die genauere Charakterisierung dieser Materialien wird in der nächsten Zeit erfolgen.

Die Arbeiten zur Züchtung von GaN aus Schmelzlösungen werden auch im kommenden Jahr weitergeführt. Hierzu wurde bereits im Sommer 2004 ein neues Projektes beim BMBF beantragt.

Ansprechpartner

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

Characterization of GaN Substrates Grown from a Solution

The research in the field of nitride semiconductors has been remarkably intensified both national as well as international during the last year. Fortunately, there have been substantial developments within Europe and Germany during the report period. Even though the big GaN crystal of relevant dimensions is still not in sight, there are more and more efforts being made targeting at the homoepitaxial growth of GaN on templates or so-called quasisubstrates in order to circumvent the disadvantages originating from epitaxy using non-native substrates.

There has been ongoing research on the growth of GaN within the framework of a BMBF project (No. 01BM158) at the IISB during the last years. The main interest was the design of a growth process for the growth of GaN from a solution at ambient pressure and temperatures below 1100°C. The first project period included the development of a growth facility, which proved suitable for the growth of GaN, so that it is now possible to reproducibly grow optical transparent GaN layers on larger surfaces by default. Because this method generally works closer to the thermodynamic equilibrium compared to a gas phase process, the solution-grown GaN is expected to exhibit a lower defect density.

This defect reduction is indeed observed by TEM investigation of the material. If a GaN layer is grown from the solution directly upon a GaN MOCVD layer, the typical c-directional dislocations emerging from the MOCVD layer are recombining or bending away from the c-direction at the interface, so that a reduced dislocation density by about two orders of magnitude was found in the solution-grown material. However, the relevant mechanisms are subject to detailed ongoing TEM studies in order

to achieve a deeper understanding and further optimization of the growth process as to this aspect.

The GaN grown by this method is highly n-type conductive with a carrier density of $1 - 5 \cdot 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ (fig. 1). The carrier density was determined by measuring the reflectivity spectra of the samples by means of FTIR spectroscopy. This method offers the advantage that the carrier density as well as the mobility can be quantified without contact. The "state-of-the-art" GaN, as grown from the solution growth process at our institute, showed a high room temperature photoluminescence intensity. The wavelength of the near-band edge luminescence compares well to that published for commercially available MOCVD GaN material. The typical yellow PL emission often reported for GaN, is negligible for the solution-grown material in relation to the intensity of the near-band edge luminescence (fig. 2). However, locally, mainly close to the edges of the substrate, the peak wavelength can vary slightly, which is most likely due to small alterations in surface morphology. The surfaces of the GaN grown by the solution growth method was found to be Ga-terminated. The polarity of the material was determined by TEM investigations using a convergent beam electron diffraction technique.

Overall, the results of the characterization of the solution-grown GaN collected so far clearly showed that the solution growth of nitrides is feasible and with good prospects in terms of a production of low-defect c-plane GaN with high structural quality.

Regularly, the nitride devices are produced with a c-plane orientation. As a result of the polarity of the c-lattice direction in the wurzite structure of GaN, the operation of the nitride-based devices can be affected by polarization-

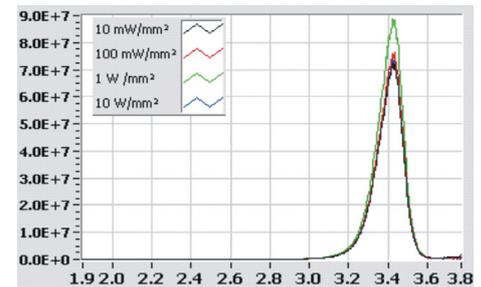


Fig. 2: Raumtemperatur PL-Messung an lösungsgezüchtetem GaN, bei unterschiedlichen Anregungsleistungen (normiert) (Messungen M. Kunzer, IAF); Room temperature PL spectra taken from solution grown GaN material, using different excitation power (normalized) (measurements from M. Kunzer IAF).

induced electrostatic fields along the c-axis. This internal fields can cause e.g. a redshift of the optical transitions. The growth along a non-polar axis of the GaN structure, like the a-lattice direction, would be beneficial here. Within a collaboration with the university of Ulm, we could show for the first time that also the growth of a-plane GaN is possible by the solution growth method developed within this project. It was possible to deposit GaN with a-orientation on top of a MOCVD seeding layer. The thickness of the a-plane GaN was several μm and the material covered a surface area of 10x10 mm. The electrical and optical properties of these materials will be studied in the near future.

The project on the growth of GaN from a solution at low temperatures and ambient pressure will be prolonged in the future. For this purpose a new project proposal was submitted to the BMBF in summer 2004.

Contact

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

Effiziente Lösung von strömungsmechanischen Problemen in der Kristallzucht

Die effiziente Berechnung des konvektiven Wärme- und Stofftransports in der Schmelze und im Gasraum stellt eine große Herausforderung bei der Modellierung von Kristallzuchtprozessen dar. So umfaßt die notwendige räumliche Auflösung für das numerische Gitter etwa 4 bis 5 Größenordnungen von der globalen Anlagendimension bis hin zur Diffusionsgrenzschicht an der fest-flüssig Phasengrenze. Um den konvektiven Wärme- und Stofftransport effizient und robust berechnen zu können, wurde deshalb ein neuartiges Hybrid-Modell für das Computerprogramm CrysVUn entwickelt. Das Hybrid-Modell vereinigt die Vorteile der zwei am IISB bestehenden Programme CrysVUn und STHAMAS2D. Die beiden Programme werden heute für die globale numerische Simulation von Kristallzuchtprozessen eingesetzt, verwenden aber unterschiedliche numerische Verfahren. Das Ziel der aktuellen Entwicklung war, die Vorteile der automatischen Gittergenerierung, der inversen Simulation und der benutzerfreundlichen graphischen Oberfläche von CrysVUn mit der effizienten Lösung von Strömungsproblemen, die in STHAMAS gewährleistet ist, zu vereinigen.

In der Hybrid-Version ist ein neues Verfahren mit einem überlappenden Gitter implementiert. Auf dem unstrukturierten Dreiecksgitter wird die Wärmeleitung, Strahlung und induktive Beheizung nach dem bestehenden Verfahren von CrysVUn behandelt. Auf dem blockstrukturierten Gitter wird die Konvektion, die Turbulenz und der Stofftransport berechnet.

Der neue Code CrysMAS kann die laminaire und turbulente Konvektion in der Schmelze und im Gas stationär und transient berechnen. Die strömungsmechanischen Berechnungen können für mehrere Fluide durchgeführt werden.

Dieser Hybrid-Ansatz, bestehend aus der gleichzeitigen Nutzung von unstrukturierten und blockstrukturierten Gittern erlaubt nun eine robuste, effiziente und benutzfreundliche Lösung von strömungsmechanischen Problemen, wie sie bei der alltäglichen Berechnung von Kristallzuchtprozessen auftreten.

Ein erstes Beispiel für den Einsatz des neuen Hybrid-Modells ist die Modellierung der Gaskonvektion bei der Zucht von GaAs-Kristallen nach dem Liquid-Encapsulated Czochralski-Verfahren (LEC; siehe Fig. 1). Während die Berechnung der turbulenten Gaskonvektion beim LEC-Verfahren mit CrysVUn bisher einen halben Tag oder länger dauerte, so ist nun mit dem neuen Hybrid-Modell eine Lösung innerhalb weniger Stunden möglich. Hinzu kommt, daß die Vorbereitung der Rechnung sich auf wenige Minuten verkürzt hat, während man mit STHAMAS einige Stunden für das Preprocessing benötigte. Ein anderes Beispiel ist die Berechnung der Schmelz- und Gaskonvektion beim Ziehen von Silicium-Röhren nach dem EFG-Verfahren (Edge-Defined Film Fed Growth). Das EFG-Verfahren stellt eine kostengünstige Technik zur Herstellung von Siliciummaterial für die Photovoltaik dar. Bei diesem Prozeß wird die Kristallform durch einen Kapillarspalt definiert, welcher von einem Schmelzreservoir gespeist wird. Der multikristalline Kristallkörper wird dann nach oben aus der Anlage herausgezogen.

Es wäre extrem aufwendig, ein rein blockstrukturiertes Gitter zu erzeugen, um darauf den konvektiven Wärme- und Stofftransport global in einer solchen EFG-Anlage zu berechnen, wie sie in Fig. 2 dargestellt ist. Außerdem ist es nahezu unmöglich dieses strömungsmechanische Problem auf einem rein unstrukturierten Gitter zu behandeln. Mit dem neuen Hybrid-Ansatz kann der

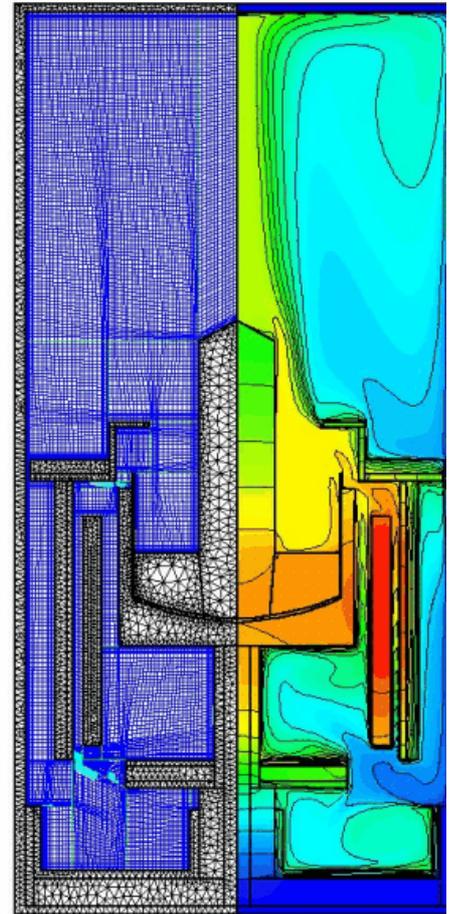


Fig. 1: Das globale numerische Modell einer Cz-Anlage. Links ist das Hybrid-Gitter und rechts die bei einem Ar-Gasdruck von 3 bar berechnete Temperaturverteilung gezeigt; The global numerical model of a Cz puller. On the left, the hybrid grid is shown. On the right the computed temperature distribution is shown for an Ar gas pressure of 3 bar.

konvektive Wärmetransport nun innerhalb weniger Stunden vom Aufsetzen des Problems bis zur Visualisierung der Ergebnisse erhalten werden.

Die durchgeführten Arbeiten erfolgten mit finanzieller Unterstützung von Freiberger Compound Materials und RWE Schott Solar.

Ansprechpartner

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

Efficient Solution of Fluid-Dynamic Problems in Crystal Growth by Means of a New Hybrid Model

The efficient solution of the convective heat and mass transport in the melt and in the gas atmosphere remains a big challenge for the modeling of crystal growth processes. For example, the spatial resolution of the numerical mesh has to cover 4 to 5 orders of magnitude ranging from the global dimension of the growth facility down to the diffusion boundary layer in the vicinity of the solid-liquid interface. In order to compute efficiently and robustly the convective heat and mass transport, a new hybrid model was developed for the computer program CrysVUn. The hybrid model combines the advantages of the two existing simulation packages CrysVUn and STHAMAS2D. Both codes are applied to the global simulation of crystal growth processes, but they use different numerical methods.

The goal of the current development is to combine the strengths of CrysVUn, which are automatic mesh generation, inverse modeling capability and user-friendly graphical user interface, with the main advantage of STHAMAS which is the fast solution of fluid-dynamic problems.

In the hybrid version, a new method is implemented using overlapping grids. Heat conduction, thermal surface radiation and inductive heating are treated on the unstructured grid using the methods already existing in CrysVUn. Convection, turbulence and species transport are solved on the block structured grid.

The new hybrid code CrysMAS can compute laminar and turbulent convection in the melt and in the gas in stationary and in transient mode. The fluid dynamics calculations can be performed simultaneously in multiple connected fluid domains with different fluids. The species transport can be analyzed correspondingly in multiple fluid domains.

The fluid-fluid interaction on the common fluid interfaces are described by means of automatically set boundary conditions. The phase transition between the crystal and the melt is computed by the phase tracking method. The inverse modeling can be done now without any restriction for the combined unstructured and block structured grid.

This hybrid approach, consisting of the simultaneous use of unstructured and block-structured grids, now allows an efficient, robust and user-friendly solution of fluid-dynamic problems which occur in the daily work during modeling of crystal growth processes.

A first example for the application of the new hybrid model is the calculation of the gas convection occurring during growth of GaAs crystals by the Liquid Encapsulated Czochralski method (LEC, see fig. 1). The computation of the turbulent gas convection takes half a day or even longer by using CrysVUn, whereas a converged solution is now obtained within a few hours. In addition, the time for the preprocessing which requires a few hours by using STHAMAS now reduced to a few minutes only.

Another example is the computation of the melt and gas convection during growth of silicon tubes by the EFG method (Edge-Defined Film Fed Growth). The EFG technique is a cheap method for the production of photovoltaic silicon. In this technique, the shape of the crystal is defined by a capillary supplied with silicon from a melt pool. The multicrystalline crystal is pulled vertically out of the top of the vessel.

It would be extremely time-consuming to create a pure block-structured mesh, which allows the global computation of melt and gas convection in an EFG facility as shown in fig. 2. Furthermore, it is

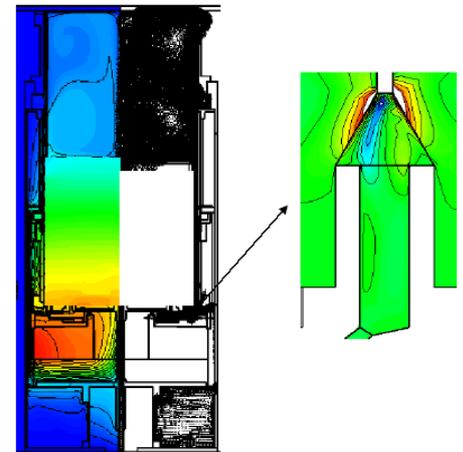


Fig. 2: Das globale, numerische Modell einer EFG-Anlage: Links Temperaturfeld, rechts Strömungsmuster im Gasraum und in der Schmelze. Der Ausschnitt zeigt die z-Komponente der Strömungsgeschwindigkeit im Gas und in der Schmelze im Bereich des Schmelzmeniskus; The global numerical model of an EFG facility: Left temperature field, right flow pattern in melt and gas. The insert shows the z-component of the flow velocity of the gas and the melt in the vicinity of the melt meniscus.

almost impossible to solve this fluid-mechanical problem on a pure unstructured grid.

By using the new hybrid model, the convective heat transport can be treated now within a few hours starting from the formulation of the problem until the visualization of the obtained results.

The presented developments were financially supported by Freiburger Compound Materials and RWE Schott Solar.

Contact

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

Untersuchungen des Wärme- und Stofftransports beim Blockgießen von Photovoltaiksilicium

Das gerichtete Erstarren von multikristallinem Photovoltaiksilicium ist das industrielle Produktionsverfahren mit dem größten Marktanteil. So liegt der Anteil von multikristallinem gerichtet erstarrtem Silicium bei etwa 60 %.

Das gerichtete Erstarren von Photovoltaiksilicium umfaßt zwei Technologien (Fig. 1): Das Bridgman-Verfahren und das Blockgießen. Beim Bridgman-Verfahren findet der Schmelz- und Kristallisationsvorgang in einer Anlage statt. Nach dem Aufschmelzen des Ausgangsmaterials wird durch mechanisches Verfahren der Kokille der Kristallisationsprozeß durchgeführt. Beim Blockgießen ist der Schmelz- und Kristallisationsprozeß anlagentechnisch getrennt. Die Silicium-Schmelze wird dabei in die Kokille der Kristallisationseinheit gegossen und erstarrt dann in dieser durch kontrollierte Wärmeabfuhr. Mit dem Bridgman- oder Gießverfahren werden heute multikristalline Siliciumblöcke mit einem Gewicht von über 300 kg hergestellt. Die Vorteile der gerichteten Erstarrung sind im wesentlichen die hohe Produktivität pro Run, der geringe Energiebedarf pro hergestelltem Kilogramm Silicium, die geringen Kosten sowie der gute Wirkungsgrad der multi-kristallinen Solarzellen.

Bei den bisherigen experimentellen und numerischen Untersuchungen des Wärmetransports bei der gerichteten Erstarrung von Photovoltaiksilicium wurden die Konvektionsvorgänge in der Schmelze meistens vernachlässigt. Die Literaturergebnisse zeigen aber, daß geringe radiale Temperaturgradienten in der Schmelze vorhanden sind, die zu einer gekrümmten Phasengrenze führen können. Solche radialen Temperaturgradienten sind verantwortlich für das Auftreten von natürlicher Konvektion. Der Einfluß der natürlichen Konvektion auf den Wärme- und Stofftransport läßt sich wie folgt abschätzen: Für eine typische Länge von $L = 300\text{mm}$, einem axialen Temperaturgradienten in der Schmelze von 1 K/cm und einer Durchbiegung der Phasengrenze $\alpha \cdot x$ von 1 cm ergibt sich eine typische Strömungsgeschwindigkeit in der Schmelze von 2 cm/sec . Mit Hilfe dieser so ermittelten Strömungsgeschwindigkeit läßt sich die thermische Peclet-Zahl angeben, die das Verhältnis von konvektivem zu diffusivem Wärme- bzw. Stofftransport beschreibt. Für den Wärmetransport folgt ein Wert der Peclet-Zahl von 10. Dies bedeutet, daß mit einem mäßigen Einfluß der Konvektion auf den Wärmetransport gerechnet werden kann.

Um den Konvektionseinfluß genauer zu untersuchen, wurde mit Hilfe des vom IISB entwickelten Programms STHAMAS3D ein dreidimensionales Modell unter Verwendung vereinfachter thermischer Randbedingungen für die während des Erstarrens in einer Kokille mit den Dimensionen $55 \times 70 \times 23\text{ cm}^3$ ablaufenden Transportvorgänge erstellt. Mit diesem Modell wurde der Einfluß verschiedener Prozeßbedingungen, wie z.B. axialer Temperaturgradient, Wachstumsgeschwindigkeit, auf die Strömungsstruktur, Strömungsgeschwindigkeiten und auf die Durchbiegung der

Phasengrenze untersucht.

In Fig. 2 sind typische Strömungsstrukturen und Form der Phasengrenzen dargestellt. Je nach Parametersatz treten flache, konvexe oder konkave Phasengrenzformen auf. Im untersuchten Parameterraum liegen die Strömungsgeschwindigkeiten typischerweise zwischen einigen wenigen mm/sec bis einigen wenigen cm/sec. Die Durchbiegung der Phasengrenze bewegt sich zwischen -2 bis $+5\text{ cm}$.

Sowohl die Durchbiegung der Phasengrenze und als auch die max. Strömungsgeschwindigkeit hängen von der Wachstumsrate und dem axialen Temperaturgradienten in der Schmelze ab.

Die Ergebnisse zeigen, daß die Konvektion einen Einfluß auf den Wärmetransport und insbesondere auf die Form der Phasengrenze hat und für die betrachteten Kokillengrößen und Prozeßbedingungen eine wichtige Rolle spielt.

Ansprechpartner

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

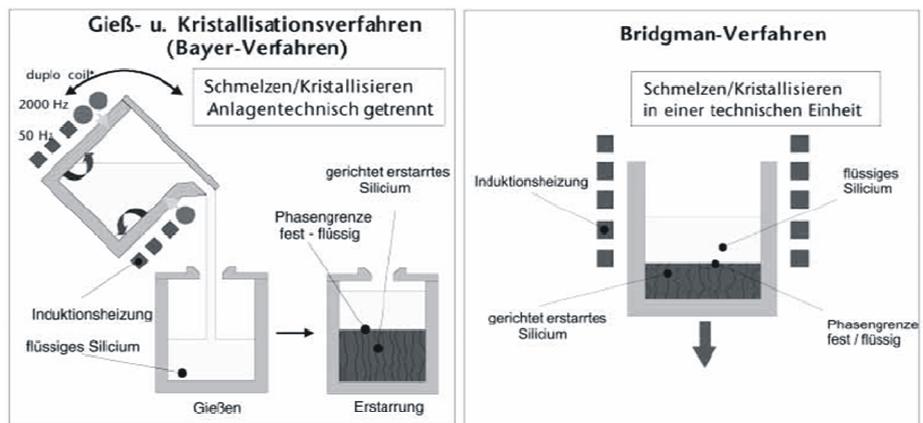


Fig. 1: Prinzip des Bridgman-Verfahrens (rechts) und des Blockgießens (links) zur Herstellung von Photovoltaiksilicium (nach Woditsch, Kostenreduktionspotentiale bei der Herstellung von PV-Moduklen, FVS 2000); Principle of the Bridgman-method (right) and the casting technique (left) for the production of photovoltaic silicon (according to Woditsch, Kostenreduktionspotentiale bei der Herstellung von PV-Moduklen, FVS 2000).

Analyses of the Heat and Mass Transport during Casting of Photovoltaic Silicon

Directional solidification of multi-crystalline photovoltaic silicon is the industrial production technique with the largest market share. For example, the ratio of multi-crystalline directionally solidified silicon is about 60%.

Directional solidification of photovoltaic silicon includes two methods (see fig. 1): The Bridgman method and the casting technique. In the Bridgman method, the melting and crystallization processes take place in one facility. After melting of the starting material, crystallization occurs due to a mechanical movement of the mould. In the casting process, the melting and crystallization processes take place in two different facilities. Thus, the silicon melt is poured from the melting unit into the mould of the crystallization unit, where the melt solidifies due to controlled heat extraction. Today, silicon blocks with a weight of over 300 kg, i.e. a volume of $70 \times 70 \times 25 \text{ cm}^3$ are produced by the Bridgman or casting technique. In general, the advantages of the directional solidification are high productivity per run, small energy amount needed for the production of 1 kg silicon, low costs and the good efficiency of the solar cells manufactured from the blocks.

In the previous experimental and numerical investigations of the heat transport during directional solidification of photovoltaic silicon, melt convection was often neglected. However, the results obtained so far in literature show that radial temperature gradients are present in the melt, which might result in a curved crystallization front. Such radial temperature gradients are responsible for the occurrence of natural convection. The influence of convection on the heat and mass transport can be estimated as follows: For a typical length of $L = 300 \text{ mm}$, a typical temperature gradient of 1 K/cm and a typical

deflection of the crystallization front of 1 cm , a characteristic flow velocity of 2 cm/sec results. By using these values of the flow velocity, the thermal resp. solutal Peclet-number can be determined which is the ration between convective and diffusive heat resp. mass transport. For the heat transport, the Peclet number is 10, whereas for the mass transport its value is 20 000. This means that a moderate influence of melt convection on the heat transport can be expected and a strong impact of melt convection on the mass transport should occur.

In order to investigate the influence of convection in more detail, a simplified three-dimensional model of the transport processes occurring during solidification of silicon in a mould with the dimension $55 \times 70 \times 23 \text{ cm}^3$ was developed by using the code STHAMAS3D developed by IISB. With this model, the influence of several process parameters such as axial temperature gradient in the melt, crystallization velocity, radiation temperature at the free melt surface on the deflection of the crystallization front, on the flow pattern and on the maximum flow velocity in the melt was investigated.

In fig. 2, typical flow patterns and shapes of the solid-liquid interface are shown. Depending on the process parameters used, flat, concave or convex interface shapes are observed. In the case of the convex interface shape, the flow is directed at the interface from the center towards the wall of the mould, whereas in the other cases, the flow direction is vice versa. In the investigated parameter space, the flow velocity are typically between a few mm/sec and a few cm/sec .

The interface deflection as well as the flow velocity depend on the axial temperature gradient in the melt and on the crystallization velocity.

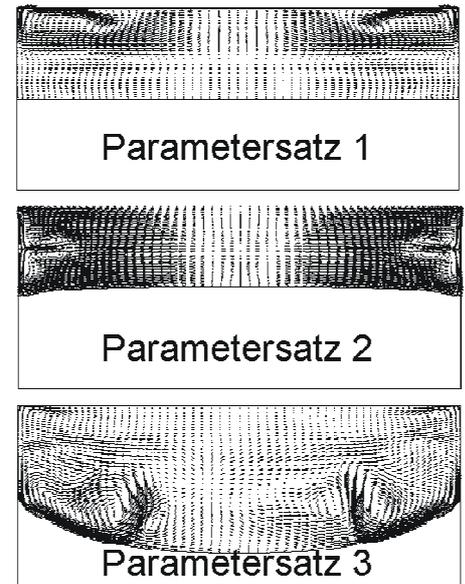


Fig. 2: Typische, numerisch berechnete Strömungsmuster und Form der Kristallisationsfront in einem vertikalen Schnitt durch die Kokille bei der gerichteten Erstarrung von Photovoltaik-silicium;

Typical, numerically calculated flow patterns and interface shapes in a vertical cross-section through the mould during directional solidification of photovoltaic silicon.

The obtained results show that convection is important for the considered mould dimensions and process parameters and has an influence on the heat transport and especially on the shape of the crystallization front.

Contact

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

Optische Kristalle sind von großer Bedeutung als aktive optische Bauelemente, wie Laser, Szintillatoren, nicht-lineare optische Komponenten sowie als passive optische Bauteile, wie Fenster, Linsen oder Prismen. Im allgemeinen verhalten sich diese optischen Kristalle ganz anders als die opaken Halbleiterkristalle, bei denen in der Regel die Wärmestrahlung an der Oberfläche des Materials absorbiert wird, oder die transparenten Materialien, bei denen die Wärmestrahlung das Material ohne weitere Wechselwirkung durchdringen kann. Wie der Name schon sagt, kommt es bei einem semitransparenten oder partizipierenden Medium zu vielfältigen Wechselwirkungen mit der Wärmestrahlung. Wenn die Strahlung in ein solches Material eindringt, treten unterschiedliche physikalische Phänomene auf, wie Absorption, Reflexion, Brechung, Volumenemission und Streuung.

Um den Herstellungsprozeß solcher optischen semitransparenten Materialien simulieren zu können, wurde in das kommerzielle, im Haus entwickelte Softwarepaket CrysVUn ein neues numerisches Modell implementiert, welches die Wechselwirkung zwischen Wärmestrahlung und partizipierendem Medium berücksichtigt.

Es gibt viele Modelle, um die Wechselwirkung zwischen Strahlung und Medium zu behandeln. Jedoch sind grundsätzlich höherwertige, d.h. komplexere Modelle notwendig, die zu einer Vielzahl von Schwierigkeiten führen, wie zum Beispiel die uneffiziente Lösung extrem großer Gleichungssysteme, sehr lange Rechenzeiten oder sehr feine numerische Gitter. Da die Annahme oft erfüllt ist, daß Kristallzüchtungsprozesse in rotationssymmetrischen Anlagen stattfinden, haben wir uns entschlossen, ein „Ray Tracing“-Modell zur Behandlung von semitransparenten Me-

dien zu implementieren. Die Ray Tracing Modelle haben den Vorteil, daß sie gitterunabhängig sind und nicht die Lösung eines großen Gleichungssystems erfordern. Darüber hinaus können die Randbedingungen relativ einfach implementiert werden, und es wird relativ wenig Speicherplatz benötigt im Vergleich zu anderen Methoden.

Die physikalisch wichtigste Größe des Ray Tracing-Modells ist die Strahlungsintensität, die für eine gegebene Richtung an dem betrachteten Ort ankommt. Um diese zu berechnen, werden von jedem Ort in dem Medium Strahlen in viele Richtungen, je nach dem örtlichen Diskretisierungsschema, ausgesandt. Die Strahlungsintensität geht als Quellterm in die Energieerhaltungsgleichung ein, die anschließend gelöst werden muß, um das Temperaturfeld zu erhalten.

Temperature profile Opaque-Semi

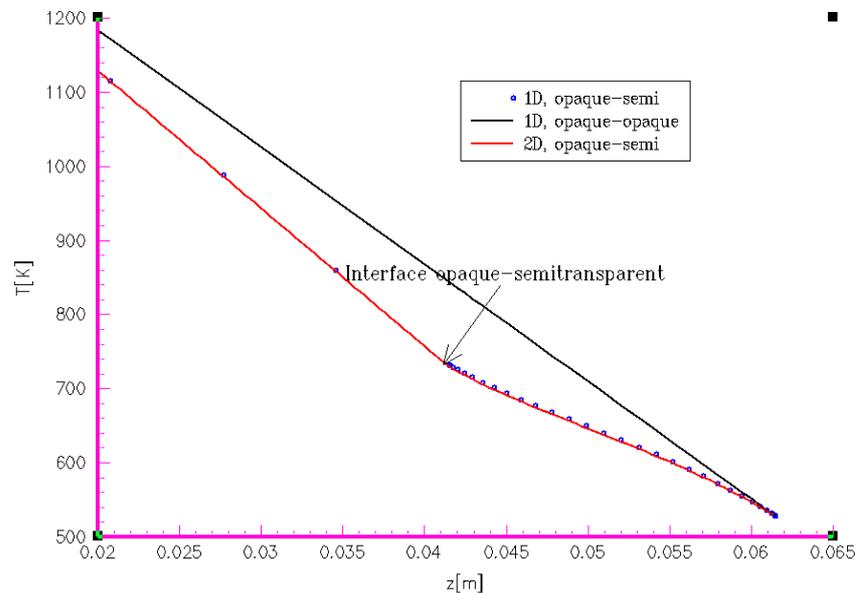


Fig. 1: Axiales Temperaturprofil berechnet nach der Ray Tracing-Methode (rote Linie) und ermittelt aus einer Benchmark-Lösung (blaue Symbole) für den Fall von zwei benachbarten Materialien (ein Material opak, ein Material semitransparent). Zum Vergleich ist auch das Temperaturprofil für den Fall zweier opaker Materialien eingezeichnet. The axial temperature profile computed with the ray tracing model (red line) and obtained from a benchmark solution (blue dots) for the case of two neighbor materials (one opaque and one semi-transparent). For reference, the solution for the case of two opaque materials is given as well.

Der Vergleich mit einer Benchmark-Lösung für einen eindimensionalen Testfall zeigt eine sehr gute Übereinstimmung zwischen dem in CrysVUn implementierten Modell und der Referenzlösung (siehe Fig. 1).

Fig. 2 zeigt den Einfluß des Absorptionskoeffizienten auf das axiale Temperaturprofil entlang der Symmetrieachse in einem semitransparenten Kristallmaterial, das in einer typischen VGF-Anlage hergestellt wird. Es ist offensichtlich, daß der Absorptionskoeffizient einen sehr großen Einfluß auf das thermische Feld besitzt.

Ansprechpartner

Dr. Gheorghe Ardelean
Telefon: +49 (0) 9131 761-265
gheorghe.ardelean@iisb.fraunhofer.de

Optical crystals are of great importance for active optical devices such as lasers, scintillators, non-linear optics as well as for passive optical components such as windows and lenses. The simulation of the growth of such optical crystals requires that the complex interaction between thermal radiation and the participating material is accurately considered in the model. In general, these optical crystals behave quite differently from the opaque semiconductors where the radiation is usually absorbed at the surface or from transparent materials where the radiation travels unaffectedly through the material. As the name says, a participating or semitransparent medium is interacting in many ways with thermal radiation. When the radiation enters such a material many physical phenomena occur such as absorption, reflection, refraction, volume emission, and dispersion.

In order to simulate the growth process of such optical semitransparent materials a new numerical model for describing the interaction between thermal radiation and the participating medium was implemented in our professional grade, inhouse developed software package CrysVUn.

There are many models developed for the treatment of radiation in participating media. However, in order to get higher numerical accuracy, one should consider in such models higher order approximations which raise many difficulties such as the inefficient solution of very complex equation systems, very long computation times, very fine numerical grids. Taking into account that many crystal growth processes take place in axi-symmetric facilities, we have decided to implement a model based on the ray tracing techniques. These models have the advantage to be grid-independent and not to require the numerical solution of huge equation

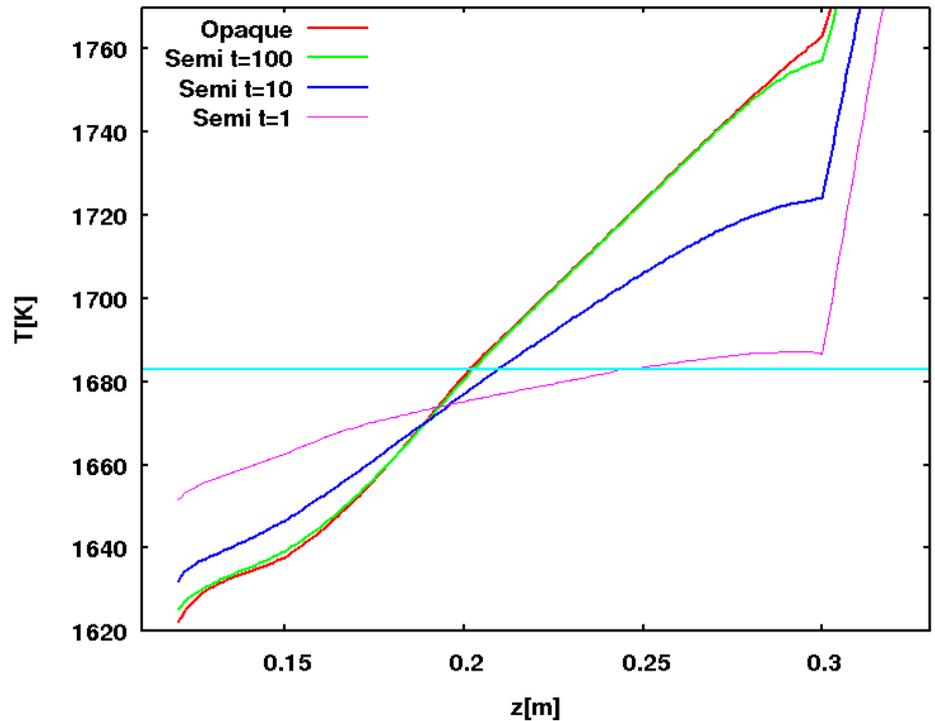


Fig. 2: Axiales Temperaturprofil entlang der Symmetrieachse in einer VGF-Anlage, in der ein semitransparenter Kristall in einem Tiegel gezüchtet wird. Die Kurven zeigen die Profile für unterschiedliche Absorptionskoeffizienten des semitransparenten Mediums; The axial temperature profile along the symmetry axis in a typical VGF furnace, in which a semitransparent crystal is grown in the crucible. The plots are done for different values of the absorption coefficients of the participating medium.

systems. Furthermore, they allow implementing boundaries in a simple way and require less memory than other approximations.

The most important physical measure for the ray tracing model is the intensity of the radiation coming from a given direction. To compute this, rays are sent from a location inside the semitransparent material in many directions based on a given spatial discretization scheme. The rays are tracked until a given stopping criterion is met. Whenever a surface is intersected by a ray, it is decided whether the ray is reflected, refracted or absorbed depending on the material properties. Thus, many ray paths are obtained which are used later on to compute the radiation intensities. Knowing the intensities, one can use them to compute the source term in the global temperature equation. By solving this equation, the temperature

field in every point is obtained.

The ray tracing model described above is implemented in CrysVUn and the solution provided by this model is in good agreement with a benchmark solution which was used to test the model (see fig. 1).

In fig. 2, the influence of the absorption coefficient on the axial temperature profile in a semitransparent medium is presented which is placed in a typical VGF furnace. It can be seen that the absorption coefficient has a big influence on the thermal field.

Contact

Dr. Gheorghe Ardelean
Phone: +49 (0) 9131 761-265
gheorghe.ardelean@iisb.fraunhofer.de

Schwerpunkte, Trends und Potentiale der Abteilung Leistungselektronische Systeme

„Wir gestalten die Leistungselektronik mit innovativen Systemlösungen und herausragenden Dienstleistungen zum Nutzen unserer Partner“. Gemäß diesem Leitbild entwickeln wir in Kooperation mit unseren Partnern aus Wissenschaft, Industrie und Kleinunternehmen innovative Technologien und Lösungen für die Leistungselektronik. Auch einmal ungewöhnliche Wege zu gehen, die andere für ungangbar halten, und dabei in neue Anwendungsfelder und Leistungsbereiche vorzustoßen, das ist für uns Anreiz und Herausforderung.

2004 war das bislang erfolgreichste Jahr der Abteilung. Mit dem im Mai des Jahres erteilten Bewilligungsbescheid für das „Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik - ZKLM“ wurde der Weg frei für die erste Außenstelle des Fraunhofer IISB. Angesiedelt ist das ZKLM am energietechnologischen Zentrum (etz) in Nürnberg. Mit dieser Einrichtung konnten wir unsere Aktivitäten im Bereich der Fahrzeugelektronik entscheidend stärken. Auch die geplante Kooperation des ZKLM mit dem ECPE-Netzwerk konnte realisiert werden. Ein gemeinsames Projekt wurde noch 2004 abgeschlossen, ein weiteres größeres F&E-Projekt auf den Weg gebracht.

Schwerpunkte der F&E-Arbeiten am ZKLM sind leistungselektronische Systeme für Hybrid-, Brennstoffzellen- und Elektrofahrzeuge. An die Schlüsselsysteme für derartige Fahrzeuge, wie Umrichter motoren für den Antriebsstrang und Hochleistungs-Spannungswandler, stellt der Einsatz in Fahrzeugen sehr hohe Anforderungen, die mit konventionellen Lösungen nicht erfüllbar sind. Hier sind völlig neue Technologien auf Seiten der Bauelemente, der Materialien, der Aufbau- und Verbindungstechnik sowie der Fertigungstechnik erforder-

lich, um eine mechatronische 3D-Integration in das Zielsystem mit der geforderten Zuverlässigkeit und Wirtschaftlichkeit realisieren zu können.

Eine weitere vielversprechende Aktivität, die 2004 auf den Weg gebracht werden konnte, ist der Zusammenschluß von vier Fraunhofer-Instituten, dem AiS, IISB, IMS und ISE, zu einer wirtschaftsorientierten strategischen Allianz (WISA). Ziel der Allianz ist die Bündelung der Aktivitäten auf dem Gebiet hochkompakter und effizienter elektrischer Leistungswandler. Ein gemeinsames Projekt mit einer Laufzeit von zwei Jahren zur Entwicklung von Basistechnologien für kompakte und effiziente Wandler sowie von entsprechenden Demonstratoren wurde seitens der FhG bewilligt. Im Rahmen dieses Projektes wollen wir am IISB unter dem Motto „100k W im Notebook-Format“ in einen neuen Leistungsdichtebereich für Hochspannungs-DC/DC-Wandler vorstoßen.

Darüber hinaus trat das IISB 2004 auch dem neuen Fraunhofer-Themenverbund Energie bei. Die Leistungselektronik ist aufgrund ihrer originären Funktion, Steuerung und Umwandlung elektrischer Energie der Schlüssel für viele Maßnahmen zur Energieeinsparung. So

stecken sowohl in der bedarfsgerechten Bereitstellung elektrischer Energie als auch in der Effizienz der Energieumwandlung noch enorme Einsparpotentiale. Das IISB wird seine umfangreiche Systemkompetenz im Bereich der Leistungselektronik in den Verbund Energie einbringen.

Unsere regelmäßigen Fachseminare zu ausgewählten Themen der Leistungselektronik sind auf große Resonanz gestoßen und regelmäßig ausgebucht. Der Weg zum Aufbau des Kompetenzzentrums Leistungselektronik am IISB, das von den Abteilungen Leistungselektronische Systeme und Technologie getragen wird, konnte damit erfolgreich weiter beschritten werden. Struktur und fachliche Schwerpunkte sind Fig. 1 zu entnehmen.

2005 wird es darum gehen, das ZKLM in Nürnberg weiter zu stärken und unsere Präsenz auf EU-Ebene auszubauen (EU-Projekte und internationale Kooperationen).

Ansprechpartner

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



Fig. 1: Kompetenzzentrum Leistungselektronik des Fraunhofer IISB; Competence Center Power Electronics of the Fraunhofer IISB.

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

" We further power electronics by innovations and offer extraordinary services to the benefit of our partners" . According to this mission statement, we develop new technologies and solutions for power electronics in close cooperation with our partners from science, industry as well as from small and medium-sized enterprises. Our interest and challenge is to find new, unusual approaches - which sometimes do not seem to be feasible for others - and thus to open new fields of applications and new ranges of system performance.

Up to now, 2004 has been the most successful year of the power electronic system department. After the notification of approval for the " Centre for Automotive Power Electronics and Mechatronics" (ZKLM), this first subsidiary of the Fraunhofer IISB was founded. The ZKLM is located at the energy technology centre (etz) in Nuremberg. With this institution, our activities in the field of automotive power electronics could be decisively strengthened. This is also reflected by the fact that a cooperation of the ZKLM and the European Center for Power Electronics (ECPE) - a network of leading European companies in the field of power electronics - could be realized. First common projects have already been launched in 2004.

The main emphasis of the R&D works at the ZKLM are on power electronic systems for hybrid, fuel cell and electrical vehicles. All these applications demand a lot from the key components of such vehicles like inverter drives or electrical power converters – requirements which cannot be fulfilled by conventional solutions. Completely new tech-

nologies in the fields of components, materials, interconnections, packaging and thermal management are therefore necessary in order to fulfill the high demands on reliability and economy. Besides, new manufacturing techniques for 3D mechatronically integrated power electronic systems must also be developed.

Another promising activity initiated in 2004 is the cooperation of four Fraunhofer institutes – AiS, IISB, IMS and ISE – to build an economically orientated strategic alliance (WISA). The aim of this alliance is the bundling of activities in the field of highly compact power converters. A common project over two years to develop basic technologies for compact and efficient electrical power converters as well as for corresponding demonstrators has been granted by the FhG. Within this project, the IISB wants to tap a new power range for high-voltage DC/DC converters according to the slogan " 100 kW in notebook format" .

Moreover, the IISB joined the new Fraunhofer network " Energy" in 2004. Power electronics is a key to energy saving because of its major function - " control and conversion of electrical energy" . Supplying electrical energy in the right amount to every load offers huge energy saving potentials. The same applies to the optimization of the efficiency of electrical energy conversion. The IISB will bring its extensive system competence in the field of power electronics into the network " Energy" .

Together with the tms institute in Nuremberg, a large study on power electronics has been worked out (fig. 2). The study comprises an overview on technical and market trends in power electronics and a benchmark of the Nuremberg region with the main power electronics regions world-wide.

Our regular seminars dealing with spe-



Fig. 2: Studie Leistungselektronik; Study on power electronics.

cific topics on power electronics met with excellent response and are regularly fully booked. Thus, the extension of the IISB " Competence Center for Power Electronics" , carried out by the departments power electronic systems and semiconductor technology could be successfully continued. The structure and technical emphasis of the center can be seen in fig. 1.

In 2005, a main goal will be the further strengthening of the ZKLM in Nuremberg and the extension of our presence on European level (EC projects and international cooperations).

Contact

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

Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik - ZKLM

Anfang September 2004 hat das "Zentrum für Kfz-Leistungselektronik und Mechatronik (ZKLM)", eine Einrichtung des Fraunhofer IISB, die Arbeit aufgenommen. Die als Außenstelle des IISB am energietechnologischen Zentrum (etz) in Nürnberg angesiedelte Arbeitsgruppe entwickelt leistungselektronische Komponenten für die Fahrzeuge von morgen.

Der Etat der Einrichtung umfaßt rund 6 Mio. Euro für die ersten fünf Jahre. Gut die Hälfte davon bringen die Industrie und das IISB auf, den Rest trägt der Freistaat Bayern mit Mitteln aus der EU-Ziel-2-Förderung.

Derzeit stehen am etz gut 300 m² Büro-, Labor- und Werkstattflächen zur Verfügung, Erweiterungsmöglichkeiten sind vorhanden.

Ein in den letzten vier Jahren im Rahmen des bayerischen HTO-Mechatronik-Projekts (BKM) aufgebautes Team bildet die Keimzelle der neuen Einrichtung. In einer Reihe erfolgreicher Projekte konnten sich die Mitarbeiter umfangreiches Know-how auf dem Gebiet der Kfz-Leistungselektronik und zugleich hohe Anerkennung bei den Industriepartnern erarbeiten. Dies spiegelt sich u.a. in diversen Projekten mit den führenden europäischen Automobilherstellern und Kfz-Zulieferern wider. Darüber hinaus unterstreichen acht im Jahr 2004 eingereichte Patentanmeldungen die erfolgreiche Arbeit. Nach einer Verstärkung des Teams durch drei Wissenschaftler im laufenden Jahr ist ein Aufbau auf etwa 16 Mitarbeiter innerhalb der kommenden Jahre geplant.

Vom „European Center for Power Electronics (ECPE)“ wurde das ZKLM zum „Competence Center Automotive“ ernannt. Das ECPE, ein Netzwerk führender Unternehmen der Leistungselektronik mit derzeit 15 Mitgliedsunter-

nehmen aus 5 europäischen Ländern, betreibt vorwettbewerbliche Forschung an ausgewählten europäischen Forschungseinrichtungen. Erste gemeinsame Projekte zwischen dem ECPE und dem ZKLM sind bereits gestartet.

Mit der neuen Einrichtung stärkt das IISB auch seine Rolle als leistungsfähiger Partner für kleine und mittelständische Unternehmen der Region bei allen Fragestellungen rund um Leistungselektronik und Mechatronik.

Schwerpunkt der Arbeiten am ZKLM sind Komponenten für besonders emissionsarme Kraftfahrzeuge, sogenannte »Ultra-Low Emission Vehicles« (ULEV). Für eine hohe Akzeptanz beim Kunden müssen diese Fahrzeuge nicht nur möglichst sparsam sein, sondern auch ein hohes Maß an Fahrspaß und Fahrkomfort bieten – und das zu mit heutigen Fahrzeugen konkurrenzfähigen Kosten.

Möglich wird dies zum Beispiel durch hybride Antriebssysteme, die die Vorteile des Verbrennungsmotors mit denen elektrischer Antriebe kombinieren. Schlüsselkomponenten für Hybridfahrzeuge sind einerseits leistungsstarke Elektromotoren, die künftig zusammen mit der erforderlichen Leistungselek-

tronik mechatronisch in den Antriebsstrang integriert sein müssen, andererseits hocheffiziente Spannungswandler mit sehr hohen Leistungsdichten.

Auf beiden Feldern machen die extremen Anforderungen der Kraftfahrzeugtechnik bezüglich Kosten, Leistungsdichte, Betriebstemperaturbereich, Zuverlässigkeit, Gewicht und Bauvolumen noch gewaltige Entwicklungsanstrengungen auf dem Weg zu marktreifen Leistungselektroniksystemen erforderlich.

Genau hier setzen die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten an der neu gegründeten Einrichtung an. Konkrete Themen sind u.a.: Mechatronische 3D-Integration, Integration passiver Bauelemente, Hochtemperaturelektronik, Aufbau- und Verbindungstechnik, thermisches Management und Zuverlässigkeit.

Ansprechpartner

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



Fig. 1: Das ZKLM am energietechnologischen Zentrum (etz) in Nürnberg:
The "Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics" of the IISB at the etz in Nuremberg.

Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics

In September 2004, the "Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics" (ZKLM), a new establishment of the Fraunhofer IISB, has taken up its work.

In this subsidiary of the IISB at the "Center for Energy Technology" (etz) in Nuremberg, a working group develops power electronic components for future vehicles.

The budget of this institution is about 6 million Euros for the first five years. About half of this amount is covered conjointly by industry and the IISB itself, the rest is funded by the state of Bavaria out of the EC "Ziel-2" budget.

The official start signal came in May 2004. After some replacements, about 300 m² of office, laboratory and workshop area are currently available at the etz. A flexible expandability is given.

A team, set up in line with the »Bavarian HTO Mechatronic Project« (BKM) during the last four years, forms the nucleus of the ZKLM. During several successful projects, this team was able to gain extensive knowledge within the field of automotive power electronics and achieved great appreciation of the industrial partners. This is reflected, among other things, in various projects with Europe's leading car manufacturers and suppliers. Moreover, eight patent applications in 2004 emphasize the successful work. Meanwhile, the staff has been enlarged with three young engineers. Within the next years, an enlargement of the staff up to about 16 employees is intended.

The "Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics" (ZKLM) has been elected by the "European Center for Power Electronics" (ECPE) as its "Competence Center Automotive". The ECPE, a network of leading companies in power electronics with currently

15 members from five European countries performs pre-competitive research at chosen leading European research facilities. First joint projects have already been initialized.

With the new subsidiary, the IISB also strengthens its position as strong partner for regional small and medium-sized enterprises in all matters of power electronics and mechatronics.

The main focus of the research done at the ZKLM are powertrain components for so-called "Ultra-Low Emission Vehicles" (ULEV). To obtain a high acceptance of customers, these vehicles have to be not only preferably economical, but have to offer a high degree of driving fun and comfort. Moreover, they have to be cost-competitive compared to conventional vehicles.

This is made possible e.g. by hybrid drive systems which combine the advantages of combustion engines with those of electric ones. Key components for hybrid vehicles are both efficient electric engines, which will have to be

mechatronically integrated into the powertrain together with the required power electronics in future, and highly efficient voltage converters with very high power densities.

In both fields, the extreme automotive requirements in terms of costs, power density, operating temperature, reliability, weight and volume still cause great research efforts on power electronic systems on the way to a readiness for the market.

This exactly is the point which the research and development work of the ZKLM is focused on. Specific topics are e.g. mechatronic 3D integration, integration of passive components, high-temperature electronics, thermal management and reliability.

Contact

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



- Automotive Power Electronics**
 - ❑ Systems and components for hybrid and fuel-cell vehicles
- Mechatronics**
 - ❑ 3D Integration
 - ❑ High temperature electronics
 - ❑ Concurrent engineering
 - ❑ Lifetime and reliability
- Power Processing**
 - ❑ Technologies for ultra-high power density converters
 - ❑ New circuit topologies
 - ❑ Multifunctional integration
 - ❑ Integration of passives
 - ❑ New materials
 - ❑ EMI optimization

Fig. 2: F&E-Schwerpunkte am ZKLM; R&D focus areas at the "Center for Automotive Power Electronics and Mechatronics".

Mechatronisch integrierter Umrichter motor für hybrid angetriebene Kraftfahrzeuge

Einleitung

Aufgrund knapper werdender Kraftstoffreserven und verschärfter Vorschriften im Bereich des Umweltschutzes sieht sich die Automobilindustrie neuen Herausforderungen gegenüber. Denn: Notwendige Kraftstoffeinsparungen und die geforderte Reduzierung des Schadstoffausstoßes dürfen die Leistungsfähigkeit von Motor und Antrieb nicht negativ beeinflussen. Eine Lösung dieses Problems ist die Ergänzung des konventionellen Verbrennungsmotors mit einer elektrischen Maschine. Diese unterstützt den Motor bei Anfahrt sowie Beschleunigung und stellt Anlaß- und Lichtmaschinenfunktionen bereit. Prototypen und erste Serienfahrzeuge sind bereits im Einsatz, weisen aber einen entscheidenden Mangel auf: Der elektrische Teil des Antriebsstranges ist hier noch separat in Energiespeicher, Zuleitung, Umrichter, Filter sowie Elektromotor aufgeteilt und einzeln im Motorraum untergebracht.

Die Herausforderung

In diesem Mangel besteht unsere Herausforderung: Schon aus Kosten- und Platzgründen ist es das Ziel, einen serientauglichen Kfz-Antrieb, in den möglichst viele der oben genannten Komponenten integriert sind, zu entwickeln. Dabei müssen wir mit dem vom Antriebsstrang zur Verfügung gestellten Volumen auskommen. Das Problem: Temperaturen bis zu 140°C, starke Vibrationen zwischen Verbrennungsmotor und Getriebe sowie Ölnebel und metallischer Abrieb im Getriebetunnel machen diese Umgebung für ein elektronisches Bauteil nahezu ungeeignet. Zudem muß die EMV-Emission nach außen den einschlägigen Vorschriften entsprechen.

Unser Lösungsbeitrag

Im Bereich „Forschung hybride Antriebe“ konnten wir weitere Aufbauvarianten realisieren: Als ideale Lösung erwies sich eine ringförmige Struktur, die im System zwischen Blechpaket und Wickelkopf der E-Maschine platziert ist. Die Umrichterleistung des dreiphasigen Wechselrichters haben wir deutlich vergrößert. Jedes der ringsegmentförmigen Module kann jetzt über 300 A_{eff} momentbildenden Strom liefern. Zur Kühlung reicht der Kreislauf des Fahrzeuges, dessen Kühlmitteltemperatur bis zu 105°C beträgt.

Die zur Kühlung des Halbleiters nötige Struktur haben wir mittels FE-3D-Simulation optimiert (Fig. 1 zeigt die Strömungsverteilung an einer Rundfinnen-geometrie). Eine Wärmefalle im Modul fängt die zusätzlich anfallende Wärme – Wickelkopf-Phasenanschlüsse können bis zu 250°C heiß werden – ab. Erst dann sind wir in der Lage, den erzeugten Strom mit im automobilen Temperaturbereich üblichen Sensoren zu erfassen.

Stand der Entwicklung / Fazit

Im Zuge unserer Entwicklung haben wir die bisherigen Projekte erfolgreich abgeschlossen und zwei neue Partner aus der Automobilbranche gewonnen. Dank der iterativen Herangehensweise verfolgen wir inzwischen weitere Ansatzpunkte bezüglich der Aufbautechnik und Anordnung einzelner Komponenten. So macht beispielsweise die kompakte Konstruktion einige Bestandteile schlichtweg überflüssig, was einer Gewichts- und Kostenreduktion gleichkommt.

Am IISB werden heute weitere Umrichtersysteme für den Fahrantriebsstrang entwickelt (Fig. 2 zeigt einen Modell-

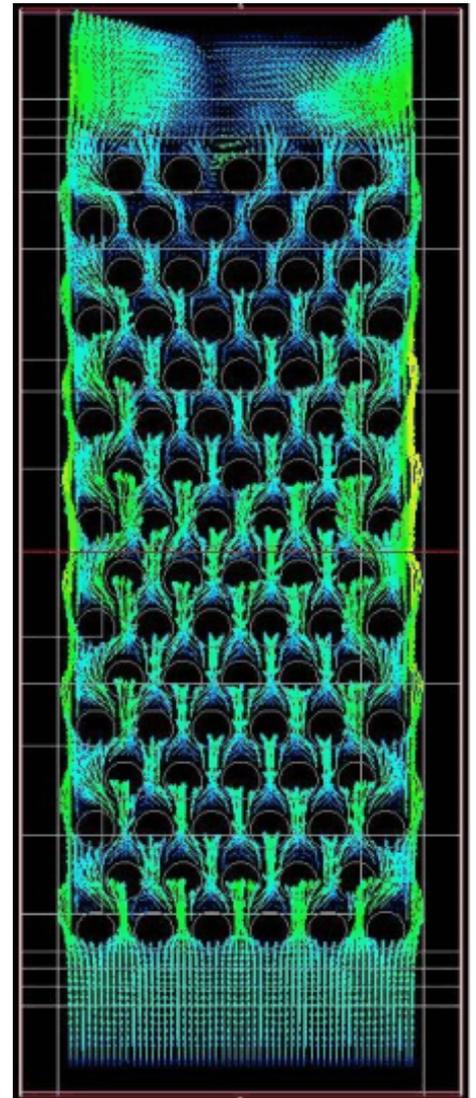


Fig. 1: Strömungsverhalten an einer Rundfinnen-geometrie; Mass flow using a round fin strategy.

ansatz). Dabei stehen die bessere Fertigbarkeit im Sinne einer Serienproduktion und eine höhere Lebensdauer im Vordergrund. Die Tendenz geht zu größeren Leistungen bei noch kompakterer Bauweise.

Ansprechpartner

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

Mechatronically Integrated Inverter Motor for Hybrid Traction Vehicles

Introduction

Due to decreasing fuel resources and harder government restrictions concerning environmental protection, the automotive industry has to face new challenges. Less fuel consumption and the desired reduction of emissions must not decrease motor power or drive performance. One solution is to let a conventional combustion engine be supported by an electrical motor. The electrical machine will assist the combustion engine during acceleration. Additionally, starter and generator functionality is provided. Prototypes and first high volume produced cars are already in use, but they all share a decisive defect: The electrical part of the power train is physically divided into energy storage, massive copper power cables, inverter, filter, and electrical motor section. All these components are mounted separately.

The Challenge

The defect mentioned above is our challenge: Because of cost and mounting space reasons, it is our goal to develop a mass producible hybrid drive, integrating as many components as possible. Unfortunately, we have to deal with the mounting space that is available for the clutch today. The problem: Ambient temperatures of up to 140°C, heavy vibrations between combustion engine and gear box as well as oil mist and metal dust inside the unit create a hostile environment for electronic components. Moreover, EMI emission must follow the governmental and automotive regulations.

Our Contribution

In the field "research on hybrid traction" we have realized several proto-

types based on different strategies: As an almost ideal solution we found a ring shaped structure that can be placed into the existing system between lamination stack and winding heads of the electrical machine. The output power of our inverter system could also be significantly increased.

Each of the ring-shaped power modules is now capable of providing over 300 Arms phase current for torque generation. To cool the system, the standard cooling of the combustion engine is used, although its liquid temperature reaches 105°C when approaching our inverter.

The geometry necessary for cooling the power semiconductors was optimized by means of a three-dimensional finite element analysis tool (fig. 1 shows the mass flow when a round fin strategy is used).

An additional heat trap inside our phase modules quenches the thermal impact introduced by the winding terminals which heats up to 250°C. Only then we are able to measure the phase current with usual sensors for automotive temperature ranges.

All intelligent half-bridge power modules own an implemented isolated signal interface. It provides important real-time information for a higher-level control loop like module temperature, value of DC link voltage and phase current. The PWM commands from a microcontroller are reviewed in terms of noise, minimum dead time, interlock and short pulse suppression. Afterwards, the isolated on and off commands are handed over to the IGBT gates. For safety reasons, every IGBT has an implemented desaturation short-circuit protection.

Latest developments of our power modules use complex-shaped ceramic

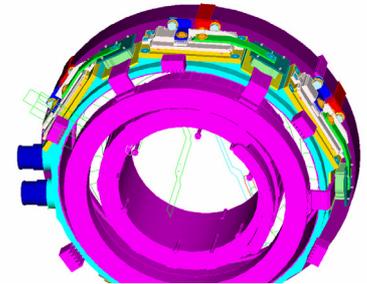


Fig. 2: ProEngineer Modell eines ringförmigen Leistungsumrichters;
ProEngineer model of a ring-shaped power inverter.

substrates. On their top side, the layout for the electrical half bridge topology is implemented, and on the bottom side, the cooling liquid flows directly through thermal-optimized channels.

Status of Development

During our steady development process we have successfully finished previous projects and found two new partners from the automotive section. Because of our iterative approach we meanwhile follow up several different strategies concerning mounting techniques and location of components. A compact design for example supersedes several components that are necessary otherwise and therefore achieves a significant reduction of weight and cost.

At IISB, inverter systems for hybrid traction applications are developed today (fig. 2 shows a design study). Main goals are better manufacturability in terms of higher volume production and an extended lifetime under operating conditions. The trend points to higher power at reduced volumes.

Contact

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

SiC-Bauelemente lassen DC/DC-Wandler für Kraftfahrzeuge schrumpfen

Leistungsstarke DC/DC-Wandler werden in den Kraftfahrzeugen der Zukunft benötigt, um beispielsweise den Umrichter einer Hybridantriebs mit einer konstanten Gleichspannung aus hochkapazitiven Kondensatoren (UltraCaps) versorgen zu können, um Bremsenergie in einen Energiespeicher zurückzuspeisen, oder um elektrische Energie zwischen unterschiedlichen Kfz-Bordnetzspannungsebenen (12 V - 42 V - 450 V) auszutauschen. Hochdynamische Spannungswandler sind erforderlich, um eine Brennstoffzelle mit ihrer geringen Leistungsdynamik bei Beschleunigungsvorgängen zu unterstützen.

Für den Einsatz von Leistungselektronik im Antriebsstrang von Kraftfahrzeugen kommt es vor allem auf hohe Leistungsdichte aufgrund des sehr beschränkten Bauraums an. Gleichzeitig ist ein hoher Wirkungsgrad gefordert. Diese Kombination aus Kompaktheit und hohem Wirkungsgrad läßt sich mit konventionellen Bauelementen nicht kostengünstig realisieren. Aber: Die Situation ist im Wandel. Durch die Verfügbarkeit erster Bauelemente auf der Basis von Siliciumcarbid (SiC) eröffnen sich für Leistungselektronik im Bereich höherer Spannungen völlig neue Möglichkeiten. Leistungsstarke und hocheffiziente Wandler lassen sich damit wesentlich kompakter als heute aufbauen.

Die Vorteile von SiC-Bauelementen kommen bei höheren Spannungen besonders zum Tragen, da im Spannungsbereich oberhalb von 150 V klassisch nur Silicium-p/n-Dioden zur Verfügung stehen. Diese verursachen aber hohe Schaltverluste in den aktiven Schaltern und limitieren dadurch die möglichen Schaltfrequenzen sehr stark. Durch den Einsatz von SiC-Schottkydioden ist es möglich, die Schaltfrequenz zu erhöhen und damit das Bauvolumen drastisch zu reduzieren - ohne dabei Einbußen im

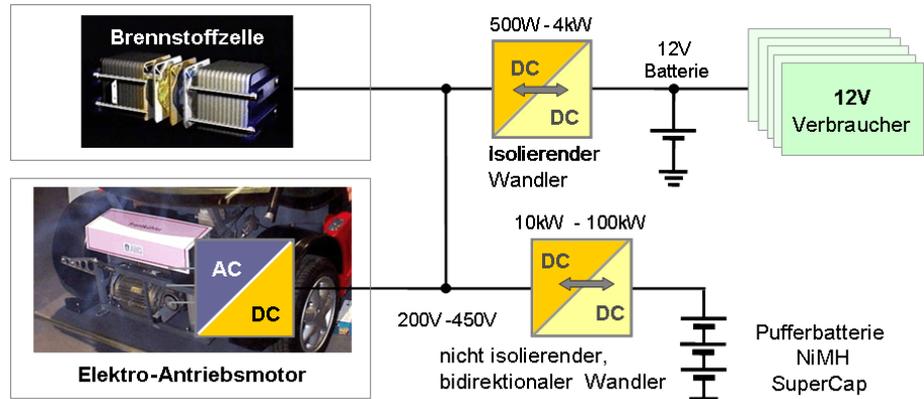


Fig. 1: DC/DC-Wandler für den Einsatz in Hybrid- und Brennstoffzellenfahrzeugen; DC/DC converters for hybrid and fuel cell car applications.

Wirkungsgrad in Kauf nehmen zu müssen. SiC-Bauelemente haben aber nicht nur bei den Dioden ein erhebliches Potential für die Leistungselektronik, sondern auch bei aktiven Schaltern, wie Tests mit ersten verfügbaren SiC-JFETs zeigen.

Obwohl die Grundprinzipien von Leistungswandlern seit Jahren bekannt sind, lassen sich durch den Einsatz von SiC-Bauelementen sowie durch neue Schaltungs- und Aufbautechniken noch gewaltige Verbesserungen bezüglich Systemkosten, Betriebstemperaturbereich, Zuverlässigkeit, Gewicht und Bauvolumen erreichen. In diese Richtung zielen die Arbeiten der Gruppe "Leistungswandler" am IISB.

So wurde 2004 ein bidirektionaler, galvanisch isolierender 500 W DC/DC-Wandler für die Kopplung eines 400 V-Antriebsspannungsbuses mit dem 12 V-Bordnetz eines Fahrzeugs entwickelt. Durch den Einsatz von SiC-Schottkydioden auf der Hochspannungsseite konnte eine Leistungsdichte von über 5 W/cm³ erreicht werden – ein Spitzenwert für Wandler dieser Art. Werden im Fahrzeug höhere Übertragungsleistungen gefordert, ist eine Parallelschaltung von Wandlermodulen bis zu einer Gesamtleistung von 4 kW und mehr möglich.

Bei nicht isolierenden Gleichspannungswandlern, wie sie für den Betrieb von Brennstoffzellen- und Hybridfahrzeugen benötigt werden, konnten wir mit einem unter Einsatz konventioneller Silicium-Bauelemente aufgebauten Prototypen eine Übertragungsleistung von 75 kW bei 85°C Kühlmitteltemperatur, und eine Leistungsdichte von 5,1 kW/dm³ erreichen. Der Wandler ist im Spannungsbereich bis 450 V einsetzbar, und mit einem CAN-Bus-Interface für die Kommunikation mit der Fahrzeugsteuerung ausgerüstet (s. Fig. 2). Durch den Einsatz von SiC-Schottkydioden, die bereits in Stückzahlen verfügbar sind, werden wir die Schaltfrequenz um den Faktor 5 steigern können, und streben eine Leistungsdichte von 25 kW/dm³ an.

In diese Richtung zielt auch ein in Kooperation zwischen den Fraunhofer Instituten AiS, IISB, IMS und ISE betriebenes Forschungsprojekt im Rahmen des Fraunhofer WISA-Programms.

Ansprechpartner

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

SiC Devices Shrink DC/DC Converters for Automotive

High-power DC/DC converters are required in future vehicles to supply the electric motor of a hybrid drive with a constant DC link voltage from ultra capacitors, for example. Another application is the bidirectional energy transfer between vehicle power subnets with different voltage levels, e.g. 12 V - 42 V - 450 V. Bidirectional converters enable the recuperation of braking energy into an electric energy storage. Highly dynamic DC/DC converters support less dynamic fuel cells during transient high load conditions, e.g. during vehicle acceleration.

For power electronics within the automotive powertrain, a high power density is important because of the very limited space in modern vehicles. Simultaneously, a high efficiency is required. This combination of compactness and efficiency can hardly be achieved with conventional silicon devices in high voltage applications. But the times are changing: First power semiconductor devices based on silicon carbide are available now, and these devices facilitate the development of very compact and highly efficient DC/DC converters.

With increasing system voltages, the advantages of SiC devices become more and more important. In the past, only silicon p/n-diodes were available for voltages higher than 150 V. These diodes limit the switching frequency to a rather low level because of the high switching losses they cause in the active switches. The low frequency requires large inductors and capacitors and therefore a fairly large part of the converter volume. A replacement of the Si p/n diodes with SiC Schottky diodes, which are meanwhile available in large quantities, significantly reduces the switching losses. Thus, reduction of the converter volume is possible without loss of efficiency. But SiC components are not only useful as diodes, they also

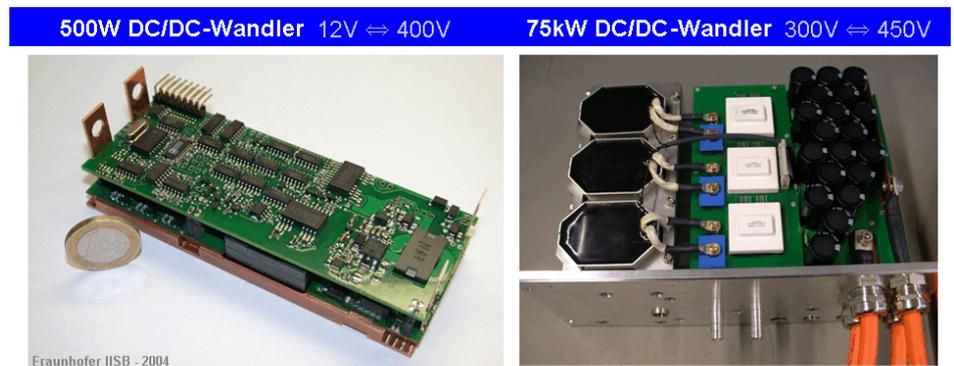


Fig. 2: DC/DC-Wandler für Kfz-Anwendungen – Entwicklungen des Fraunhofer IISB; DC/DC converter for automotive applications - developed at the Fraunhofer IISB.

have a very high potential as active switches. We could confirm this by tests on recently available SiC JFETs.

Despite the fact that the basic principles of power converters are already known, great achievements can be made by applying SiC devices in combination with new circuit topologies, passive components and mounting technologies in terms of costs, operational temperature range, reliability, weight and volume. The R&D work at the IISB aims at innovative system solutions for ultra high power density DC/DC converters.

A galvanically isolating, modular and bidirectional DC/DC converter with a power transfer capability of 500 W under worst case conditions – e.g. 105°C coolant temperature – was developed. This converter is used to transfer energy between a 400 V grid for the automotive powertrain and the conventional 12 V powernet. With the use of SiC Schottky diodes on the high-voltage side, a power density of 5.2 W/cm³ could be achieved. This is an outstanding value for an isolating bidirectional high voltage DC/DC converter. If a higher power transfer capability is required in a vehicle, several modules can be parallelized. Thus, power transfer capability of 4 kW or more is easily possible.

Besides, non-isolating DC/DC converters for high-power applications up to 75 kW were also developed. These converters are used in the powertrain of fuel cell and hybrid cars. The first prototypes can be used for a voltage range of up to 450 V and reach a power density of 5.1 W/cm³. The converters are equipped with a CAN bus interface for the communication with the vehicle control unit.

For the next generation of these converters, we will use SiC diodes in order to raise the switching frequency by a factor of five and so the power density up to a value of 25 W/cm³.

A joint R&D project between the Fraunhofer institutes AiS, IISB, IMS and ISE within the framework of the Fraunhofer WISA program also aims in that direction.

Contact

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

Ereignisse

CEA-Léti und der Fraunhofer-Verbund-Mikroelektronik (V: E), zwei der größten Organisationen für angewandte Forschung im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik in Europa, haben eine Erweiterung ihrer im Jahr 2003 geschlossenen Kooperationsvereinbarung am 4. November 2004 in Erlangen unterzeichnet, welche die Zusammenarbeit auf Front-End-Technologien für die Mikro- und Nanoelektronik ausdehnt.

Das Dokument wurde anlässlich der Jahrestagung 2004 des Fraunhofer-Instituts für Integrierte Systeme und Bauelemententechnologie (IISB) in Erlangen unterzeichnet, dem Kompetenzzentrum für Front-End-Technologien innerhalb des V: E. CEA-Léti wurde durch seinen Direktor Bernard Barbier, der V: E durch seinen Direktoriumsvorsitzenden Herbert Reichl vertreten. Während die ursprüngliche Kooperationsvereinbarung, die im September 2003 unterzeichnet

wurde, die Zusammenarbeit auf den Gebieten Wafer Packaging und Heterogene Systemintegration - dem sogenannten „Back-End“ - beinhaltet, fügt die aktuelle Erweiterung „Front-End-Technologien für die Mikro- und Nanoelektronik, in Form von Prozessen, Geräten, Simulation, Charakterisierung und Neuen Materialien“ hinzu. Damit umfaßt die Kooperationsvereinbarung praktisch alle wichtigen Aspekte der Halbleitertechnologie für die Mikro- und Nanoelektronik und bereitet den Weg für eine erfolgreiche europäische Kooperation auf einem wirtschaftlich, aber auch gesellschaftlich extrem bedeutsamen Feld der Forschung und Entwicklung, das einem harten weltweiten Wettbewerb unterliegt.

Große Forschungseinrichtungen wie CEA-Léti und Fraunhofer V: E schlagen die Brücke zwischen Grundlagenforschung an Universitäten und der industriellen Anwendung bei europäischen Halbleiterfirmen. Zusammen mit anderen europäischen Partnern ist es das Ziel, ein schlagkräftiges und effizientes

Forschungsnetzwerk zur Mikro- und Nanoelektronik aufzubauen und zu koordinieren. Bernard Barbier erläutert: „Dies ist ein Schritt vorwärts in dieser bereits jetzt schon sehr wertvollen Kooperation, welche die deutsch-französischen Verbindungen bekräftigt. Die sich ergänzende Expertise der beiden Organisationen läßt die europäische Industrie profitieren, speziell durch die Cluster um den Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik in Deutschland und Grenoble in Frankreich, wobei ein wichtiger Beitrag zur Europäischen Technologieplattform für Nanoelektronik gestaltet wird.“

Herbert Reichl ergänzt: „Neue Technologien sind die Basis für innovative Produkte. Forschung und Entwicklung müssen eine attraktive Infrastruktur für Produktentwicklung in Europa schaffen. Um die Effizienz der FuE zu erhöhen, ist eine starke Kooperation und eine gemeinsame Strategie der wichtigsten europäischen Forschungseinrichtungen erforderlich. Die Zusammenarbeit von CEA-Léti und der Fraunhofer-Gesellschaft ist ein erster wichtiger Schritt in diese Richtung.“

Verleihung des „Jugendpreises Mikroelektronik“ durch den Förderkreis für die Mikroelektronik am 30. Juni 2004 am IISB.

Der „Jugendpreis Mikroelektronik“ des Förderkreises wurde in diesem Jahr bereits zum vierten Mal vergeben. Die öffentliche Verleihung der Preise findet im jährlichen Wechsel an den beiden Erlanger Fraunhofer-Instituten IIS und IISB statt, für die der Förderkreis ein wichtiger Partner in der starken Erlanger Forschungslandschaft zur Mikroelektronik ist.

Hintergrund bei der Vergabe des Preises ist die Zielsetzung des Vereins, zur Sicherung der technischen Zukunft das Interesse und Engagement unserer Ju-



Bernard Barbier (rechts), Direktor des CEA-Léti, und Herbert Reichl (links), Direktoriumsvorsitzender des Fraunhofer V: E, bei der Unterzeichnung der erweiterten Kooperationsvereinbarung am Fraunhofer IISB in Erlangen.

Events

On November 4, 2004, CEA-Léti and the Fraunhofer Alliance of Microelectronics (V: E) - two of the biggest organizations for applied research in the field of micro and nanoelectronics in Europe - signed an amendment of their Cooperation Agreement of 2003 in Erlangen as an extension of their cooperation towards front-end technologies for micro and nanoelectronics.

The document was signed on the occasion of the Annual Symposium 2004 of the Fraunhofer Institute of Integrated Systems and Device Technology (IISB) in Erlangen, the Center of Competence for *front-end* technologies within the V: E. CEA-Léti was represented by its executive Bernard Barbier, the V: E by its chief executive Herbert Reichl. The original Cooperation Agreement of September 2003 contained the cooperation in the field of "wafer packaging" and "heterogeneous system integration", the so-called "*back-end*". Additionally, its amendment of 2004 contains "*front-end* technologies for micro and nanoelectronics in form of processes, tools, simulation, characterization and new materials". Thus, the Cooperation Agreement includes virtually all important aspects of semiconductor technology for micro and nanoelectronics. In fact, it paves the way for a successful European cooperation in an economically as well as socially very important field of R&D, subject to the conditions of a severe competition worldwide.

Major research institutes, such as CEA-Léti and Fraunhofer V: E, are bridging the gap between the basic research at the universities and its industrial application by European semiconductor manufacturers. Together with other European partners they aim at estab-

lishing and coordinating an effective research network for micro and nanoelectronics. Bernard Barbier resumes: „This is one step forward in this cooperation we appreciate very much, and an affirmation of the German-French relationship. The expertise of the two organizations complement each other for the profit of the European industry, especially through the clusters around the Fraunhofer Alliance of Microelectronics in Germany and Grenoble in France – being an important contribution to the European technology platform for nanoelectronics.”

Herbert Reichl adds: „New technologies are the basis for innovative products. Research and development must provide an attractive infrastructure for product development in Europe. For this reason, to achieve more efficiency in R&D, a close cooperation and joint strategy of the leading European research institutes is more than important. The cooperation of CEA-Léti and the Fraunhofer-Gesellschaft is a first important step in this direction.”

On June 30, 2004, Award of the "Jugendpreis Mikroelektronik" (Youth Award for Microelectronics) by the „Förderkreis für die Mikroelektronik e.V." at the Fraunhofer IISB.

This year it has been the fourth time that the „Jugendpreis Mikroelektronik" of the Förderkreis has been awarded. This event has been arranged alternately by the two Fraunhofer-Institutes IIS und IISB in Erlangen for which the Förderkreis is an important partner in the powerful research environment for microelectronics in Erlangen.

The background to the award is the purpose of the Förderkreis to arouse interest and engagement in young people as the creators of our technical progress in the future. Therefore, the

Förderkreis called on pupils of secondary and technical schools all over Bavaria to submit projects and essays concerning the subject "microelectronics". The committee for the evaluation of the ten submitted proposals consisted of representatives of the Förderkreis, the Fraunhofer IIS and IISB, the University of Erlangen-Nuremberg together with the representatives of industry, Infineon Technologies AG and IZT GmbH and the "IHK Nürnberg für Mittelfranken" (the local CCI). The jury was quite impressed by the high quality of the work, especially by the professional realization under all aspects of microelectronics.

This year, at the ceremony at Fraunhofer IISB, four pupils were awarded prizes endowed with 500 € each by the Chief Executive Officer of the Förderkreis Dr. Dietrich Ernst. Doris Aschenbrenner from the Arnold-Gymnasium in Neustadt bei Coburg was awarded for her work „Robotic", which, in the jury's view, represents the whole spectrum of robotics at a university level. Christian Faust from the Städtische Theodolinden-Gymnasium in Munich was awarded the prize for his work „Design and Development of an Inertial Measuring Unit for Model Helicopters". He developed a system for the wireless transmission of the vital flight data of a helicopter to an earth station. Stefan Koschitzki from the Wolfgang-Borcher-Gymnasium in Langenzenn came off with his work „Development of a Computer-Controlled Lighting System", generating multifarious light effects; he developed the circuit and software for the construction of a digital dimmer package. The laureate Alexander Pawellek from the Gymnasium Bad Königshofen investigated the development of „CCD-Chips in Astronomy". By means of a webcam, he developed a quite competitive high-quality receiver for the photography of stars and planets.

gend als zukünftige Gestalter des technischen Fortschritts zu fördern. Daher hatte der Förderkreis Gymnasiasten und Fachoberschüler aus ganz Bayern aufgerufen, Projekte und Facharbeiten zu Themen der Mikroelektronik einzureichen. Das Komitee zur Bewertung der zehn eingegangenen Preisvorschläge setzte sich zusammen aus Vertretern des Förderkreises, des IIS und des IISB, der Universität Erlangen-Nürnberg, der Unternehmen Infineon Technologies AG und IZT GmbH sowie der IHK Nürnberg für Mittelfranken. Die Jury zeigte sich besonders angetan von der hohen Qualität der Arbeiten und hob speziell die professionelle Umsetzung und die Berücksichtigung aller Aspekte der Mikroelektronik hervor.

Bei der Festveranstaltung im IISB zeichnete der Vorsitzende des Förderkreises Dr. Dietrich Ernst in diesem Jahr vier Schüler mit Preisen von jeweils 500 Euro aus. Doris Aschenbrenner vom Arnold-Gymnasium in Neustadt b. Coburg wurde für ihre Arbeit „Robotic“ ausgezeichnet, die nach Auffassung der Jury das gesamte Spektrum der Robotertechnik auf Universitätsniveau darstellt. Christian Faust vom Städtischen Theodorlinden-Gymnasium in München bekam den Preis für seine Arbeit zu „Entwicklung und Bau einer inertialen Meßeinheit für Modellhubschrauber“. Er entwickelte hierfür ein System, das die wichtigsten Flugdaten des Hubschraubers drahtlos an eine Bodenstation überträgt. Stefan Koschitzki vom Wolfgang-Borcher-Gymnasium in Langenzenn war mit seiner Arbeit „Bau einer computergesteuerten Lichtanlage“ zur Erzielung vielfältiger Lichteffekte erfolgreich, für die er Schaltung und Software zum Bau eines digitalen Dimmerpakets entwarf. Der Preisträger Alexander Pawellek vom Gymnasium Bad Königshofen beschäftigte sich mit der Entwicklung von „CCD-Chips in der Astronomie“. Hierfür baute er mit Hilfe einer Webcam ein qualitativ hochwertiges

und relativ preisgünstiges Empfangsgerät für die Fotografie von Sternen und Planeten.

Der Erlanger Bundestagsabgeordnete Stefan Müller, CSU, besuchte am 21. Mai 2004 das IISB, um sich über die fachlichen Aktivitäten sowie die regionale, nationale und internationale Bedeutung des Instituts zu informieren.

Prof. Heiner Ryssel, der Leiter des IISB, stellte anlässlich dieses Besuchs die Aktivitäten des Instituts zur Halbleitertechnologie für die Mikro- und Nanoelektronik sowie deren wirtschaftliche Bedeutung vor. Im Gespräch mit Prof. Ryssel und Abteilungsleitern konnte sich Müller über die fachlichen Erfolge und die Entwicklung des IISB informieren. Zum Abschluß besichtigte Müller die Laboratorien des IISB und speziell die großen Reinraumanlagen, die das IISB zusammen mit der Universität Erlangen-Nürnberg betreibt.

Ryssel und Müller hoben speziell die Vernetzung des Instituts mit der starken Erlanger Forschungslandschaft zur Mikro- und Nanoelektronik, vertreten durch das IISB, das zweite Erlanger Fraunhofer-Institut IIS und die Universität Erlangen-Nürnberg, hervor. Müller, der für seine Fraktion stellvertretendes Mitglied im Bundestagsausschuß für Bildung, Forschung und Technologiefolgenabschätzung ist, begrüßte diese hohe Konzentration von High-Tech-Forschung in Erlangen ganz besonders, und auch die wichtige Rolle, die das IISB in enger Zusammenarbeit mit der Universität Erlangen-Nürnberg sowohl für die regionale Forschungs- und Industrielandschaft als auch international spielt. Die guten Verbindungen des IISB zur regionalen Industrie, vor allem auf dem Gebiet der Kfz-Leistungselektronik, seien ein wichtiger Standortfaktor bei Neuanstellungen oder Betriebserweiterungen. Für ihn sei es, so Müller, von be-

sonderer Bedeutung, daß der Forschungsstandort Erlangen in dieser leistungsfähigen Form dauerhaften Bestand habe und nach Möglichkeit weiter ausgebaut werde. Hier sieht der Abgeordnete einerseits die Bayerische Staatsregierung gefordert, ihr hohes Engagement für den Standort Erlangen auch in Zukunft beizubehalten. Müller nimmt aber andererseits auch die Bundesregierung in die Pflicht, eine Forschungspolitik zu betreiben, die solche Innovationsschwerpunkte gezielt fördert. Dies sei vor allem auch im Interesse der Menschen, die in der Region leben und arbeiten.

Für die Ausbildung im Ausbildungsberuf „Mikrotechnologe“ haben die Universität Erlangen-Nürnberg und das IISB eine enge Zusammenarbeit vereinbart. Dadurch wird es möglich, die Zahl der verfügbaren Ausbildungsplätze für diesen zukunfts-trächtigen High-Tech-Beruf in Erlangen zu erhöhen.

Der Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente (LEB) der Universität Erlangen-Nürnberg und das IISB, beide geleitet von Prof. Dr. Heiner Ryssel, betreiben in enger Kooperation Forschung und Entwicklung für die Halbleitertechnologie. Diese ist die Grundlage für jegliche Anwendungen der Mikro- und Nanoelektronik, die aus unserem täglichen Leben nicht mehr wegzudenken sind und damit eine enorme wirtschaftliche Bedeutung haben. Entsprechend hoch ist der Bedarf an qualifizierten Fachkräften in der Industrie.

Bereits seit 1999 ist das IISB in der Ausbildung von Mikrotechnologen aktiv. Die in Erlangen ausgebildeten Mikrotechnologen werden dabei aufgrund ihrer breiten Fachkenntnis von der Elektronikindustrie äußerst gerne eingestellt. Durch die neue Vereinbarung von Universität und IISB wird die Zusammenarbeit in der Ausbildung neben



Die Preisträger Doris Aschenbrenner (rechts), Stefan Koschitzki, Alexander Pawellek und Christian Faust (von links) mit Dr. Dietrich Ernst (3. von rechts) und Prof. Heiner Ryssel (2. von rechts);
The laureates Doris Aschenbrenner (right), Stefan Koschitzki, Alexander Pawellek and Christian Faust (from left) with Dr. Dietrich Ernst (3rd from right) and Prof. Heiner Ryssel (2nd from right).

On May 21, 2004, Erlangen's member of the Bundestag Stefan Müller (CSU) visited the Fraunhofer IISB to catch up on the technical activities as well as the regional, national and international repute of the institute.

On the occasion of this visit, Prof. Heiner Ryssel, director of the IISB, introduced the activities of the institute in the field of semiconductor technology for micro and nanoelectronics emphasizing its economic importance. The discussion with Prof. Ryssel and the Heads of the Departments supplied Müller with information about the development of the IISB and its technical achievements. Finally, Müller visited the IISB laboratories, mainly the clean-rooms, which are in use by both the IISB and the University of Erlangen-Nuremberg.

In particular, Ryssel and Müller accentuated the network of the institute and the effective research environment in

Erlangen with respect to micro and nanoelectronics, represented by the IISB, the second Fraunhofer-Institute IIS and the University of Erlangen-Nuremberg. Müller, representative of his parliamentary party in the Bundestag Committee for Education, Research and Technology Appraisal, most appreciated the high concentration of *high-tech* research in Erlangen and the important role the IISB plays, in close collaboration with the University of Erlangen-Nuremberg, not only for the regional research and industry, but also internationally. The close cooperation of the IISB with the regional industry, especially in the field of automotive power electronics, are an important location factor for new settlements or plant extensions. Above all, Müller emphasized that the research location Erlangen should not only assert its position in this highly efficient form, but possibly expand it in the long run. On the one hand, the representative expects the Bayerische Staatsregierung (Bavarian Government)

to further maintain its high engagement in the location Erlangen. On the other hand, the Bundesregierung (Federal Government) is asked to pursue a research policy which systematically encourages innovation centers of that character. This is especially in the interest of the people who live and work in that region.

The University Erlangen-Nuremberg and the IISB agreed to closely cooperate regarding the professional training as a "microtechnologist". The goal is to increase the number of apprenticeship training positions in Erlangen for this high-tech career.

The Chair of Electron Devices (LEB) at the University of Erlangen-Nuremberg and the IISB, both headed by Prof. Heiner Ryssel, closely cooperate in the field of R&D for semiconductor technology. This is the basis for any application of micro and nanoelectronics in our daily life, and therefore economically very important. Accordingly, there is a great demand for qualified staff in industry.

Since 1999, the IISB has been involved with the training of microtechnologists. The microtechnologists from Erlangen are very appreciated on the job market for the electronic industry due to their technical know-how. In fact, the recent cooperation agreement of the University and the IISB includes, besides the education of students and postgraduates, also the professional training as a microtechnologist, which creates additional apprenticeship training positions.

Through the predominantly joint operation of the state-of-the-art equipment and laboratories by LEB and IISB, it is possible to impart knowledge in an environment which the trainees otherwise would only find in leading-edge industrial production. The core of the envi-

Studenten und Doktoranden auf einen Ausbildungsberuf ausgeweitet, wodurch zusätzliche Ausbildungsplätze für Mikrotechnologien geschaffen werden können.

Die moderne, größtenteils gemeinsam betriebene Geräte- und Laborausstattung von LEB und IISB ermöglicht es, den Auszubildenden ihr Wissen in einer Umgebung zu vermitteln, wie sie sonst nur in der industriellen Fertigung zu finden ist. Herzstück der Ausstattung sind dabei 1500 m² Reinraumfläche, die beiden Einrichtungen zur Verfügung stehen.

Die enge Kooperation zwischen Universität und Fraunhofer-Gesellschaft in Erlangen erhält durch diesen erfreulichen Vorstoß für den Ausbildungsmarkt eine weitere Facette.

Als eines der ersten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft hat das IISB eine Vereinbarung zur Eingliederung von schwerbehinderten Men-

schon im Institut abgeschlossen.

Hierdurch wird deutlich, wie wichtig die Fraunhofer-Gesellschaft und deren Institute ihre gesellschaftliche Vorbildfunktion nehmen, einer Benachteiligung von Menschen mit Behinderungen entgegenzuwirken.

Ziel der zwischen dem Arbeitgeber, der Schwerbehindertenvertretung am IISB und dem Betriebsrat des IISB abgeschlossenen Vereinbarung ist es, unter Berücksichtigung der betrieblichen und wirtschaftlichen Interessen und der Möglichkeiten des Institutes eine dauerhafte Integration behinderter Menschen im IISB zu erreichen. Die Vereinbarung ist dabei ein Instrument zur Planung, Gestaltung und Steuerung dieser Integration. Dennoch wird eine dauerhafte Integration behinderter Menschen nur durch gemeinsame Anstrengungen und eine partnerschaftliche Zusammenarbeit aller Beteiligten möglich.

Professor Georg Müller, Leiter des vom

Fraunhofer IISB und der Universität Erlangen-Nürnberg gemeinsam betriebenen Erlanger Kristall-Labors, wurde am 20. Mai 2004 die Ehrendoktorwürde der West-Universität Temesvar, Rumänien, verliehen.

Müller unterhält seit zehn Jahren intensive Kontakte zur Forschungsgruppe für Kristallzüchtung an der West-Universität Temesvar. Zahlreiche Lehrkräfte und Studenten aus Temesvar haben ihre Forschung durch einen Aufenthalt am Erlanger Kristall-Labor des IISB ergänzt. Darüber hinaus unterstützt Müller die West-Universität Temesvar bei der Modernisierung ihrer Ausstattung und Geräte.

Die Keimzelle der Kooperation Erlangen – Temesvar bestand darin, daß Prof. Müller nach der internationalen Kristallzüchtungstagung 1995 in Den Haag Dr. Daniel Vizman von der Universität Temesvar zu einem kurzen Forschungsaufenthalt nach Erlangen einlud. Nach mehreren Kurzbesuchen entwickelte Vizman dann in einem einjährigem, durch den Deutschen Akademischen Auslandsdienst geförderten Aufenthalt in Erlangen unter der Betreuung von Müller die Basisversion eines Simulationsprogramms zur Berechnung von Wärmetransportprozessen in der Kristallzüchtung. Dieses gemeinsam von Erlangen und Temesvar entwickelte Softwareprogramm wird heute vom IISB vermarktet und weltweit an die Industrie lizenziert.

Dem Beispiel von Dr. Vizman schlossen sich bis heute etwa 20 weitere Wissenschaftler der Universität Temesvar an. Mit der finanziellen Unterstützung durch die Alexander von Humboldt-Stiftung, den Deutschen Akademischen Austauschdienst, den Stabilitätspakt für Süd-Ost-Europa und den Förderkreis Mikroelektronik folgten die Wissenschaftler der Einladung von Prof. Müller



Dr. Vizman, Klaus Peter Marte (Deutscher Konsul in Temesvar), Prof. Müller und Prof. Mihai (Rektor der West-Universität) (von links) bei der Einweihung des hochleistungsfähigen PC-Clusters; Dr. Vizman, Klaus Peter Marte (German Consul in Temesvar), Prof. Müller and Prof. Mihai (Principal of West University) (from left) at the introduction of the high-capacity PC cluster.

ronment is a 1500 m² cleanroom spaces used by both, the LEB and IISB. Thus, the close cooperation between the University and the Fraunhofer Institute in Erlangen contributes to the job training market in a quite efficient way.

As one of the first institutes of the Fraunhofer-Gesellschaft, the IISB made an agreement for the integration of severely handicapped persons in the institute.

This accentuates the basic social approach of the Fraunhofer-Gesellschaft and its institutes to counteract the discrimination of handicapped persons.

The purpose of the agreement between the employer, the representatives of the severely handicapped persons and the works council at IISB, is to achieve a permanent integration of disabled persons in the institute with regard to its operational as well as economic concerns and resources. Thus, the agreement serves as an instrument for the planning, realization and management of the integration. A permanent integration of disabled persons, however, can only be achieved by joint efforts and cooperation in partnership of all persons involved.

On May 20, 2004, Professor Georg Müller, head of the jointly operated crystal laboratories at Fraunhofer IISB and the University Erlangen-Nuremberg, was awarded the honorary doctorate of the West University of Temesvar, Romania.

For ten years now, Müller has maintained intensive contacts with a group of researchers for crystal growth at the West University of Temesvar. A number of lecturers and students from Temesvar have already used the opportunity to benefit from a stay at the crystal laboratories at IISB in Erlangen. Moreover, Müller supports the West University of

Temesvar with the modernization of their equipment.

The cooperation between Erlangen and Temesvar was originated by Prof. Müller. After the International Symposium for Crystal Growth in Den Haag in 1995 he invited Dr. Daniel Vizman from the University of Temesvar to a short visit to Erlangen, which has been followed by several short visits. During his one year stay in Erlangen, sponsored by the Deutschen Akademischen Auslandsdienst (German Academic Exchange Program), Vizman developed the basic version of a simulation program for the calculation of thermal transport processes in crystal growth under supervision of Müller. Today, this software program, jointly developed by scientists from Erlangen and Temesvar, is marketed by the IISB and licensed to industry all over the world.

Following the example of Dr. Vizman, about 20 other scientists of the University of Temesvar have visited Erlangen up to now. With the financial support of the Alexander von Humboldt-Foundation, the Deutschen Akademischen Austauschdienst, the stability pact for South East Europe and the Förderkreis Mikroelektronik, the scientists followed the invitation of Prof. Müller to Erlangen and performed parts of their research at the crystal laboratories in Erlangen. Some of them began an academic career as university lecturers in Romania after their stay in Erlangen. Others found a job in the German industry, using their stay as a stepping stone for finding employment. Actually, five assistants from Temesvar are employed as scientists at the IISB. In the year 2000, the cooperation between Erlangen and Temesvar led to the establishment of a software house in Temesvar with currently five staff members.

Since 1998, through the personal engagement of Prof. Müller, students from Temesvar are offered two exchange semesters in Erlangen in the framework of the Erasmus Program of the European Union for the benefit of their study of physics by an additional training in the field 'Material Science' at the University Erlangen-Nuremberg. So far, this exchange program resulted in six graduates with a Romanian degree in physics and a German Master in materials science. Today, the graduates have either continued to work in German industry or in the framework of a PhD study in Germany.

Besides promoting the exchange of scientists, Müller supported the University of Temesvar with the modernization of their equipment. Due to his activity, a high-performance PC cluster, for example, could be installed in Temesvar, financed by the Alexander von Humboldt Foundation on the occasion of the honorary promotion.

Due to his personal commitment and his promotion of the cooperation between Erlangen and Temesvar, Professor Müller was awarded the honorary doctorate by the West University of Temesvar.

Dr. Lothar Pfitzner was awarded honorary professor of the University Erlangen-Nuremberg

Dr.-Ing. Lothar Pfitzner, Head of the Department Semiconductor Manufacturing Equipment and Methods at the IISB, as well as assistant professor at the Chair of Electron Devices (LEB) of the University Erlangen-Nuremberg, was awarded honorary professor for the field of microelectronics at the University Erlangen-Nuremberg.

nach Erlangen und führten Teile ihrer Forschungsarbeiten am Erlanger Kristall-Labor durch. Ein Teil dieser Gastwissenschaftler hat nach dem Forschungsaufenthalt in Erlangen eine akademische Laufbahn als Hochschullehrer in Rumänien begonnen. Ein zweiter Teil hat den Forschungsaufenthalt als Sprungbrett für einen Arbeitsplatz in der deutschen Industrie genutzt. Der dritte Teil hat eine Anstellung als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IISB gefunden, wo aktuell 5 Mitarbeiter aus Temesvar beschäftigt sind. Darüber hinaus hat die Kooperation Erlangen – Temesvar im Jahr 2000 zur Gründung eines Software-Hauses in Temesvar mit zur Zeit etwa 5 Mitarbeitern geführt.

Durch das Engagement von Prof. Müller ist es darüber hinaus seit 1998 möglich, daß im Rahmen des Erasmus- Programms der Europäischen Union Studenten aus Temesvar zwei Auslandssemester in Erlangen verbringen können und ihr Physikstudium durch eine Ausbildung im Fach Werkstoffwissenschaften an der Universität Erlangen-Nürnberg ergänzen können. Dieser Austausch hat bis heute 6 Absolventen mit einem rumänischen Diplom in Physik und einem deutschen Master in Werkstoffwissenschaften hervor gebracht. Die Absolventen setzen heute ihre berufliche Karriere in Deutschland entweder in der Industrie oder im Rahmen eines Promotionsstudiums fort.

Neben der Förderung des Austauschs von Wissenschaftlern hat Müller die Universität Temesvar auch bei der Modernisierung ihrer Ausstattung und Geräte unterstützt. So konnte beispielsweise mit seiner Unterstützung ein durch die Alexander von Humboldt-Stiftung finanzierter hochleistungsfähiger PC-Cluster am Tag der Ehrenpromotion offiziell in Temesvar in Betrieb genommen werden.

Für sein Engagement und seine Förde-

rung der Zusammenarbeit zwischen Temesvar und Erlangen hat die West-Universität Temesvar Professor Müller die Ehrendoktorwürde verliehen.

Ernennung von Dr. Lothar Pfitzner zum Honorarprofessor der Universität Erlangen-Nürnberg

Dr.-Ing. Lothar Pfitzner, Abteilungsleiter für Halbleiterfertigungsgeräte und -methoden am IISB sowie Lehrbeauftragter am Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente (LEB) der Universität Erlangen-Nürnberg wurde zum Honorarprofessor für das Fachgebiet Mikroelektronik an der Universität Erlangen-Nürnberg ernannt.

Herr Dr.-Ing. Claus Schneider, Gruppenleiter für Geräte und Prozeßautomatisierung am IISB, im 44. Lebensjahr am 16. Januar 2004 plötzlich und unerwartet verstorben

Dr. Claus Schneider, ein leitender Mitarbeiter seit der Aufbauzeit des Erlanger Fraunhofer Instituts für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie, wurde völlig überraschend mitten aus seinem Arbeitsleben gerissen. Der Wissenschaftler verstarb im Alter von 43 Jahren. Die Arbeitsgruppe Geräte- und Prozeßautomatisierung, von Dr. Schneider aufgebaut und mit großer fachlicher und sozialer Kompetenz geleitet, hat nicht nur erhebliche internationale wissenschaftliche Erfolge erzielen können, die von ihm maßgeblich mitgestalteten hochinnovativen Meßsysteme für automatisierte Prozeßkontrolle wurden auch in den modernsten Produktionsstätten der Mikroelektronik, so zum Beispiel in hochmodernen 300 mm Wafer-Fabs, aufgegriffen und integriert. Sein Engagement in Programmkomitees mehrerer internationaler Konferenzen, in der Leitung von Fachausschüssen zur Erarbeitung mittlerweile weltweit akzeptierter Standards, sowie seine zahlreichen internationalen Veröffentlichungen und

Konferenzbeiträge haben sein Schaffen und damit diesbezügliche Erlanger Forschungsarbeiten weit über europäische Grenzen hinweg bekannt gemacht. Sein Ideenreichtum selbst in fachfremden Gebieten und seine stets konstruktive Kritik wurden auch im Wissenschaftlich-Technischen Rat der Fraunhofer-Gesellschaft, dem Beratungsgremium aller 80 Fraunhofer-Einrichtungen, in dem er als Vertreter des Erlanger Institutes langjährig mitwirkte, überaus geschätzt. In seiner Funktion als wissenschaftlicher Verbindungsmann zur Presse hat Herr Dr. Schneider verstanden, komplexe Vorgänge aus den Forschungs- und Entwicklungsarbeiten des Fraunhofer Instituts für Integrierte Systeme und Bauelementetechnologie für Fachleute und Laien gleichermaßen interessant und verständlich darzustellen.

Wir werden unserem Kollegen Claus Scheider ein ehrenvolles Andenken bewahren.

Dr. Claus Schneider, a senior scientist at the Fraunhofer Institute of Integrated Systems and Device Technology in Erlangen, Germany, passed away unexpectedly and much too early on 16 January, 2004, at the age of 43.

At the institute, Dr. Schneider established and managed the group of Equipment and Advanced Process Control with great scientific and social competence. The work of Dr. Schneider was honored with international scientific success. He substantially contributed to the development of highly innovative metrology systems for automated process control, which were integrated in leading-edge production facilities for microelectronics, for example the latest 300 mm wafer fabs.

His dedicated engagement in the program committees of several international conferences, as well as his numerous international publications and conference contributions have made his scientific achievements and the research activities in Erlangen well-known in the scientific community all over the world. His inventiveness even beyond his special subjects and his constructive way of discussion were highly appreci-

ated also in the Wissenschaftlich-Technischer Rat (scientific-technical council) of the Fraunhofer-Gesellschaft, where he represented the Institute with great commitment. For many years, Dr. Schneider was also responsible for public relation at the institute, having the ability of presenting complex issues of research and development at the Fraunhofer Institute of Integrated Systems and Device Technology in an interesting and understandable way for both experts and the lay public.

We will keep our colleague Claus Schneider in honoring memory.



Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.

Vor 21 Jahren erkannten die Gründer des gemeinnützigen "Förderkreises für die Mikroelektronik e.V." die Auswirkung und Rolle der Mikroelektronik auf allen technischen Gebieten und in fast allen Lebensbereichen, die als Schlüsseltechnologie und Innovationsmotor über die Wirtschaftskraft, die Arbeitsplätze und den Wohlstand einer High-Tech-produzierenden Nation wie Deutschland entscheidet und somit für einen Wirtschaftsstandort eine essentielle Bedeutung hat. So wurde 1983 der „Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.“ aus der Taufe gehoben mit dem Ziel, die Mikroelektronik im und für den nordbayerischen Raum zu fördern. Dies wurde durch großzügige Spenden der Wirtschaft, umfangreiche Fördermittel der Bayerischen Staatsregierung, die permanente Unterstützung der IHK Nürnberg für Mittelfranken sowie erhebliche Investitionen der Fraunhofer-Gesellschaft ermöglicht und hat in der Neugründung von Lehrstühlen der Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg und Instituten der Fraunhofer-Gesellschaft (u.a. des IISB) mit hochmoderner Ausstattung resultiert.

Neben den Mitgliedern aus der Wirtschaft setzen sich die akademischen Partner des Förderkreises aus den beiden Erlanger Fraunhofer-Instituten IIS und IISB sowie von Seiten der Universität Erlangen-Nürnberg aus den Lehrstühlen für Technische Elektronik, für Rechnergestützten Schaltungsentwurf, für Informationstechnik mit Schwerpunkt Kommunikationselektronik sowie dem Lehrstuhl für Elektronische Bauelemente zusammen, den mit Prof. H. Ryssele der Leiter des IISB innehat.

Die umfangreichen Aktivitäten des Förderkreises umfassen:

- Förderung der Zusammenarbeit zwischen Forschung, Entwicklung und Nutzung durch die Wirtschaft
- Unterstützung technisch-wissenschaftlicher Veranstaltungen und Präsentationen
- Vergabe von Preisen und Stipendien

Gerade durch den letzten Punkt verwirklicht der Förderkreis seine Zielsetzung, Forschung, Entwicklung, Lehre und Technologietransfer zusammen mit seinen Partnern zu fördern. So wurde 1996 der "Innovationspreis Mikroelektronik" gestiftet, der seitdem jährlich verliehen wird und mit 3000 Euro dotiert ist. Kriterien bei der Vergabe des Preises sind vor allem ein herausragender Erkenntnisfortschritt auf dem Gebiet der Mikroelektronik, aber auch dessen Umsetzung in Form einer praktischen Nutzung durch die gewerbliche Wirtschaft. Neben einer Auszeichnung für besondere Leistungen auf dem Gebiet der Mikroelektronik soll dieser Preis auch einen Ansporn für innovatives Engagement und die Stärkung des Wirtschaftsstandortes Deutschland, der für seine Behauptung auf dem Weltmarkt auf Höchsttechnologie angewiesen ist, darstellen. Auch das IISB konnte mit Dr. Thomas Falter (1996, mit Fa. GeMeTec), Dr. Lothar Frey (1999, mit Fa. Nanosensors GmbH), Dr. Andreas Erdmann (2000, mit Fa. Sigma-C GmbH) und Marc Hainke, Dr. Thomas Jung, Flaviu Jurma-Rotariu, Dr. Matthias Kurz, Dr. Michael Metzger und Artur Pusztai (2002, siehe weiteren Bericht) Preisträger stellen.

Ebenso hat der Förderkreis die Bedeutung der Zukunftssicherung in der technischen Ausbildung erkannt. In diesem Zusammenhang wurde im Jahr 2000 ein mit 500 Euro dotierter Jugendpreis ins Leben gerufen, um das Interesse und Engagement unserer Jugend als zukünftiger Gestalter des technischen Fortschritts zu fördern. Der Jugendpreis, der ebenfalls jährlich in ganz

Bayern an ca. 300 Schulen ausgeschrieben wird, findet äußerst reges Interesse.

Ein weiteres Instrument der Förderung durch den Förderkreis stellt ein Promotionsstipendium dar, mit dem besonders qualifizierte wissenschaftliche Nachwuchskräfte, die an einem der Mikroelektronik-Lehrstühle der Universität Erlangen-Nürnberg ihre Promotion durchführen, über einen Zeitraum von zwei Jahren mit 720 Euro pro Monat unterstützt werden können. Mit Frau Noemi Banos (Abteilung Kristallzüchtung) hat das IISB seit August 2002 eine Empfängerin dieses Stipendiums in seinen Reihen.

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 2004 wieder ein guter und verlässlicher regionaler Partner.

Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.
Vorstandsvorsitzender:
Dr. sc. techn. h.c. Dietrich Ernst
Geschäftsstelle:
IHK Nürnberg für Mittelfranken

Ansprechpartner

Knut Harmsen
Geschäftsführer des Förderkreises
Tel. 09 11/13 35-3 20
harmsen@nuernberg.ihk.de

Förderkreis für die Mikroelektronik e.V.

21 years ago, the founders of the non-profit "Förderkreis für die Mikroelektronik e.V." (development association for microelectronics) recognized the influence and importance of microelectronics in all technical fields and almost all aspects of daily life, with microelectronics as a key technology and innovation motor being decisive for the economic power, jobs, and wealth of a high-tech producing nation like Germany and thus having an essential meaning for a business location. Therefore, the "Förderkreis für die Mikroelektronik e.V." was launched in 1983 with the goal of promoting microelectronics in and for the region of northern Bavaria. This was made possible by generous donations from industry, large subsidies from the Bavarian government, the permanent support by the "IHK Nürnberg für Mittelfranken" (the local CCI), as well as by enormous investments by the Fraunhofer-Gesellschaft, and resulted in the start-up of chairs of the Friedrich-Alexander University of Erlangen-Nuremberg and institutes of the Fraunhofer-Gesellschaft (among them the IISB) with ultra-modern equipment.

Besides the industrial members, academic partners of the Förderkreis are the two Fraunhofer institutes IIS and IISB in Erlangen, and of the University of Erlangen-Nuremberg the chairs of Electronics, Computer-Aided Circuit Design, Information Technology with Focus on Communication Electronics, as well as the Chair of Electron Devices, which is held by the head of the IISB, Prof. H. Ryssel.

The large activities of the Förderkreis include:

- Promotion of the cooperation between research, development and utilization by industry
- Support of technical and scientific events and presentations
- Granting of awards and grants

Especially by the last item, the Förderkreis realizes its goal of promoting research, development, teaching and technology transfer together with its partners. Thus, in 1996 an innovation award for microelectronics was founded, which is annually granted and endowed with 3000 €. Criterion for the jury is mainly an outstanding progress in the field of microelectronics, but also its transfer by a practical utilization by industry. Besides a decoration for special achievements in the field of microelectronics, this award also represents a stimulation for innovative activities and the strengthening of the business location Germany, which depends on ultra-high technology for competing in the world market. The IISB could already provide some of the laureates with Dr. Thomas Falter (1996, together with GeMeTec), Dr. Lothar Frey (1999, together with Nanosensors GmbH), Dr. Andreas Erdmann (2000, together with Sigma-C GmbH), and Marc Hainke, Dr. Thomas Jung, Flaviu Jurma-Rotariu, Dr. Matthias Kurz, Dr. Michael Metzger as well as Artur Pusztai (2002, see separate report).

Furthermore, the Förderkreis has recognized the importance of protection the future of technical education. In this context, in 2000 a youth award endowed with 500 € was created in order to support the interests and activities of young people as the future creators of our technical progress. The youth award, which is annually announced in about 300 schools in Bavaria, induces a brisk interest.

Another instrument of promotion by the Förderkreis is a PhD grant, by which

especially qualified young PhD students who work on their thesis at one of the microelectronics chairs of the University of Erlangen-Nuremberg, can be supported with 720 € per month over a period of two years. With Ms. Noemi Banos (crystal growth department), the IISB has a beneficiary of this grant among its staff since August 2002.

Moreover, the Förderkreis supports the stays of guest scientists and graduates at the listed Fraunhofer institutes and microelectronics chairs.

A support of these activities and promotion goals can be achieved best by a membership in the Förderkreis. Details on this and extended information on the activities of the Förderkreis can be obtained from the contact address below or also from the IISB.

For the IISB, the "Förderkreis für die Mikroelektronik" again was a good and reliable regional partner.

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

Contact

Knut Harmsen
Managing Director of the "Förderkreis"
Tel. 09 11/13 35-3 20
harmsen@nuernberg.ihk.de

Gastwissenschaftler
Guest Scientists

Barsony, Prof., Istvan
01.02. - 04.02.2004
Ungarn / Hungary
Ionenstrahltechnik
Ion Beam Processing

Fiala, Prof., Pavel
02.02. - 04.02.2004
Tschechien / Czech Republic
Kooperation auf den Gebieten Lithographie und Herstellung von mikrooptischen Strukturen
Cooperation in the Fields of Lithography and Production of Microoptic Structures

Fried, Dr., Miklos
04.10. - 08.10.2004
Ungarn / Hungary
Integration und Test eines großflächigen Spektralellipsometers in ein Cluster Tool
Integration and Test of a Large Area Spectroscopic Ellipsometer in a Cluster Tool

Gyulai, Prof., Jozsef
09.08. - 16.08.2004
Ungarn / Hungary
Ionenstrahltechnik
Ion Beam Processing

Iuga, Maria
01.01.04 - 31.01.04
Rumänien / Romania
Entwicklung und Anwendung von CrsVUn
Development and Application of CrsVUn

Juhasz, Dr., Gyorgy
04.10. - 08.10.2004
Ungarn / Hungary
Integration und Test eines großflächigen Spektralellipsometers in ein Cluster Tool
Integration and Test of a Large Area Spectroscopic Ellipsometer in a Cluster

Tool

Komarov, Prof., Fadei F.
25.04. - 05.05.2004
Weißrußland/Belarus
Herstellung und Anwendung von Kohlenstoffnanoröhren
Production and Application of Carbon Nanotubes

Lucacs, Dr., Istvan
13.04. - 17.04.2004
Ungarn / Hungary
Entwicklung eines Systems zur Topografie-Messung auf Waferoberflächen
Development of a System for Topography Measurement on Wafer Surfaces

Petrik, Dr., Peter
29.03. - 09.04.2004
14.06. - 24.06.2004
04.10. - 08.10.2004
13.12. - 17.12.2004
Ungarn / Hungary
Untersuchungen von dünnen Schichten mit einem Ellipsometer - Projektbeantragungen
Investigation of Thin Films with an Ellipsometer - Proposal Submission

Polgar, Dr., Oliver
04.10. - 08.10.2004
Ungarn / Hungary
Integration und Test eines großflächigen Spektralellipsometers in ein Cluster Tool
Integration and Test of a Large Area Spectroscopic Ellipsometer in a Cluster Tool

Richter, Dr. Ivan
02.02. - 04.02.2004
Ungarn / Hungary
Kooperation auf dem Gebiet Lithographie und Herstellung von mikrooptischen Strukturen
Cooperation in the Fields of Lithography and Production of Microoptic Structures

Salcianu, Carmen
01.01. - 31.12.04
Rumänien / Romania
Wachstum und Charakterisierung von GaN
Growth and Characterization of GaN

Shimizu, Prof., Hirofumi
23.04. - 30.04.2004
Japan
Studie zur Prozeßentwicklung für ultradünne Isolator Schichten
Study for Development of Ultra Thin Insulator Layers

Skeren, Marek
02.02. - 04.02.2004
Tschechien / Czech Republic
Kooperation auf dem Gebiet Lithographie und Herstellung von mikrooptischen Strukturen
Cooperation in the Fields of Lithography and Production of Microoptic Structures

Sonda, Dr., Paul
01.01.04 - 30.09.04
USA
Kopplung von CrsVUn und CAT3D
Coupling of CrsVUn and CAT3D

Sukanov, Yakov
06.10. - 10.10.2004
Russland / Russia
Plasmaspektroskopie
Plasmaspectroscopy

Takai, Prof., Mikio
15.01. - 19.01.2004
Japan
Kooperation auf dem Gebiet "Nanostrukturierung"
Cooperation in the field of "Nanostructuring"

Vizman, Dr., Daniel
Rumänien / Romania
Entwicklung und Anwendung des Hochleistungs-Computer-Codes STHA-MAS3D
Development and Application of the

*High Performance Computer Code
STHAMAS3D*

Wehyer, Dr., Jan
29.11.04 - 30.11.04
Polen / Poland
*Ätzen von GaN
Etching of GaN*

Verfahren zur Bestimmung von Strukturparametern einer Oberfläche
Deutsches Patent, Patentblatt 124
(2004), Nr. 32, ISSN 0031-2894

Patenterteilungen Patents

Berberich, S., März, M.:
*Schaltungselement und Verfahren zum
Sichern einer Lastschaltung*
zum Patent angemeldet,
Prio-Tag: 24.5.2004

Hilburger, U., Molchanov, A., Ossege,
S., Miller, M., Friedrich, J., Wehrhan,
G.:
*Vorrichtung zum Versorgen einer Pro-
zesskammer mit fluiden Medien*
Deutsches Patent DE 102 39 083 A1
2004 (Offenlegung)

Hilburger, U., Molchanov, A., Ossege,
S., Miller, M., Friedrich, J., Wehrhan,
G.:
*Device for Supplying a Process Chamber
with Fluid Media*
US Patent US2004/0216666 A1 (2004)
(patent application publication)

Oechsner, R., Tschafary, T., Strzy-
zewski, T., Pfitzner, L., Schneider, C.,
Hennig, P.:
*Qualitätsüberwachung bei einer Ferti-
gung mit breitem Produktionsspektrum*
Europäisches Patentblatt 20040519
ISSN 0170-9305, 2004

Waller, R., Schnupp, R.:
*Verfahren und Vorrichtung zur Mes-
sung der Schichtdicke*
Europäisches Patentblatt 20040526,
ISSN 0170-9305, 2004

Weidner, A., Erdmann, A., Schneider,
C.:

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
- Frey, L.
- Mitglied in der Informationstechnischen Gesellschaft (ITG): Fachbereich 5.6.2 Qualität und Zuverlässigkeit - Analysestrategien
 - Leiter der GMM-Fachgruppe 6.2.6 „Inspektion und Analytik“
- Frickinger, J.
- Leader of the "SEMI International Environmental Contamination Control Task Force"
 - Mitglied der „GMM-Nutzergruppe Inspektion & Analytik“
- Friedrich, J.
- Member of the Editorial Office of the Newsletter „Mittellungsblatt der DGKK“
- Lorenz, J.
- Member of the MEDEA+ Scientific Sub-committee on Manufacturing Science
 - Member of the Technical Committee of the "2004 International Conference on Simulation of Semiconductor Processes and Devices" (SISPAD 2004), Munich, September 2 - 4, 2004
 - Member of the Program Committee of the "34th European Solid-State Device Research Conference" (ESSDERC'04): Sub-committee "Process and Device Simulation", Leuven, Belgium, September 21 - 23, 2004
 - Member of the Electrochemical Society
 - Member of the Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
- März, M.
- Mitglied des wissenschaftlich-technischen Komitees der CIPS (Conference on Integrated Power Systems)
- Müller, G.
- Associate Editor of the Journal "Crystal Growth and Technology"
 - Associate Editor of the Journal "Crystal Growth"
 - Member of the Board of the Center of Competence for New Materials (Neue Materialien GmbH)
 - Vorsitzender der Kommission für Studienangelegenheiten des Instituts für Werkstoffwissenschaften der Universität Erlangen-Nürnberg
- Öchsner, R.
- SEMI European Equipment Automation Committee
 - SEMI Task Force: Equipment Productivity Metrics Task Force
 - SEMI Task Force: Cluster Tool RAM Task Force
 - SEMI Task Force: Process Control Systems (PCS)
 - SEMI Task Force: Data Quality
 - Member of the Factory Integration Working Group (FITWG) der ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors)
 - EuSIC Network
- Pichler, P.
- Chairman of the Organizing Committee of the Symposiums C "Silicon Front-End Junction Formation - Physics and Technology" within the 2004 MRS Spring Meeting, April 12 - 16 2004, San Francisco, CA, USA
 - Member of the Organizing Committee of the Symposium B "Material Science Issues in Advanced CMOS Source-Drain Engineering" within the Spring Meeting of the E-MRS Conference 2004, May 24 - 28, 2004, Strasbourg, France
- Pfützner, 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 "5th Annual European AEC/APC Conference", April 14 - 16, 2004, Dresden
 - Chairman of the Program Committee for the "6th Annual European AEC/APC-Conference 2005", April 6 - 8, Dublin, Ireland
 - Member of the Programme Committee of the International Symposium IEEE "International Symposium on Semiconductor Manufacturing" (ISSM)
 - Session Chairman of the Symposium 2004 IEEE "International Symposium on Semiconductor Manufacturing Conference", September 2004, Tokyo, Japan
 - Member of the Program Committee ISSM 2005 (IEEE "International Symposium on Semiconductor Manufacturing Conference"), October 2005, San José, CA, USA
 - VDE / VDI-Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik, Fachbereich 6 „Halbleitertechnologie und Halbleiterfertigung“, Leiter des Fachausschusses 6.1 „Produktion und Fertigungsgeräte“
 - VDE / VDI-Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik, Fachbereich 6 „Halbleitertechnologie und Halbleiterfertigung“, Leiter der Fachgruppe 6.1.1 „Geräte und Ma-

terialien“

- 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
- Chairman of the AMC-Workshop, ICCCS (17th International Symposium on Contamination Control), 6. September 2004, Bonn

Roeder, G.

- Head of the SEMI Integrated Measurement Task Force Europe
- Koordinator der VDE/VDI-GMM-Fachgruppe 1.2.3 „Abscheide- und Ätzverfahren“
- Coordinator of the EuSIC Network User Group “ Integrated Metrology”

Ryssel, H.

- International Committee of the Conference “ Ion Implantation Technology” (IIT)
The conference takes place biannually alternatingly in Europe, the USA, and East Asia.
- Mitglied der „Informationstechnischen Gesellschaft“ (ITG): Leiter des Fachausschusses 8.1 „Festkörpertechnologie“
- Mitglied der „VDE/VDI-Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik“, Leiter des Fachbereichs 1, „Mikro- und Nanoelektronik-Herstellung“ Leiter der Fachgruppe 1.2.2 „Ionenimplantation“
- Mitglied des Beirats der Bayerischen Kooperationsinitiative Elektronik/ Mikrotechnologie (Bayerisches Staatsministerium für Wirtschaft, Verkehr und Technologie)
- Member of the Electrochemical Society
- Member of the Material Research Society
- Mitglied der „Böhmischen Physikalischen Gesellschaft“
- Fellow Member of the Institute of

Electrical and Electronics Engineers (IEEE)

- Board of Editors of “ Vacuum Technique and Technology”, Minsk, Belarus
- Editorial Board of “ Radiation Effects and Defects in Solids” Taylor & Francis Ltd., Abingdon, U.K.
- Mitglied der Studienkommission Elektrotechnik, Elektronik und Informationstechnik
- Mitglied des Prüfungsausschusses der Technischen Fakultät
- Mitglied der Studienkommission Mechatronik der Universität Erlangen-Nürnberg
- Member of the European SEMI Award Committee
- National Advisory Board of the Conference “ Chemical Vapor Deposition” (EUROCVD)
The conference takes place biannually in another European Country.
- Program Committee of the Conference “ Solid-State and Integrated-Circuit Technology” (ICSICT)
- Scientific Committee of the Conference “ MIGAS International Summer School on Advanced Microelectronics”
The conference takes place in France every year.
- European Subcommittee of the International Symposium on VLSI Technology (IEEE VLSI-TSA)

Schellenberger, M.

- Coordinator of the EuSIC User Group “ Software”
- Co-chair of the European SEMI-Taskforce “ Process Control Systems”
- Mitglied des Programm-Komitees der Europäischen AEC/APC-Konferenz

Schmidt, C.

- SEMI Task Force: Integrated Metrology (Layer Thickness Group)

Schneider, C.

- Mitglied des Wissenschaftlich-Technischen Rates der Fraunhofer-Ge-

sellschaft

- SEMI Equipment Automation Committee
- Member of the SEMI Standardization Task Force “ Integrated Measurement”
- Member of the Board of Directors of the Integrated Measurement Association (IMA)
- Steering Committee of the European AEC/APC (Advanced Equipment/Process Control) Conference, Dresden, 2004
- Head of the Program Committee of the European AEC/APC Conference, Dresden, 2004
- Member of the Factory Integration Working Group (FITWG) of the ITRS (International Technology Roadmap for Semiconductors)
- Mitglied VDI, VDE/VDI-Gesellschaft für Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik
- GMM-Fachausschuß 6.1: „Produktionstechniken“, Fachgruppe 6.1.1: „Geräte und Materialien“
- Leitung EuSIC-Netzwerk
- Chairman of the International Conference on Spectroscopic Ellipsometry ICSE-3, 2004

Konferenzen und Workshops Conferences and Workshops

Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik

IISB, Erlangen
fortlaufende Veranstaltung im Sommer- und Wintersemester 2004

PEAK Seminar „Thermisches Management“

IISB, Erlangen
22. Januar 2004

3. Workshop des DGKK-Arbeitskreises „Angewandte Simulation“

Volkach
5. - 6. Februar 2004

Yield Enhancement "User Group" Kick-off Meeting

IISB, Erlangen
15. - 16. März 2004

Erlanger Techniktage für die Bayerische Eliteakademie

FAU Erlangen-Nürnberg, IISB, Erlangen
29. - 31. März 2004



Praktikum Mädchen und Technik am IISB;
Internship girls and technology at IISB



6. IISB Jahrestagung "Semiconductor Manufacturing - Equipment, Materials and Manufacturing Methods" am IISB

6th annual meeting "Semiconductor Manufacturing - Equipment, Materials and Manufacturing Methods" at IISB.

1st IISB Lithography Simulation Course

IISB, Erlangen

29. - 30. März 2004

5th European Advanced Equipment Control/Advanced Process Control (AECIAPC) Conference

Dresden

14. - 16. April 2004

16. Treffen der Nutzergruppe RTP

Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK)

Freiburg

13. Mai 2004

32. Treffen der Nutzergruppe Ionenimplantation „Prozeß- und Maschinenkontrolle“

Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK),
Freiburg

14. Mai 2004

Meeting IST Project UPPER+

IISB, Erlangen

15. Juni 2004

IST Project MULSIC, 2nd Public Workshop

IISB, Erlangen

16. Juni 2004

Verleihung des Jugendpreises Mikroelektronik des Förderkreises für die Mikroelektronik e.V.

IISB, Erlangen

30. Juni 2004

Stipendiatentreffen 2004 der Bayerischen Forschungsstiftung in Erlangen/Nürnberg

IISB, Erlangen

6. - 7. Juli 2004

PEAK Seminar „Parasitäre Bauelemente“

IISB, Erlangen

20. Juli 2004

Entwickler-Seminar bei DaimlerChrysler

Filderstadt

21. Juli 2004

*12th International Summer School on
Crystal Growth*

Berlin
1. - 6. August 2004

*14th International Conference on Crystal
Growth*

Grenoble, France
9. - 13. August 2004

*NESTOR - Project Coordination Commit-
tee Meeting - Project Program Meeting*

IISB, Erlangen
1. September 2004

*Praktikum „Mädchen und Technik“
IISB, Erlangen*

6. - 10. September 2004

*2nd IISB Lithography Simulation Work-
shop*

Hersbruck
17. - 19. September 2004

TSMC Symposium

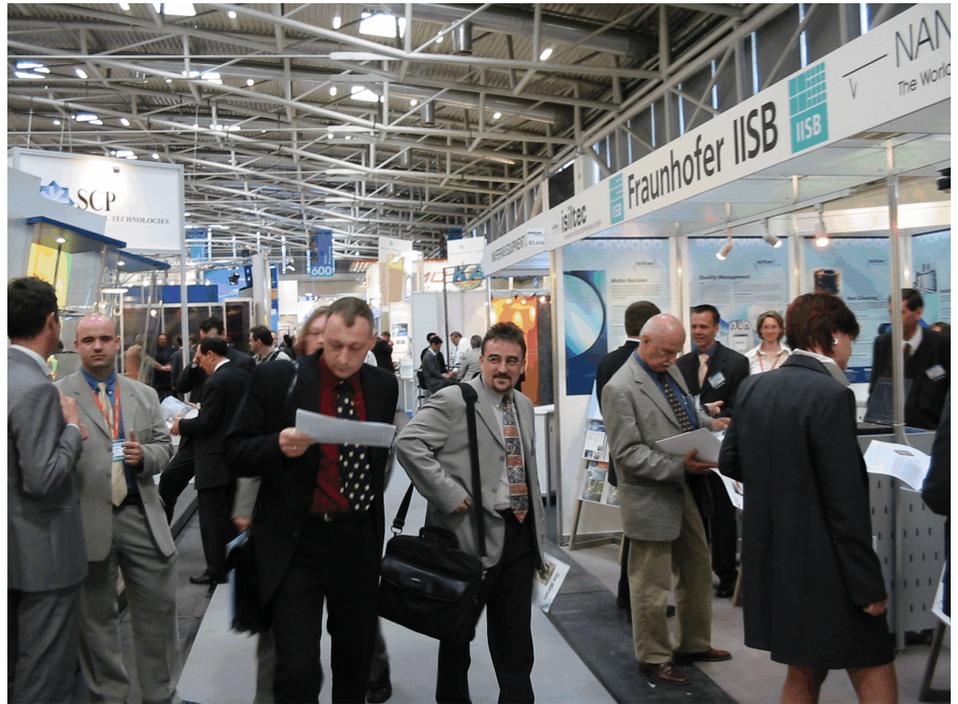
Brüssel
28. September 2004

*2nd Yield Enhancement "User Group"
Meeting*

Schloß Atzelsberg, Erlangen
25. - 26. Oktober 2004

*Review Meeting of the IST Project "MUL-
SIC"*

IISB, Erlangen
25. Oktober 2004



IISB Ausstellungsstand auf der SEMICON Europa 2004 in München;
IISB booth at the SEMICON Europe 2004 in Munich.

*Review Meeting of the IST Project
"FRENDETECH"*

IISB, Erlangen
26. Oktober 2004

*Project Meeting of the IST Project "Na-
noCMOS SP5"*

IISB Erlangen
27. Oktober 2004

*6. IISB Jahrestagung "Semiconductor
Manufacturing - Equipment, Materials*

and Manufacturing Methods"
IISB, Erlangen
4. November 2004

*2. Erlanger Symposium über aktuelle
Trends in der Kristallzüchtung von Halb-
leitern und optischen Kristallen*

Erlangen
13. November 2004

*Nutzertreffen der GMM Fachgruppe
„Inspektion & Analytik“*

IISB, Erlangen
18. November 2004

*GMM-Workshop 2004 "Trend in
PECVD, PVD, and Etch Unit Processes"*

IISB, Erlangen
25. November 2004



Impressionen von der PCIM Europa 2004;
Impressions of the PCIM Europe 2004.



Präsentation des europäischen Verbundprojektes E-LIMM auf der SEMICON 2004;
Presentation of the European joint project E-LIMM at the SEMICON Europe 2004.

Messebeteiligungen Fairs and Exhibitions

Embedded World 2004
Nürnberg
17. - 19. Februar 2004

SEMICON Europa 2004
München
20. - 22. April 2004

PCIM Europe
Nürnberg
25. - 27. Mai 2004

*AUTOMATICA, 1. Internationale Fach-
messe Robotik + Automation*
München
15. - 18. Juni 2004

*BAIKA Zulieferer Innovativ im Audi-Fo-
rum*
Ingolstadt
7. Juli 2004

SMT / HYBRID / PACKAGING-Messe

2004
Nürnberg
15. - 17. Juni 2004

*Bayerisches Fachforum Mechatronik
Augsburg*
6. Oktober 2004

Münchner Wissenschaftstage 2004
München
22.-26. Oktober 2004

*SPS / IPC / DRIVES / Elektrische Automa-
tisierung, Fachmesse & Kongreß*
Nürnberg
23. - 25. November 2004


Frey, Lothar

Nichtdotierende Anwendungen von Ionenstrahlen in der Halbleitertechnologie

Die Ionenimplantation stellt das wichtigste Verfahren zur Dotierung in der Halbleitertechnologie dar. Das kontrollierte lokale Einbringen von Dotierstoffen in geringsten Mengen in den Halbleiter wurde erst durch den Einsatz von Ionenbeschleunigern im heute unverzichtbaren Maßstab möglich. Mit Ionenstrahlen lassen sich sehr genau meßbare Stoffmengen unabhängig von thermodynamischen Gleichgewichtsbedingungen in den Festkörper einbringen. Der Ionenstrahl deponiert in ähnlich gut dosierbarer Weise im Material lokal Energie, die zu Materialdefekten bis hin zur Emission von Atomen und Elektronen führt. Heute werden in technischen Anwendungen vor allem Ionenstrahlen mit Energien im Bereich von 1 keV bis einigen MeV eingesetzt. Ionenstrahlen lassen sich aufgrund der genannten Eigenschaften und Prozesse vielfältig einsetzen. Hauptanwendungsgebiet ist, wie oben bereits genannt, die Ionenimplantation zur Dotierung von Halbleitern.

Die im Rahmen dieses Habilitationsverfahrens vorgelegten Arbeiten behandeln den Einsatz von Ionenstrahlen, nicht um Halbleiter zu dotieren, sondern um Materialien in ihren Eigenschaften zu modifizieren, zu analysieren und zu bearbeiten. Die Implantation von Fremdatomen läßt sich nutzen, um Materialien in Struktur und chemischer Zusammensetzung zu verändern. Ionenstrahlerzeugte Defekte, die bei der Dotierung mittels Ionenimplantation unerwünscht sind, lassen sich zur Erzeugung hochohmiger Bereiche in Verbindungshalbleitern oder zur Erniedrigung der Minoritätsladungsträger-Le-

bensdauer z.B. für schnelle Dioden einsetzen.

Ionenstrahlen finden sich auch in der Oberflächen- und Dünnschichtanalyse. Neben Verfahren mit hochenergetischen Ionen, die die Streuung leichter Ionen und Ionenstrahlinduzierte Kernreaktionen zur Analyse von Elementverteilungen nutzen, spielt der Sputterabtrag von Material durch niederenergetische Ionenstrahlen eine wichtige Rolle. Kontrollierter Sputterabtrag und nachfolgende Massenspektroskopie des abgetragenen Materials wird in der Sekundärionen-Massenspektroskopie eingesetzt, um Tiefenprofile von Spurenverunreinigungen mit sehr großer Nachweisempfindlichkeit zu messen. Sputterabtrag mit fein fokussierten Ionenstrahlen wird zur lokalen Strukturierung genutzt, die Anwendung in lokalen Querschnittsanalysen kleinster Bauelementstrukturen zur Modifikation von integrierten Schaltkreisen bis hin zur Erzeugung von Nanostrukturen findet.



Frey, Lothar

Non-doping Application of Ion Beams for Semiconductor Technology

Ion implantation became the most important method for doping of semiconductors due to its reproducibility and controllability. Using ion beams, materials may be introduced independent from thermodynamic equilibrium. In the same manner, ion beams introduce energy in materials locally and well controlled. The deposited energy generates materials defects and leads to the emission of atoms and electrons. Today, beams with ion energies from 1 keV to few MeV are technically used with the main application being doping of semiconductors. But the specific features of local impurity implantation and energy deposition make ion beams a versatile tool for many other applications.

Publications presented within this work (Habilitation) address the use of ion beams not to dope semiconductor but to modify materials and to analyze thin films and structure samples locally. Implanting ions may be applied to change structure and chemical composition. Ion beam induced defects which are undesirable during doping allow the generation of isolating structures in compound semiconductors and reduce the minority carrier lifetime which is necessary for fast free wheeling diodes.

Ion beams became an important tool for surface and thin film analysis. Besides depth profiling of elemental composition based on scattering of high energy ions and ion induced nuclear reactions, low energy ion beam sputtering plays an important role. Controlled sputter removal and subsequent mass spectroscopy of the sputtered material is used in secondary ion mass spectroscopy and sputtered neutral mass spec-

troscopy to measure depth profiles of impurities with high sensitivity and depth resolution. Sputter removal using focused ion beams allows nano scale structuring. Together with ion beam induced material deposition and etching, focused ion beams are well suited for local cross sectioning and TEM lamella generation through device structures, for design modification and verification of integrated circuits, and for the prototyping of nano structured devices.

Pichler, Peter

Intrinsische Punktdefekte, Fremdatome und ihre Diffusion in Silicium

Das Ziel der Habilitationsschrift ist eine möglichst vollständige Zusammenfassung der Eigenschaften von intrinsischen Punktdefekten und Fremdatomen (Dotieratome, isovalente Atome, Chalkogene und Halogene), deren Diffusion und Komplexbildung in Silicium. Die Arbeit ist in sieben Kapitel unterteilt. Im ersten werden die notwendigen Konzepte erläutert, die zum Verständnis der weiteren Kapitel erforderlich sind. Die darauffolgenden Kapitel geben einen Überblick über die intrinsischen Punktdefekte und über die Diffusion von Fremdatomen in Silicium. In den letzten vier Kapiteln werden die Eigenschaften von isovalenten Atomen, Dotieratomen, Chalkogenen und Halogenen, deren Diffusion und Komplexe zusammengefaßt.

Das erste Kapitel der Arbeit dient zur Einführung von Konzepten, die die wissenschaftliche Basis für die weiteren Kapitel der Arbeit bilden. Es beginnt mit einer Diskussion der Miller-Indizes, der Struktur von Silicium und der darin vorkommenden Defekte. In der Folge werden die Konzepte von Elektronen und Löchern in Festkörpern vorgestellt. Eine Diffusion von Atomen kann bei allen Prozeßschritten beobachtet werden, die bei genügend hohen Temperaturen durchgeführt werden. Zu ihrer Beschreibung wurden sowohl Kontinuumsmethoden als auch atomistische Konzepte entwickelt. Zusätzliches Verständnis von Gleichgewichtszuständen und dynamischen Prozessen kann durch die Anwendung der statistischen Thermodynamik und der Theorie der Thermodynamik irreversibler Vorgänge gewonnen werden. Die Anwendung auf chemische Reaktionen führt direkt zum Massenwirkungsgesetz. Die zeitliche Ent-

wicklung der Reaktion kann durch das dynamische Massenwirkungsgesetz oder durch alternative Methoden beschrieben werden. Nach Umverteilungsvorgängen in koexistierenden Phasen kommt es im Gleichgewicht in der Regel zu einer Diskontinuität der Konzentrationen an der Phasengrenze. Dieses Phänomen wird als Segregation bezeichnet. Eng verbunden damit ist das Konzept der binären Löslichkeit.

Bereits frühe Diffusionstheorien erkannten die Bedeutung intrinsischer Punktdefekte für Diffusionsvorgänge in Silicium. Aufgrund der Erfahrung mit Metallen wurden zuerst vor allem Gitterleerstellen in Betracht gezogen. Beginnend mit den Arbeiten von Seeger und Mitarbeitern fanden auch Eigenzwischengitteratome Berücksichtigung. Zu Beginn des zweiten Kapitels werden die Gleichgewichtskonzentrationen und die Diffusionsgleichungen der intrinsischen Punktdefekte abgeleitet. In der Folge wird das experimentelle und theoretische Wissen über sie, ihre Komplexe und Reaktionen mit anderen Punktdefekten und Grenzschichten erläutert.

Im dritten Kapitel der Arbeit folgt eine ausführliche Diskussion der Diffusion von Fremdatomen. Vor allem Metalle bevorzugen Zwischengitterplätze, wo sie um Größenordnungen schneller als Dotieratome diffundieren. Letztere nehmen vor allem substitutionelle Plätze ein. Aus energetischen Gründen wurden direkte Platzwechsel kaum weiter verfolgt. Stattdessen wurden historisch zuerst vor allem Interaktionen mit Gitterleerstellen in Betracht gezogen. Als Alternative kommen Wechselwirkungen mit Eigenzwischengitteratomen in Frage. Die mathematische Beschreibung der Diffusion von Dotieratomen geht in der Regel davon aus, daß diese bewegliche Paare mit den intrinsischen Punktdefekten bilden. Die entsprechenden Kontinuitätsgleichungen können dann als Diffusions-Reaktionsgleichungen

beschrieben werden.

Unter isovalenten Fremdatomen versteht man Atome aus der vierten Hauptgruppe des Periodensystems wie Kohlenstoff, Germanium und Zinn. In einzelnen Abschnitten werden ihre Eigenschaften, die binäre Löslichkeit, das Diffusionsverhalten und die bekannten Komplexe diskutiert.

Atome der dritten und fünften Hauptgruppe des Periodensystems, die sogenannten Dotieratome, bilden die Grundlage der Siliciumtechnologie. Atome der dritten und fünften Hauptgruppe, die sogenannten Akzeptoren und Donatoren, sind in der Lage, ein Loch bzw. ein Elektron abzugeben, die in der Folge die elektrischen Eigenschaften von Bauelementen bestimmen. Nach einer Diskussion der Konzepte von Clustern und Ionenpaaren werden die Eigenschaften der Dotieratome, ihre binäre Löslichkeit, ihr Diffusionsverhalten und ihre bekannten Komplexe zusammengefaßt.

Das wohl wichtigste Element in der sechsten Hauptgruppe des Periodensystems ist Sauerstoff. Seine herausragendste Eigenschaft ist die Bildung von Präzipitaten, die zum Gettern von Verunreinigungen verwendet werden. Die anderen Elemente Schwefel, Selen und Tellur sind Doppeldonatoren, die bevorzugt substitutionelle Paare bilden, die wieder Doppeldonatoren sind.

Von den Halogenen Fluor, Chlor und Brom ist Fluor das technisch wichtigste. Eine Diskussion ihrer technischen Anwendungen und Eigenschaften schließt die Habilitationsschrift ab.

Die Habilitationsschrift wurde bei Springer Wien-New York verlegt.

Pichler, Peter

Intrinsic Point Defects, Impurities, and Their Diffusion in Silicon

The goal of the *venia legendi* thesis is an as much as possible comprehensive summary of the properties of intrinsic point defects and impurities (dopants, isovalent impurities, chalcogens, and halogens), their diffusion and complex formation in silicon. The work is structured into seven chapters. In the first one, fundamental concepts are explained which are necessary to understand the remaining chapters. The following ones give an overview of the intrinsic point defects and the diffusion of impurities in silicon. The last four chapters summarize the properties of isovalent impurities, dopants, chalcogens, and halogens, their diffusion and complexes.

The first chapter of the work serves to introduce concepts which form the scientific basis for the following sections. It starts with a discussion of the Miller indices, the structure of silicon, and the defects therein. In the following, the concepts of electrons and holes in the solid state are introduced. A diffusion of atoms can be observed for all process steps performed at sufficiently high temperatures. For their description, continuum methods as well as atomistic concepts were developed. Besides thermally agitated jumps of atoms, diffusion can be stimulated by the interaction with charge carriers. Such effects are summarized under the term *athermal diffusion*. Additional insight into equilibrium conditions and dynamic processes can be obtained from statistical thermodynamics and the theory of the thermodynamics of irreversible processes. The application to chemical reactions leads directly to the law of mass action. The evolution of the reaction with time can be described by the dynamic law of mass action or alternative methods. After redistribution processes

in coexisting phases, a discontinuity of the concentration of impurities is usually observed at the interfaces. This effect is called segregation. Closely associated with it is the concept of binary solubility.

Already early diffusion theories recognized the role of intrinsic point defects for diffusion processes in silicon. Based on the experiences with metals, especially vacancies were considered at first. Starting with the work of Seeger and coworkers, self-interstitials were also taken into consideration. At the beginning of the second chapter, the equilibrium concentrations and the diffusion equations of the intrinsic point defects are derived. The following sections summarize the experimental and theoretical knowledge about them, their complexes, and their reactions with other point defects and interfaces.

In the third chapter of the work, a detailed discussion of the diffusion of impurities follows. Especially metals prefer interstitial sites where they diffuse orders of magnitude faster than dopants. The latter predominantly occupy substitutional sites. Because of energetic reasons, direct exchange of sites was usually ignored. Instead, at first, especially interactions with vacancies were taken into considerations. An alternative are interactions with self-interstitials. The mathematical description of the diffusion of dopants is usually based on the formation of mobile pairs with the intrinsic point defects. The corresponding continuity equations can then be described as diffusion-reaction equations. For predominantly substitutional impurities which diffuse via interstitial sites, two special mechanisms were suggested in the literature which became known as "Frank-Turnbull" and "Kick-out" mechanisms.

Isovalent impurities are atoms from the fourth group of the periodic system like

carbon, germanium, and tin. In the respective sections, their properties, binary solubility, the diffusion behavior, and the known complexes are discussed.

Atoms from the third and fifth group of the periodic system, the so-called dopants, form the basis of silicon technology. Atoms from the third group, called acceptors, are able to contribute a hole to the valence band. Similarly, the atoms from the fifth group, called donors, are able to contribute an electron to the conduction band. Their presence determines in consequence the electrical properties of the devices. After a discussion of the concepts of clustering and ion pairs, the properties of the dopants, their diffusion behavior, and their known complexes are summarized.

The probably most important element from the sixth group of the periodic system is oxygen. Its outstanding importance comes from the formation of precipitates which are used to getter impurities. The other elements like sulphur, selenium, and tellurium are double donors which preferentially form substitutional pairs that are in term double donors.

Of the halogens fluorine, chlorine, and bromine, fluorine is by far the technologically most important element. A discussion of their technical applications and properties concludes the *venia legendi* thesis.

The thesis was published by Springer Wien-New York.

Beichele, Matthias

Optimierung der Stickstoffkonzentrationen in Gatedielektrika und -elektroden für fortschrittliche CMOS-Technologien

Mit der fortschreitenden Verkleinerung der Strukturen in der Halbleitertechnologie werden auch die Schichtdicken für das Gateoxid immer weiter reduziert, um eine möglichst hohe Stromdichte im Kanal des Feldeffekttransistors zu gewährleisten. Die stetige Verringerung der Schichtdicken führte in den letzten Jahren zu immer höheren Anforderungen an die Homogenität, die Grenzflächeneigenschaften und die elektrische Stabilität der Gateoxide.

In der vorliegenden Arbeit werden die Einflüsse von grenzflächennahem Stickstoff auf die elektrischen, morphologischen und diffusionshemmenden Eigenschaften von ultradünnen Oxi(nitri)d-Schichten (zwischen 4,0 und 2,5 nm) untersucht. In die Grenzschicht zwischen Oxid und Substrat wurden mittels schneller thermischer Oxinitridation mit Distickstoffoxid unter reduziertem Druck geringe Stickstoffkonzentrationen eingebracht. Dabei wurden die Ergebnisse eigener Experimente zur Reaktionskinetik und zum Einbau von Stickstoff bei der Oxinitridation verwendet. An der Grenzfläche zwischen Oxid und der Polysilicium-Gateelektrode wurde eine weitere stickstoffreiche Schicht aufgebaut, indem eine hohe Dosis von Stickstoffionen ($2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$) in die Gateelektrode implantiert wurde.

In der Arbeit wird gezeigt, daß durch den gezielten Einbau geringer Stickstoffkonzentrationen in die SiO_2 -Si-Grenzfläche die Zuverlässigkeit ultradünner Oxide im Bereich von 4,0 bis 2,5 nm im Vergleich zu herkömmlichen Oxiden ohne Stickstoff verbessert werden kann. Die Stickstoffkonzentration

muß dabei durch die Wahl des $\text{N}_2\text{O}/\text{O}_2$ -Verhältnisses in der Oxidationsatmosphäre und des Drucks während der Oxidation auf die gewünschte Oxiddicke optimiert werden. Im untersuchten Oxiddickenbereich entspricht die durch diese Optimierung erreichte Verbesserung gegenüber konventionellen Oxiden einer Verringerung der Oxiddicke um eine Atomlage bei gleicher Zuverlässigkeit.

Durch eigene Experimente wird das Wachstum von Oxidschichten in der Anfangsphase der schnellen thermischen Oxidation analysiert. Insbesondere wird dabei die Annahme bestätigt, daß die Oxidationsreaktion vornehmlich in einer reaktiven Schicht im Abstand von etwa 1,3 - 1,5 nm von der Oxid-Substrat-Grenzfläche stattfindet. Die Experimente wurden mit schneller thermischer Oxidation bei unterschiedlichen Drücken und unterschiedlichen $\text{N}_2\text{O}/\text{O}_2$ -Verhältnissen in der Oxidationsatmosphäre durchgeführt. Es wird gezeigt, daß diese Parameter einen wesentlichen Einfluß auf die Zusammensetzung der resultierenden Oxidschichten besitzen.

Einen weiteren Teil dieser Arbeit bildet die Untersuchung der Borddiffusion in Bauelementen auf n-Substrat mit p^+ -Polysilicium-Gate. Es wird gezeigt, daß die Ionenimplantation von Stickstoff in die Gateelektrode eine effektive Möglichkeit darstellt, die Diffusion von Bor durch Oxide im Dickenbereich zwischen 3,0 und 2,5 nm während eines typischen Hochtemperatur-Ausheilprozesses zu unterdrücken. Die Diffusion in das Substrat kann durch eine zusätzliche Oxinitridation der Oxid-Substrat-Grenzfläche weiter verringert werden. Ohne diese zweite Barriere können Boratome durch eine 2,5 nm-Oxidschicht in das Substrat gelangen. Andererseits findet durch die Anwesenheit von Stickstoff an dieser Grenzfläche eine Anreicherung von Bor in der Oxidschicht

statt, die sich negativ auf das Durchbruchverhalten des Oxides auswirkt.

Die Arbeit trägt zum gegenwärtigen Verständnis des Schichtwachstums, der Morphologie und des Degradationsverhaltens von ultradünnen nitridierten Oxiden bei. Sie liefert darüber hinaus einen Beitrag zum Thema der Borddiffusion durch ultradünne Oxide. Damit werden die wichtigsten Fragestellungen im Zusammenhang mit der zeitgenössischen Generation ultradünner Oxide erläutert, durch eigene Experimente untersucht und in zusammenhängender Form diskutiert.

Beichele, Matthias

Optimization of the Nitrogen Concentration in Gate Dielectrics and Electrodes for Advanced CMOS Technologies

Along with the advanced scaling of structures in semiconductor technology, the gate oxide thickness is reduced to ensure high current densities in the channel of a field effect transistor. In recent years, the continued reduction of layer thicknesses has led to higher demands on uniformity, interface quality, and electrical stability of the gate oxides.

This thesis investigates the influence of interfacial nitrogen on electrical, morphological and diffusion-blocking properties of ultrathin oxides (oxynitrides) (between 4.0 and 2.5 nm). Here, small nitrogen concentrations were incorporated into the interface layer between the oxide and the substrate by oxidation in nitrous oxide in order to improve hot electron degradation properties. At the opposite electrode side, high nitrogen concentrations ($2 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$) were implanted into the polysilicon gate electrode to form a barrier against diffusion of boron into the oxide layer.

The experiments concerning the kinetics of the initial oxide growth during rapid thermal oxidation confirm the assumption of the existence of a reactive layer at a distance of about 1.3 - 1.5 nm from the oxide-substrate interface. The oxidation reaction mainly takes place within this reactive layer. The influence of oxidation parameters such as the pressure or the $\text{N}_2\text{O}/\text{O}_2$ ratio on the uniformity and composition of the resulting oxide layers was also examined. By reducing the pressure, more uniform films can be grown. During both oxidation in nitrous oxide and in a mixture of nitrous oxide and oxygen,

the resulting nitrogen concentration in the films generally decreases with decreasing nitrous oxide partial pressure.

It is shown in the thesis that by systematic incorporation of nitrogen into the SiO_2 -Si interface the reliability of ultrathin oxides in the range between 4.0 and 2.5 nm can be improved compared to conventional oxides without nitrogen. This can be achieved without disturbing the electrical properties of the MOS capacitors. Comparable positive effects on reliability can be attained by rapid thermal oxidation under reduced pressure. Within the oxide thickness range under examination, the improvement of reliability by optimization of these two parameters is roughly commensurate with the reduction of the oxide thickness by one atomic layer without affecting reliability.

The growth of oxide layers was analyzed by means of own experiments. The experimental results confirm that the oxidation reaction mainly takes place within a reactive layer which lies in a distance of about 1.3 - 1.5 nm from the oxide substrate interface. The oxidation experiments were carried out with rapid thermal oxidation using different pressures and different $\text{N}_2\text{O}/\text{O}_2$ ratios in the oxidation ambients. It is shown that these oxidation parameters strongly affect the consistence of the oxide layers.

With respect to boron diffusion through ultrathin oxides in n-substrate devices with p^+ -polysilicon gate, this thesis examines the effect of ion implantation of nitrogen (at a dose of 10^{15} cm^{-2}) into the gate electrode. It is shown that ion implantation into the gate electrode constitutes an effective possibility to suppress boron penetration through 3.0 and 2.5 nm oxides during a high temperature anneal. This boron-blocking behaviour can be supported by supplementary oxynitridation of the oxide-

substrate interface prior the formation of the gate electrode. Without this supplementary barrier at the oxide-substrate interface, boron atoms can penetrate through a 2.5 nm oxide layer and reach the substrate. On the other hand, when nitrogen is present at this interface, boron may pile up in the oxide layer and degrade the oxide's qualities with respect to breakdown.

This thesis contributes to the present understanding of growth, morphology and degradation properties of ultrathin oxides and oxynitrides. Furthermore, it examines the problem of boron penetration through ultrathin oxides. The most important issues concerning the present generation of ultrathin oxides are addressed, investigated by mean of experimentation and discussed in a coherent form.

Hainke, Marc

Berechnung von Konvektion und Erstarrung metallischer Legierungen mit dem Softwarepaket CrysVUn

Eine Vielzahl von Legierungen erstarrt mit einer dendritischen, säulenförmigen Struktur. Der Bereich, in dem feste und flüssige Phase innerhalb eines gewissen Temperaturintervalls koexistent sind, wird üblicherweise als Zweiphasengebiet (mushy zone) bezeichnet. Die Mikrostruktur resultiert aus einem Wechselspiel von Transportprozessen, Kapillarkräften und thermodynamischen Randbedingungen. Während die Theorie der rein diffusiven Erstarrung heutzutage weit entwickelt ist, erfahren Effekte des konvektiven Wärme- und Stofftransports eine verstärkte Aufmerksamkeit. Dabei werden Phänomene auf verschiedenen Größenskalen durch die Konvektion beeinflusst. Auf der Skala eines einzelnen Dendriten kann die Konvektion zu einer veränderten Wachstumsmorphologie des Dendriten oder sogar zu Fragmentierung führen. Auf der Skala der kompletten Probe ist die Konvektion hauptsächlich für den Effekt der Makrosegregation verantwortlich.

Zeitabhängige Magnetfelder werden als eine vielversprechende Option für systematische Untersuchungen der Effekte der Schmelzströmung bei der Erstarrung metallischer Legierungen angesehen. Es ist bereits bekannt, daß die Verwendung von rotierenden Magnetfeldern ein effektives Werkzeug für die Kontrolle der Schmelzströmung ist und daher sowohl die Temperatur- als auch die Speziesverteilung beeinflusst werden kann. Diese Feldkonfiguration ist auch im industriellen Einsatz weit verbreitet, um den Erstarrungsprozeß zu beeinflussen, vor allem mit dem Ziel, eine fein verteilte equiaxiale Wachstumsmorphologie zu erzeugen. Dennoch ist die

Anzahl wissenschaftlicher Publikationen mit numerischen Studien hinsichtlich der resultierenden Makrosegregation während der Erstarrung stark beschränkt. Dies liegt vor allem an dem großen numerischen Aufwand der entsprechenden Berechnungen.

In dieser Arbeit wurde das Softwarepaket CrysVUn um geeignete Modelle für die globale Simulation der gerichteten Erstarrung binärer Legierungen erweitert. Die Methodik bei der Implementierung der Modelle sowie deren Anwendung bilden den Schwerpunkt dieser Arbeit.

Grundlage für die Aufgabenstellungen dieser Arbeit ist eine möglichst akkurate Berechnung des Strömungsfeldes. Aus diesem Grund wurde ein neuartiger Ansatz auf der Basis der "Finiten Volumen-Methode" auf unstrukturierten Gittern realisiert. Bei diesem Ansatz werden die Geschwindigkeitskomponenten mit quadratischen Ansatzfunktionen und skalare Werte mit linearen Ansatzfunktionen auf einem Dreieckselement interpoliert. Diese Methodik wird mit einem herkömmlich verwendeten Verfahren einer nichtversetzten Anordnung aller Variablen und linearen Ansatzfunktionen für eine Reihe repräsentativer Testfälle untersucht. Es zeigt sich, daß die Verwendung quadratischer Ansatzfunktionen, abhängig von dem betrachteten Testproblem, zu einer erhöhten Genauigkeit bei geringeren Rechenzeiten führen kann.

Das Modell für die säulenförmige Erstarrung binärer Legierungen basiert auf dem klassischen Volumenmittlungsverfahren. Die numerische Behandlung der Erstarrung von Legierungen erfordert die gekoppelte Lösung der gemittelten Energie-, Spezies-, Impuls- und Massenerhaltungsgleichungen unter Berücksichtigung des Phasendiagramms. Mikrosegregation wird mit einem der beiden Grenzfälle von ver-

nachlässigbarer oder vollständiger Diffusion behandelt. Die Implementierung der einschlägigen Gleichungen wird anhand einer Vielzahl verschiedener Testfälle validiert. Verschiedene Kopplungsalgorithmen zur Berücksichtigung des Phasendiagramms werden diskutiert, und die Ableitung eines neuartigen matrixbasierten Verfahrens wird vorgestellt. Letzteres gibt einen deutlichen Einblick in die Problematik bei der Berechnung des Volumenanteils der flüssigen Phase. Allerdings zeigen numerische Studien, daß ein sehr viel einfacheres, auf der Definition der Enthalpie basierendes Verfahren zu vergleichbaren Rechenzeiten bei weit geringerem Implementierungsaufwand führt.

Globale thermische Modelle der Ofenanlagen ARTEMIS und ARTEX werden vorgestellt. Gerichtete Erstarrungsprozesse von binären Al-12.6%Si- und Al-6%Si-Legierungen werden betrachtet. Die numerischen Vorhersagen der Position der Erstarrungsfront stimmen gut mit experimentellen Ergebnissen überein, was das Vertrauen in die Vorhersagekraft des entwickelten Modells bekräftigt.

Die wesentlichen makroskopischen Effekte von rotierenden Magnetfeldern bei der gerichteten Erstarrung von Al-7%Si-Legierungen werden durch detaillierte numerische Studien untersucht. Die numerischen Untersuchungen werden durch eine Größenordnungsanalyse begleitet, welche die dominierenden Mechanismen bei der betrachteten Situation verdeutlicht. Kürzlich gewonnene experimentelle Resultate bestätigen qualitativ die numerischen Vorhersagen.

Insgesamt wird das entwickelte Modell durch Verwendung von 12 numerischen Testfällen und 5 verschiedenen experimentellen Messungen überprüft.



Hainke, Marc

Computation of Convection and Alloy Solidification with the Software Package CrysVUn

Many alloys are solidifying with a dendritic columnar structure. The region where solid and liquid phase are co-existent within a certain temperature interval is usually called the mushy zone. The resulting microstructure is a consequence of transport processes, capillarity effects and thermodynamic constraints. Whereas the theory of purely diffusive solidification is nowadays well developed, the effects of convective heat and mass transport experience enhanced attention. Thereby, phenomena on different length scales are influenced by convection. On the scale of a single dendrite, convection might lead to a changed morphology of the dendrites or might even lead to fragmentation. On the scale of the whole sample, convection is mainly responsible for the effect of macrosegregation.

Time-dependent magnetic fields are considered as a promising option for systematic investigations of the effects of fluid flow during alloy solidification. It is well known that the use of rotating magnetic fields is an efficient tool for controlling the melt flow and thus can affect the temperature and species distribution. This field configuration is also industrially commonly in use to influence the solidification process, mainly to create a finely dispersed equiaxed growth morphology. Nevertheless, the number of publications with numerical investigations on the resulting macrosegregation during alloy solidification is very limited. This is mainly due to the high computational costs of the corresponding calculations.

In this work, the software package CrysVUn was extended by suitable

models for the global simulation of directional solidification of binary alloys. The methodology of the model implementation and its application is subject of this work.

Basis for the tasks in this work is an accurate computation of the flow field. For this reason, a novel approach based on the finite volume technique on unstructured grids was realized. The velocity components are interpolated with quadratic functions, scalar values are interpolated linearly on a triangular element. The performance of this approach is compared to a commonly used collocated arrangement with linear functions for all physical quantities for a number of representative test cases. It has been observed, that the quadratic scheme might lead to higher accuracy at smaller computation times, dependent on the problem under consideration.

The model for columnar solidification of binary alloys is based on the classical volume-averaging approach. The numerical treatment of alloy solidification requires the coupled solution of the averaged energy, species, momentum and mass conservation equations under consideration of the phase diagram constraint. Microsegregation is treated with one of the limits of pure or infinite diffusion. The implementation of the governing equations is validated using a plurality of different test cases. Several phase diagram coupling schemes are discussed and the derivation of a novel matrix-based coupling algorithm is presented. The latter approach gives a clear insight in the considerations regarding the computation of the liquid fraction. Nevertheless, numerical studies showed that a much simpler enthalpy-based approach results in the same performance regarding the computation time, with much lower implementation effort.

Global thermal models for the ARTEMIS and the ARTEX facility are presented. Directional solidification processes of binary Al-12.6%Si and Al-6%Si alloys are considered. The numerical predictions regarding the interface position agree well with experimental measurements, giving trust into the predictive power of the developed model.

The essential macroscopic effects of rotating magnetic fields during directional solidification of Al-7%Si alloys are investigated by detailed numerical studies. Natural convective effects are negligible for this alloy in the considered configuration. It appears that the magnetically driven bulk liquid flow creates an interdendritic flow which carries solutal-enriched liquid out of the mushy zone at the axis of the sample. Macrosegregation occurs at the center of the sample and in consequence a liquid channel is developing within the mushy zone. By exceeding a certain field strength, pure eutectic solidification finally occurs. The influence of the mushy zone permeability, the primary dendritic arm spacing and the temperature gradient is analyzed. The numerical investigations are accompanied by a scaling analysis which enlightens the dominant mechanism of the considered situation. Recent experimental results qualitatively confirm the reported numerical predictions.

In total, the developed model is validated by the application of 12 numerical test cases and 5 different experimental measurements.

Weiß, Roland

Herstellung, Untersuchung und Modellierung von Schottky-Dioden mit ionenimplantierter Randfeldbegrenzung auf Siliciumcarbid

Die vorliegende Arbeit beschreibt die Herstellung, Charakterisierung und Modellierung von Schottky-Dioden mit unterschiedlichen Konzepten der Randfeldbegrenzung auf 4H-SiC. Es wird neben der Dimensionierung von Schottky-Dioden, wozu verschiedene Berechnungen und Simulation durchgeführt wurden, auch auf die Wirkungsweise verschiedener Konzepte zur Randfeldbegrenzung eingegangen. Die verschiedenen Konzepte zur Randfeldbegrenzung werden mit der Prämisse einer fertigungsnahen, einzig auf handelsüblichen Fertigungsgeräten der Siliciumtechnologie durchführbaren Prozeßführung experimentell untersucht. Dabei steht vor allem die Randfeldbegrenzung durch einen Widerstandsfeldring und durch einen gegendotierten Feldring im Vordergrund. Im weiteren wird ein analytisches Modell zum elektronischen Transport an inhomogenen Schottky-Barrieren erarbeitet, mit Hilfe dessen das nicht-ideale Verhalten von Schottky-Dioden erklärt werden kann. Dieses Modell wird durch Simulationen mit dem Bauelementesimulationsprogramm DESIS verifiziert und zur Extraktion entsprechender Parameter aus Meßergebnissen verwendet. Das in dieser Arbeit erstellte Modell wird mit weiteren Modellen und Theorien zum nicht-idealen Verhalten von Schottky-Dioden verglichen.

Die hergestellten Dioden mit unterschiedlichen Randfeldbegrenzungen werden miteinander verglichen. Dabei zeigt sich, daß zur Extraktion der relevanten Diodenparameter, um systematische, durch das nicht-ideale Verhalten hervorgerufene, Fehler zu vermeiden

und die I(U)-Charakteristik richtig zu beschreiben, auf I(U)-Messungen bei unterschiedlichen Temperaturen zurückgegriffen werden muß. Darüber hinaus wird auf das zeittransiente Verhalten der Schottky-Dioden mit Widerstandsfeldring eingegangen und ein einfaches Modell über das Umladeverhalten von Haftstellen zur Erklärung des transienten Verhaltens erstellt. Die aluminiumimplantierten und ausgeheilten Schottky-Dioden, die bei erfolgreichem Ausheilprozeß kein unerwünschtes zeittransientes Verhalten zeigen, wiesen die kleinsten Sperrströme auf. Neben einer breit angelegten Analyse der Durchlaßkennlinienfelder in Abhängigkeit von der Meßtemperatur wurde auch die Sperrcharakteristik der Dioden einer genaueren Untersuchung unterzogen. Dabei konnte festgestellt werden, daß ein Wachstum von Barriereinhomogenitäten durch Temperaturerhöhung unter Last sich sowohl auf die Sperr- als auch auf die Durchlaßcharakteristik der Schottky-Dioden auswirkt. Es wird im Rahmen dieser Arbeit gezeigt, daß bei der Extraktion von Diodenparametern aus Kennlinienfeldern das nicht-ideale Verhalten bzw. die Wirkung von Barriereinhomogenitäten auf das elektrische Verhalten beachtet werden muß.


Weiß, Roland***Fabrication, Investigation and Modelling of Schottky Diodes with Ion Implanted Edge Termination on Silicon Carbide***

This thesis deals with the fabrication, characterization and modelling of Schottky diodes with different edge termination on 4H-SiC. The physical basics and the dimensioning of Schottky diodes with edge termination are discussed. For the dimensioning of Schottky diodes, different calculations and simulations have been done. Different important processing steps for the fabrication of Schottky-Diodes with edge termination and the manufacturing process itself have been investigated, with the focus on a broad compatibility to common silicon technology. Furthermore, an analytical model based on the electronic transport at inhomogeneous Schottky barriers is introduced to describe the non-ideal behavior of Schottky diodes. The validity of the model is shown by numerical simulation using the device simulation program DESIS. This model is used to extract different parameters describing the barrier inhomogeneity of the Schottky barrier from measurement data and is compared to different other models and theories to describe the non-ideal behavior of Schottky diodes.

Schottky diodes with different edge termination and different Schottky metals (tungsten, nickel, titanium and molybdenum) have been electrically characterized. It is shown that for the extraction of the relevant diode parameters I-V measurements at different temperatures have to be taken into account. Schottky diodes with a resistive edge termination showed a dependence of the I-V characteristics on the number of measurement cycles. It could be shown that the charging of traps

created by ion implantation is the reason for this behavior. Schottky diodes with aluminum-implanted and annealed guard ring showed the lowest leakage current and almost no dependence of the I-V characteristic on the number of measurement cycles. A broad analysis of the forward and reverse characteristic of different Schottky diodes revealed that the growth of barrier inhomogeneities due to increased temperature under load affecting the forward characteristics also has a visible influence on the reverse characteristics. In general, the reverse characteristics of Schottky diodes depend on several parameters like edge termination, surface conditioning, annealing steps and measurement temperature, for example. In some cases, the conducting mechanism has been identified and the relevant parameters have been extracted. The comparison of the different diode parameters extracted by different models shows the necessity of taking into account the effect of barrier inhomogeneities for the parameter extraction from measurement data.

Herausgegebene Bücher / Buchbeiträge

Edited Books / Contributions to Books

Hainke, M.:

Computation of Convection and Alloy Solidification with the Software Package CrysvUn

Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl Elektronische Bauelemente und Fraunhofer IISB, Diss. 2004

URL: <http://www.opus.ub.uni-erlangen.de/opus/volltexte/2004/59>

Mannino, G., Feudel, T., Pichler, P., Servidori, M., (eds):

Materials Science Issues in Advanced CMOS Source-Drain Engineering
Materials Science Engineering B, Strasbourg, Vol. 114 - 115, 2004

Pichler, P.:

Intrinsic Point Defects, Impurities, and their Diffusion in Silicon
Springer Verlag, Wien, 2004

Pichler, P., Claverie, A., Lindsay, R., Orłowski, M., Windl, W.:

Silicon Front-End Junction Formation - Physics and Technology
Materials Research Society Symposium Proceedings, Hrsg.: P. Pichler, 810, 2004

Weiß, R.:

Herstellung, Untersuchung und Modellierung von Schottky-Dioden mit ionenimplantierter Randfeldbegrenzung auf Siliziumkarbid

Erlanger Berichte der Mikroelektronik, Band 1/2004, Hrsg. H. Ryssel, Shaker Verlag, Aachen 2004

**Publikationen
Publications**

Bär, E., Lorenz, J., Ryssel, H.:

3D Feature-Scale Simulation of Sputter Etching with Coupling of Equipment Simulation

Proceedings of SISPAD 2004 (Simulation of Semiconductor Processes and Devices), Hrsg.: G. Wachutka, 125, 2004

Burenkov, A., Lorenz, J.:

3D Simulation of Process Effects Limiting FinFETS Performance and Scalability

Proceedings of SISPAD 2004 (Simulation of Semiconductor Processes and Devices), Hrsg.: G. Wachutka, 339, 2004

Colombeau, B., Smith, A.J., Cowern, N.E.B., Pawlak, B.J., Cristiano, F., Duffy, R., Claverie, A., Ortiz, C.J., Pichler, P., Lampin, E., Zechner, C.:

Current Understanding and Modeling of B Diffusion and Activation Anomalies in Preamorphized Ultra-shallow Junctions

Silicon Front-End Junction Formation - Physics and Technology: 2004 Spring Meeting Proceedings, Symposium C, Hrsg.: P. Pichler, A. Claverie, R. Lindsay, M. Orłowski, W. Windl, MRS Proceedings 810, C3.6.1. - C3.6.12, 2004

Colombeau, B., Smith, A.J., Cowern, N.E.B., Lerch, W., Paul, S., Pawlak, B.J., Cristiano, F., Hebras, W., Bolze, D., Ortiz, C., Pichler, P.:

Electrical Deactivation and Diffusion of Boron in Preamorphized Ultra-shallow Junctions: Interstitial Transport and F Co-implant Control

IEDM Technical Digest, 971, 2004

Deák, T., Gali, A., Pichler, P., Ryssel, H.:

Quantum Mechanical Studies of Boron Clustering in Silicon

High Performance Computing in

Science and Engineering '03, Hrsg.: E. Krause, 381, 2004

Erdmann, A.:

Semiconductor Lithography Simulation
Laser Focus World, March 2004, 61, 2004

Erdmann, A.:

Process Optimisation Using Lithography Simulation

Proceedings of SPIE Conference 2003, 5401, 22, 2004

Erdmann, A., Fühner, T., Schnattinger, T., Tollkühn, B.:

Towards Automatic Mask and Source Optimization for Optical Lithography
Proceedings of SPIE Conference 2004, 5377, 646, 2004

Evanschitzky, P., Erdmann, A.:

Enhanced Model for the Efficient 2D and 3D Simulation of Defective EUV Masks

Proceedings of SPIE Conference 2004, 5374, 770, 2004

Fühner, T., Jung, T.:

Use of Genetic Algorithms for the Development and Optimization of Crystal Growth Processes

Journal of Crystal Growth, 266, 1-3, 229, 2004

Fühner, T., Erdmann, A., Ortiz, C.J., Lorenz, J.:

Genetic Algorithm for Optimization and Calibration in Process Simulation

Simulation of Semiconductor Processes and Devices 2004, Hrsg.: G. Wachutka, 347, 2004

Hainke, M., Friedrich, J., Müller, G.:

Numerical Study on Directional Solidification of AlSi Alloys with Rotating Magnetic Fields Under Microgravity Conditions

Journal of Materials Science, 39, 2011, 2004

- Hainke, M., Friedrich, J., Müller, G.:
A Matrix Based Correction Scheme of the Liquid Fraction During Columnar Solidification
International Journal of Heat and Mass Transfer, 47, 2883, 2004
- Kistler, S., Bär, E., Lorenz, J., Ryssel, H.:
3D Simulation of Ionized Metal Plasma Vapor Deposition
Microelectronic Engineering 76, 1 - 4, 100, 2004
- Lehrer, C., Frey, L., Petersen, S., Ryssel, H., Schäfer, M., Sulzbach, T.:
Integration of Field Emitters into Scanning Probe Microscopy Sensors Using Focused Ion and Electron Beams
Journal of Vacuum Science and Technology, B: Microelectronics and Nanometer Structures 22, 3, 1402, 2004
- Lemberger, M., Paskaleva, A., Zürcher, S., Bauer, A.J., Frey, L., Ryssel, H.:
Electrical Characterization and Reliability Aspects of Zirconium Silicate Films Obtained from Novel MOCVD Precursors
Microelectronic Engineering, 72, 315, 2004
- Mannino, G., Feudel, T., Pichler, P., Servidori, M.:
Preface to the Special Issue on the EMRS 2004 Symposium B on "Material Science Issues in Advanced CMOS Source-Drain Engineering"
Materials Science & Engineering B, 114 - 115, 1, 2004
- Mannino, G., Privitera, V., Scalese, S., Libertino, S., Napolitani, E., Pichler, P., Cowern, N.E.B.:
Effect of Oxygen on the Diffusion of Nitrogen Implanted in Silicon
Electrochemical and Solid State Letters, 7, 8, G161, 2004
- März, M.:
Leistungswandler - Schlüsselkomponenten für das Energiemanagement in Kraftfahrzeugen
Innovationen für Menschen, Fachtagsberichte DGBMT, GMM, GMA: VDE-Kongreß 2004, Kommunikation, Mobilität, Energie, Lebenswissenschaften, 2, 149, 2004
- Meissner, E., Sun G., Hussy, S., Birkmann, B., Friedrich, J., Müller, G.:
Growth of GaN Crystals and Epilayers from Solutions at Ambient Pressure
Proceedings of the 21st Century COE Joint International Workshop on Bulk Nitrides, 46, 2004
- Molchanov, A., Friedrich, J., Wehrhan, G., Müller, G.:
Study of the Oxygen Incorporation During Growth of Large CaF₂-Crystals
Journal of Crystal Growth, 273, 3 - 4, 629, 2004
- Müller, G., Friedrich, J.:
Challenges in Modeling of Bulk Crystal Growth
Journal of Crystal Growth, 266, 1 - 3, 1, 2004
- Nguyen, P.-H., Burenkov, A., Lorenz, J.:
Adaptive Surface Triangulations for 3D Process Simulation
Simulation of Semiconductor Processes and Devices 2004, Hrsg.: G. Wachutka, 161, 2004
- Nguyen, P.-H., Bär, E., Lorenz, J., Ryssel, H.:
Modeling of Chemical-Mechanical Polishing on Patterned Wafers as Part of Integrated Topography Process Simulation
Microelectronic Engineering, 76, 1-4, 89, 2004
- Öchsner, R., Pfeffer, M., Pfitzner, L., Ryssel, H., Beer, K., Boldin, M., de Mey, B., Engelhard, M., O'Murchu, C., Westerwick, A., Colson, P., Madore, M., Krahn, L., Kempe, W., Luisman, E.:
E-Learning for Microelectronics Manufacturing
Proceedings of the 13th ISSM 2004, 115, 2004
- Ortiz, C., Pichler, P., Fühner, T., Cristiano, F., Colombeau, G., Cowern, N.E.B., Claverie, A.:
A Physically-Based Model for the Spatial and Temporal Evolution of Self-Interstitial Agglomerates in Ion-Implanted Silicon
Journal of Applied Physics 96, 6, 4866, 2004
- Ortiz, C.J., Cristiano, F., Colombeau, B., Claverie, A., Cowern, N.E.B.:
Modeling of Intrinsic Extended Defect Evolution in Ion-Implanted Silicon Upon Thermal Annealing
Materials Science & Engineering B, 114 - 115, 184, 2004
- Ortiz, C., Pichler, P., Häublein, V., Mannino, G., Scalese, S., Privitera, V., Solmi, S., Lerch, W.:
Boron-Interstitial Cluster Kinetics: Extraction of Binding Energies from Dedicated Experiments
Proceedings of the Materials Research Society (MRS), 810, C7.1.1. - C7.1.6., 2004
- Pakaleva, A., Bauer, A.J., Lemberger, M., Zürcher, S.:
Physical and Electrical Properties of Thin High-k Hf_xTi_ySi_zO Film with Varying Hf to Ti Ratios
5th European Workshop on Ultimate Integration of Silicon, IMEC, 43, 2004
- Pakaleva, A., Bauer, A.J., Lemberger, M., Zürcher, S.:
Different Current Conduction Mechanisms Through Thin High-k Hf_xTi_ySi_zO Film Due to the Varying Hf to Ti Ratio
Journal of Applied Physics, 10, 5583, 2004
- Pfitzner, L., Bär, E., Frickinger, J., Nguyen, H., Nutsch, A.:
Polierverfahren in der Halbleiterfertigung

- Freiberger Siliciumtage 2003, Freiberger Forschungsforum, 54. Berg- und Hüttenmännischer Tag, 19. - 21. Juni 2003, Hrsg: H.-J. Möller, G. Roewer, 136, 2004
- Pichler, P., Ortiz, C.J., Colombeau, B., Cowern, N.E.B., Lampin, E., Claverie, A., Cristiano, F., Lerch, W., Paul, S.: *On the Modeling of Transient Diffusion and Activation of Boron During Post-Implantation Annealing* International Electron Devices Meeting, IEDM Technical Digest, 967, 2004
- Rambach, M., Bauer, A.J., Frey, L., Friedrichs, P., Ryssel, H.: *Annealing of Aluminium Implanted 4H-SiC: Comparison of Furnace and Lamp Annealing* Material Science Forum, 438 - 485, 621, 2004
- Rambach, M., Weiß, R., Frey, L., Bauer, A.J., Ryssel, H.: *Investigation of Rapid Thermal Annealed pn-Junctions in SiC* Material Science Forum, 457 - 460, 1073, 2004
- Roeder, G., Spindler, O.: *Workshop „Entwicklungen in der Plasma-technologie“* Mechatronik, 112, 4, 11, 2004
- Roeder, G., Schneider, C., Pfitzner, L., Ryssel, H.: *Measurement Data Evaluation for in Situ Single-wavelength Ellipsometry During Reactive Ion Etching* 5th European Advanced Equipment Control/Advanced Process Control (AEC/APC) Conference, Dresden, 2004
- Schmidt, C., Petrik, P., Schneider, C., Fried, M., Lohner, T., Bársony, I., Gyulai, J., Ryssel, H.: *Optical Characterization of Ferroelectric Strontium-Bismuth-Tantalate (SBT) Thin Films* Thin Solid Films, Special Issue: the 3rd
- International Conference on Spectroscopic Ellipsometry, 455 - 456C, 495, 2004
- Schwesig, P., Hainke, M., Friedrich, J., Müller, G.: *Comparative Numerical Study of the Effects of Rotating and Travelling Magnetic Fields on the Interface Shape and Thermal Stress in the VGF Growth of InP Crystals* Journal of Crystal Growth, 266, 1 - 3, 224, 2004
- Tollkühn, B., Erdmann, A., Lammers, J., Nölscher, C., Semmler, A.: *Do We Need Complex Resist Models for Predictive Simulation of Lithographic Process Performance?* Proceedings of SPIE Conference 2004, 5376, 983, 2004
- Ullrich, M., Burenkov, A., Ryssel, H.: *Ion Sputtering at Grazing Incidence for SIMS-Analysis* 7th International Conference on Computer Simulation of Radiation Effects in Solids (COSIRES), Abstracts and Programme, 114, 2004
- Vizman, D., Eichler, S., Friedrich, J., Müller, G.: *Three-Dimensional Modeling of Melt Flow and Interface Shape in the Industrial Liquid-Encapsulated Czochralski Growth of GaAs* Journal of Crystal Growth, 266, 1 - 3, 396, 2004
- Weidner, A., Slodowski, M., Halm, C., Schneider, C., Pfitzner, L.: *Effective-Medium Model for Fast Evaluation of Scatterometric Measurements on Gratings* Proceedings of the SPIE Conference, 5375, 232, 2004
- Weiß, R., Frey, L., Ryssel, H.: *Modeling of the Influence of Schottky Barrier Inhomogeneities on SiC Diode Characteristics* Material Science Forum, 457 - 460, 973, 2004
- Wellmann, P.J., Albrecht, A., Künecke, U., Birkmann, B., Müller, G., Jurisch, M.: *Quantitative Determination of the Doping Level Distribution in N-Type GaAs Using Absorption Mapping* European Physical Journal Applied Physics, 27, 357, 2004
- Yasenov, N., Berberich, S., Frey, L., Ryssel, H.: *Design, Fabrication and Characterization of a Microactuator for Nebulization of Fluids* Proceedings of Sensors and Microsystems, Italian Conference 2003, Italy World Scientific, 388, 2004
- Zeltner, S., Billmann, M., März, M.: *An Isolating Halfbridge Driver Module with Embedded Magnetics* Proceedings PCIM 2004, Nürnberg, 2004

**Vorträge
Presentations**

Ardelan, G., Fainberg, J., Friedrich, J., Müller, G.:

New Ray Tracing Method for Thermal Radiation in Optical Materials
DGKK Arbeitskreis Kristalle für Laser und nichtlineare Optik
Marburg
23. - 24. September 2004

Ardelan, G., Fainberg, J., Friedrich, J., Müller, G.:

New Ray Tracing Method for Thermal Radiation in Optical Materials
Physics Conference TIM2004
Timisoara, Romania
26. - 27. November 2004

Auer, J., Purwins, M., Berwian, P., Müller, G.:

In-Situ Investigations of the Formation of MoSe₂ at the Back Electrode of Cu(In,Ga)Se₂ Solar Cells by Thin Film Conductivity Measurements
14th International Conference on Crystal Growth
Grenoble, France
9. - 13. August 2004

Banos, N.:

Modellierung der Versetzungsdichte von Halbleiterkristallen mit dem Alexander-Haasen-Modell
3. Workshop des DGKK Arbeitskreises Angewandte Simulation
Volkach
5. - 6. Februar 2004

Banos, N., Fainberg, J., Jung, T., Friedrich, J., Müller, G.:

Modeling of Dislocation Dynamics in Semiconductor Crystal Growth with the Softwarepackage CrysVUn
Physics Conference TIM2004
Timisoara, Romania
26. - 27. November 2004

Bär, E.:

Overview of the MULSIC Project
3rd MULSIC Review Meeting an der TU Wien
Vienna, Austria
16. Januar 2004

Bär, E., Kistler, S., Lenhart, O., Lorenz, J., Nguyen, H.:

Topography Process Simulation
3rd MULSIC Review Meeting an der TU Wien
Vienna, Austria
16. Januar 2004

Bär, E., Kistler, S., Lorenz, J., Nguyen, H.:

Topography Process Simulation and its Application to Interconnects
2. Workshop des Projekts MULSIC
IISB, Erlangen
16. Juni 2004

Bär, E.:

Overview of the MULSIC Project
2. Workshop des Projekts MULSIC
IISB, Erlangen
16. Juni 2004

Bär, E.:

Topography Simulation at Fraunhofer IISB

Vortrag bei Infineon
München
30. Juni 2004

Bär, E.:

Interconnect-Simulation
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen
12. Juli 2004

Bär, E., Lorenz, J., Ryssel, H.:

3D Feature-Scale Simulation of Sputter Etching with Coupling to Equipment Simulation
Poster Presentation at SISPAD 2004
München
2. - 4. September 2004

Bär, E.:

Overview of the MULSIC Project
4. MULSIC Review Meeting
IISB, Erlangen
25. Oktober 2004

Bär, E., Kistler, S., Lenhart, O., Lorenz, J., Nguyen, H.:

Topography Process Simulation
4. MULSIC Review Meeting
IISB, Erlangen
25. Oktober 2004

Bauer, A.J., Paskaleva, A.:

Physical and Electrical Properties of Thin High-k Hf_xTi_ySi₂O Film with Varying Hf to Ti Ratios
5th European Workshop on Ultimate Integration of Silicon
IMEC, Leuven, Belgium
11. - 12. März 2004

Bauer, A.:

Hafnium-Titansilikate als mögliche Kandidaten für zukünftige Gatedielektrika
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen
5. Juli 2004

Bauer, A.:

Zuverlässigkeitsbestimmung von ultradünnen Siliciumdioxid- und hochschichten
Nutzertreffen der GMM Fachgruppe „Inspektion & Analytik“
IISB, Erlangen
18. November 2004

Bauer, A.:

MOCVD of High-k Dielectrics Demonstrated by Hafnium Titanium Silicates
IISB Jahrestagung 2004
IISB, Erlangen
4. November 2004

Berberich, S.:

Laterale Leistungsbauelemente realisiert in einer Smart Power-Technologie
Kolloquium Halbleiter-Leistungsbau-

- elemente und ihre systemtechnische Anwendung
Freiburg
25. Oktober 2004
- Billmann, M.:
Thermische Meßtechnik im praktischen Einsatz
PEAK-Seminar „Thermisches Management in der Leistungselektronik“
IISB, Erlangen
22. Januar 2004
- Billmann, M.:
Parasitäre Schaltungselemente in der Meßtechnik
PEAK-Seminar „Parasitäre Bauelemente in Oszillationen“
IISB, Erlangen
20. Juli 2004
- Birkmann, B., Stenzenberger, J., Jurisch, M., Härtwig, J., Alex, V., Müller, G.:
Characterisation of the Dislocation Structure in Low-EPD Si-doped GaAs
14th International Conference on Crystal Growth
Grenoble, France
9.-13. August 2004
- Birkmann, B., Hussy, S., Meißner, E., Friedrich, J., Müller, G.:
Niederdrucklösungszüchtung von GaN-Substraten
BMBF-Workshop „GaN-Elektronik“
Siegburg
13. September 2004
- Burenkov, A.:
Simulation Support in NanoCMOS Presentation at Infineon
München
24. Mai 2004
- Burenkov, A., Lorenz, J.:
3D Simulation of Process Effects Limiting FinFET Performance and Scalability
SISPAD 2004
München
2. - 4. September 2004
- Dagner, J., Friedrich, J., Seidl, A., Müller, G.:
Untersuchungen zum Kohlenstofftransport beim Ziehen von Siliciumrohren mit dem EFG-Verfahren
Poster Präsentation auf der DGKK Jahrestagung
Jena
15. - 19. März 2004
- Dagner, J., Hainke, M., Müller, G.:
Modeling of Alloy Solidification with the Software Package CrysVUn
14th International Conference on Crystal Growth
Grenoble, France
9. - 13. August 2004
- Dagner, J., Hainke, M., Friedrich, J., Müller, J.:
Simulation of Furnace Inserts and Sample Cartridge Assemblies Using the Thermal Modeling Tool CrysVUn
4th International Conference on Solidification and Gravity
Miskolc-Lillafüred, Ungarn
6. - 10. September 2004
- Dagner, J., Weiss, A., Hainke, M., Zimmermann, G., Müller, G.:
Global Modeling of Directional Solidification of Aluminum Alloys Using the Software Package CrysVUn
4th International Conference on Solidification and Gravity
Miskolc-Lillafüred, Ungarn
6. - 10. September 2004
- Dagner, J., Hainke, M., Friedrich, J., Müller, G.:
Use of Magnetic Fields During Solidification Under Microgravity Conditions
Sino-German Workshop on Electromagnetic Processing of Materials
Shanghai, China
11. - 12. Oktober 2004
- Dagner, J., Hainke, M., Schwesig, P., Friedrich, J., Müller, G.:
Magnetic Field Control of Heat and Mass Transport Processes in Industrial
- Growth of Silicon and III-V Semiconductor Crystals*
Sino-German Workshop on Electromagnetic Processing of Materials
Shanghai, China
11. - 12. Oktober 2004
- Dagner, J., Hainke, M., Friedrich, J., Müller, G.:
Simulation von Erstarrungsvorgängen binärer und ternärer Aluminiumlegierungen
Tagung über Numerische Simulation - Verarbeitungsprozesse und prozessgerechte Bauteilgestaltung
Bayreuth
2. - 3. November 2004
- De Bisschop, P., Philipsen, V., Opdenbeeck, M., Erdmann, A.:
New Simulation Challenges Associated with Upcoming High-NA Exposure Tools: a User Perspective
2nd IISB Lithography Simulation Workshop
Hersbruck
18. September 2004
- Eckardt, B.:
Hochleistungs-DC/DC-Wandler für Brennstoffzellenfahrzeuge
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen
6. Dezember 2004
- Erdmann, A., Fühner, T., Schnattinger, T., Tollkühn, B.:
Towards Automatic Mask and Source Optimization for Optical Lithography
SPIE Symposium on Microlithography
Santa Clara, USA
22. - 28. Februar 2004
- Erdmann, A., Evanschitzky, P.:
Exploring Potentials and Limits of EUV-Lithography by Simulation
326th WE-Heraeus Seminar on XUV-Technologies and Applications
Bad Honnef

8. - 9. Juni 2004	<i>Modeling of Industrial Bulk Crystal Growth - State of the Art and Challenges</i>	<i>ments</i>
Erdmann, A., Evanschitzky, P., Fühner, T., Matiut, D., Schnattinger, T., Tollkühn, B.:	14 th International Conference on Crystal Growth	Semicon Europa 2004
<i>Simulation of Optical Resolution Enhancement Techniques for Semiconductor Microlithography</i>	Grenoble, France	München
ICO Tokyo 2004	9. - 13. August 2004	19. April 2004
Tokio, Japan	Frey, L.:	Frickinger, J.:
11. - 15. Juli 2004	Nanoimprint	<i>SEMI Standards for Contamination Control in Minienvironments</i>
Evanschitzky, P., Erdmann, A.:	<i>Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB</i>	SEMI European Fall Meeting 2004
<i>The Impact of EUV Mask Defects on Lithographic Process Performance</i>	IISB, Erlangen	Mailand, Italien
20 th European Mask Conference (EMC)	12. Januar 2004	6. Oktober 2004
Dresden	Frey, L.:	Frickinger, J.:
12. - 14. Januar 2004	Nanoimprint Lithographie	<i>„Flying Wafer“ - A Concept to Implement a European Virtual 300 mm R&D-Line</i>
Evanschitzky, P., Erdmann, A.:	Vortrag im Rahmen des Habilitationsverfahrens	IISB Jahrestagung 2004
<i>Enhanced Model for the Efficient 2D and 3D Simulation of Defective EUV Masks</i>	FAU, Erlangen	IISB, Erlangen
SPIE Symposium on Microlithography	15. Oktober 2004	4. November 2004
Santa Clara, USA	Frey, L.:	Friedrich, J., Müller, G.:
22. - 28. Februar 2004	<i>High Temperature Processing for SiC Devices</i>	<i>Herausforderungen bei der Modellierung von Schmelzzüchtungsprozessen</i>
Evanschitzky, P., Erdmann, A.:	IISB Jahrestagung 2004	3. Workshop des DGKK Arbeitskreises
<i>High NA and Mask Induced Polarization Effects</i>	IISB, Erlangen	Angewandte Simulation
2 nd IISB Lithography Simulation Workshop	4. November 2004	Volkach
Hersbruck	Frey, L.:	5. - 6. Februar 2004
18. September 2004	<i>Nanofabrication Using Focused Ion and Electron Beams and its Application to Scanning Probe Microscopy Sensors</i>	Friedrich, J., Molchanov, A., Wehrhan, G., Müller, G.:
Fainberg, J.:	International Workshop on Material Science and Nano-Engineering	<i>Einfluß von Sauerstoff auf die optischen Eigenschaften von CaF₂ Kristallen für die Mikrolithographie</i>
<i>Turbulenzmodellierung in CrysVUn</i>	Osaka, Japan	DGKK Jahrestagung
3. Workshop des DGKK Arbeitskreises	11. - 14. Dezember 2004	Jena
Angewandte Simulation	Frickinger, J.:	15. - 19. März 2004
Volkach	<i>Dynamic Front Opening Unified Pod (FOUP) Transport Simulation Tests at Fraunhofer IISB</i>	Friedrich, J., Meissner, E., Birkmann, B., Sun, G., Hussy, S., Müller, G.:
5. - 6. Februar 2004	International Sematech	<i>Grundlagen der Niederdruck-Lösungszüchtung von Galliumnitrid-Kristallen</i>
Fainberg, J., Friedrich, J., Müller, G.:	Austin, Texas, USA	Poster Präsentation auf der DGKK Jahrestagung
<i>A New Hybrid Method for Modeling of Turbulent Melt and Gas Flows</i>	8. Februar 2004	Jena
DGKK Arbeitskreis Verbindungshalbleiter	Frickinger, J.:	15. - 19. März 2004
Freiberg	<i>New SEMI Document 3128 - Test Method for the Determination of Particulate Contamination from Minienviro-</i>	Friedrich, J., Fühner, T., Jung, T., Müller, G.:
6. - 7. Oktober 2004	<i>ments</i>	<i>Genetic Algorithms for Equipment and Process Optimization in Crystal Growth</i>
Fischer, B., Friedrich, J.:		3 rd International Conference "Compu-

- tational Modeling and Simulation of Materials"
Sizilien, Italien
30. Mai - 4. Juni 2004
- Friedrich, J.:
Growth of GaN Substrates
IISB Jahrestagung 2004
IISB, Erlangen
4. November 2004
- Friedrich, J., Müller, G.:
Kristalle - faszinierende Werkstoffe für die Elektronik
Vortragsreihe Collegium Alexandrinum
Friedrich-Alexander-Universität, Erlangen
25. November 2004
- Fühner, T., Jung, T.:
Optimierung von Kristallzüchtungsprozessen mit Hilfe von Evolutionären Algorithmen
3. Workshop des DGKK Arbeitskreises Angewandte Simulation
Volkach
5. - 6. Februar 2004
- Fühner, T., Edmann, A., Farkas, R., Tollkühn, B., Kokai, G.:
Genetic Algorithms to Improve Mask and Illumination Geometries in Lithographic Imaging Systems
1st European Workshop on Hardware Optimization
Coimbra, Portugal
April 2004
- Fühner, T.:
Softcomputing für die Simulation von Lithographie- und Kristallzüchtungsprozessen
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen
14. Juni 2004
- Fühner, T., Erdmann, A., Schnattinger, T.:
Genetic Algorithms for Geometry Optimization in Lithographic Imaging Systems
SPE Annual Meeting
Denver, USA
4. - 6. August 2004
- Fühner, T., Erdmann, A., Ortiz, C.J., Lorenz, J.:
Genetic Algorithm for Optimization and Calibration in Process Simulation
Poster Presentation at SISPAD 2004
München
2. - 4. September 2004
- Gräbner, O., Banos, N., Friedrich, J., Tomzig, E., Knerrer D., Müller, G.:
Entwicklung eines versetzungsfreien Ankeimverfahrens für die Züchtung von Silicium-Einkristallen großer Masse nach dem Czochralski-Verfahren
Poster Präsentation auf der DGKK Jahrestagung
Jena
15. - 19. März 2004
- Hahn, S., Dornich, K., Hahn, T., Gründig-Wendrock, B., Gärtner, G., Schweig, P., Sahr, U., Müller, G.:
Fe als Rekombinationszentrum in InP
DGKK Arbeitskreis Verbindungshalbleiter
Freiberg
6. - 7. Oktober 2004
- Hainke, M., Dagner, J., Friedrich, J., Müller, G.:
Makroseggregation durch die Anwendung zeitabhängiger Magnetfelder bei der gerichteten Erstarrung von binären AlSi und ternären AsSiMg Legierungen
Poster Präsentation auf der DGKK Jahrestagung
Jena
15. - 19. März 2004
- Hainke, M., Dagner, J., Friedrich, J., Müller, G.:
Simulation of Furnace Inserts and Sample Cartridge Assemblies Using the Thermal Modeling Tool CrysVUn
Poster presentation at the 2nd International Symposium on Physical Sciences in Space Held Jointly with Spacebound 2004
Toronto, Canada
23. - 27. Mai 2004
- Hainke, M., Dagner, J., Friedrich, J., Müller, G.:
Macroseggregation in Binary AlSi7 Alloys Resulting from the Application of Time Dependent Magnetic Fields
2nd International Symposium on Physical Sciences in Space Held Jointly with Spacebound 2004
Toronto, Canada
23. - 27. Mai 2004
- Hainke, M.:
Werkstoffforschung unter Weltraumbedingungen am IISB
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen
28. Juni 2004
- Hainke, M., Dagner, J., Steinbach, S., Ratke, L., Müller, G.:
Macroseggregation in Binary AlSi7 Alloys Resulting from the Application of Time Dependent Magnetic Fields
4th International Conference on Solidification and Gravity
Miskolc-Lillafüred, Ungarn
6. - 10. September 2004
- Hainke, M., Steinbach, S., Ratke, L., Müller, G.:
The Effect of Forced Fluid Flow on Microstructure in Directionally Solidified AlSi-Base Alloys
2nd International Conference on Solidification Science and Processing
Bangalore, India
17. - 20. November 2004
- Häublein, V., Sadrawetz, S., Frey, L., Martinz, H.-P., Ryssel, H.:
Investigations into the Wear of a WL10 Ion Source
Poster Presentation on IIT 2004

- Taipei, Taiwan
24. - 29. Oktober 2004
- Häublein, V., Frey, L., Ryssel, H.:
Additional Peaks in Mass Spectra Due to Charge Exchange Events and Dissociation of Molecular Ions During Extraction
Poster Presentation on IIT 2004
Taipei, Taiwan
24. - 29. Oktober 2004
- Hussy, S., Meissner, E., Birkmann, B., Salcianu, C., Friedrich, J., Müller, G.:
Characterisation of GaN Layers Produced by LPE
DGKK Arbeitskreis Verbindungshalbleiter
Halle
31. März - 1. April 2004
- Hussy, S.:
Züchtung von GaN-Substraten und deren Charakterisierung
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen
29. November 2004
- Jung, T.:
Course on Numerical Simulation
12th International Summer School on Crystal Growth
Berlin
1. - 6. August 2004
- Jung, T., Fühner, T., Müller, G., Mühe, A.:
Use of Genetic Algorithms for the Development of Bredgman Furnaces and Processes
Poster Presentation at the 14th International Conference on Crystal Growth
Grenoble, France
9. - 13. August 2004
- Kistler, S., Bär, E., Lorenz, J., Ryssel, H.:
Three-Dimensional Simulation of Ionized Metal Plasma Vapor Deposition
Poster Presentation at MAM 2004 (Materials for Advanced Metallization)
Brüssel, Belgien
7. - 10. März 2004
- Lorenz, V.:
DC/DC Wandler als ASIC
Halbleiter Kolloquium
Freiburg
25. - 26. Oktober 2005
- Lorenz, J.:
ITRS 2003 - Roadblocks und Herausforderungen für die Forschung
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen
9. Februar 2004
- Lorenz, J.:
Modeling and Simulation
ITRS Summer Conference 2004
San Francisco, USA
14. Juli 2004
- Lorenz, J.:
Adaptive Surface Triangulations for 3D Process Simulation
SISPAD 2004
München
2. - 4. September 2004
- März, M.:
Hybride Kfz-Antriebskonzepte - eine Herausforderung für die Leistungselektronik
Kolloquium „Leistungselektronische und mechatronische Systeme“
Zürich, Switzerland
14. Januar 2004
- März, M., Lorenz, L.:
Aktive Bauelemente
OTTI-Profi-Seminar "Getaktete Stromversorgung"
Regensburg
19. - 21. Januar 2004
- März, M.:
Modellierung mit thermischen Ersatznetzwerken
- PEAK Seminar „Thermisches Management in der Leistungselektronik“
IISB, Erlangen
22. Januar 2004
- März, M.:
Grundlagen der Entwärmung auf Bauteil- und Leiterplatten-Ebene
PEAK Seminar „Thermisches Management in der Leistungselektronik“
IISB, Erlangen
22. Januar 2004
- März, M., Schimanek, E.:
Designverifikation am konkreten Beispiel eines 750 W Frequenzumrichters
PEAK Seminar „Thermisches Management in der Leistungselektronik“
IISB, Erlangen
22. Januar 2004
- März, M.:
Hybride Kfz-Antriebe - eine Herausforderung für die Leistungselektronik
Seminar „Elektrophysik und Physikalische Elektronik“
TEP, TU München
26. Januar 2004
- März, M.:
Resonanzwandler
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen
16. Februar 2004
- März, M.:
Leistungselektronik und Mechatronik
IHK Anwendertreffen
Augsburg
12. Juli 2004
- März, M.:
SiC-Bauelemente - Schlüssel für hochkompakte DC/DC-Wandler
DFG Rundengespräch
SiC-Forschungsgruppe
Kloster Banz
13. Juli 2004

- März, M.:
Mechatronik am Fraunhofer IISB
IHK Anwender-Club Mechatronik
IHK, Nürnberg
15. Juli 2004
- März, M.:
Parasitäre Bauelemente intelligent nutzen
PEAK Seminar „Parasitäre Bauelemente in Oszillationen“
IISB, Erlangen
20. Juli 2004
- März, M.:
Parasitäre Bauelemente in leistungselektronischen Schaltungen
PEAK Seminar „Parasitäre Bauelemente in Oszillationen“
IISB, Erlangen
20. Juli 2004
- März, M., Billmann, M.:
Parasitäre Oszillationen - Problemanalyse und Gegenmaßnahmen anhand eines praktischen Beispiels
PEAK Seminar „Parasitäre Bauelemente in Oszillationen“
IISB, Erlangen
20. Juli 2004
- März, M., Lorenz, L.:
Aktive Bauelemente
OTTI-Profiseminar "Getaktete Stromversorgung"
Regensburg
27. - 29. September
- März, M.:
Mechatronische Integration am Beispiel eines Umrichter-motors für einen Hybridantrieb
Bayerisches Fachforum Mechatronik
Augsburg
6. Oktober 2004
- März, M., Billmann, M.:
SiC-Bauelemente - Schlüssel für hochkompakte DC/DC-Wandler
SiC JFET Förderprojekt Abschlußseminar
München
14. Oktober 2004
- März, M.:
Leistungselektronik für energiesparende Kleinantriebe
VDE Kongress - ETG Fachtagung 2
Berlin
19. Oktober 2004
- März, M.:
Leistungswandler - Schlüsselkomponenten für das Energiemanagement in Kraftfahrzeugen
VDE Kongress - GMM Fachtagung
Berlin
20. Oktober 2004
- März, M.:
Towards an Integrated Hybrid Drive
ECPE Power Electronic System Integration Seminar
Nürnberg
4. - 5. November 2004
- Meissner, E., Birkmann, B., Hussy, S., Friedrich, J., Müller, G.:
The Challenge of Growing GaN from a Solution at Ambient Pressure
German-Polish Workshop on Physics and Technology of Nitride Semiconductors
Berlin
1. - 3. März 2004
- Meissner, E., Birkmann, B., Hussy, S., Sun, G., Friedrich, J., Müller, G.:
Characterisation of GaN Crystals and Epitaxial Layers, Grown from a Solution at Room Pressure Conditions
International Workshop on Nitride Semiconductors
Pittsburgh, PA, USA
19. - 23. Juli 2004
- Meissner, E., Birkmann, B., Hussy, S., Sun, G., Friedrich, J., Müller, G.:
Characterisation of GaN Crystals and Epitaxial Layers Grown from a Solution at Room Pressure Conditions
International Workshop on Bulk Nitride Semiconductors III
- Zakopane, Polen
4. - 9. September 2004
- Molchanov, A., Friedrich, J., Wehrhan, G., Müller, G.:
Influence of Oxygen on the Optical Properties of CaF₂ Crystals for Microlithography
14th International Conference on Crystal Growth
Grenoble, France
9. - 13. August 2004
- Müller, G.:
Kristalle - faszinierende Werkstoffe im Zeitalter der Elektronik
Vortragsreihe Faszination Technik
Erlangen
5. Mai 2004
- Müller, G., Friedrich, J.,
Quantitative Modeling of Bulk Crystal Growth Processes
3rd International Conference "Computational Modeling and Simulation of Materials"
Sizilien, Italien
30. Mai - 4. Juni 2004
- Müller, G.:
Crystal Growth Techniques
12th International Summer School on Crystal Growth
Berlin
1. - 6. August 2004
- Nguyen, P.-H., Bär, E., Lorenz, J., Ryssel, H.:
Modeling of Chemical-Mechanical Polishing on Patterned Wafers as Part of Integrated Topography Process Simulation
Poster Presentation at MAM 2004
Brüssel, Belgien
7. - 10. März 2004
- Nguyen, P.-H., Burenkov, A., Lorenz, J.:
Adaptive Surface Triangulations for 3D Process Simulation
SISPAD 2004
München

2. - 4. September 2004

Nutsch, A.:
Chemical Mechanical Planarization/Polishing for Semiconductor Manufacturing
Institut für Technische Physik und Materialwissenschaften (MTA-MFA)
Budapest, Ungarn
8. März 2004

Nutsch, A.:
Yield Enhancement - European ITRS Activities
Yield Enhancement "User Group"
Kick-off Meeting
IISB, Erlangen
15. März 2004

Nutsch, A.:
Yield Related Topics at Fraunhofer IISB
Yield Enhancement "User Group"
Kick-Off Meeting
IISB, Erlangen
16. März 2004

Nutsch, A.:
Input Generation for the Revision of ITRS 2005 YE Chapter
2nd Yield Enhancement "User Group" Meeting
Schloß Atzelsberg, Erlangen
26. Oktober 2004

Nutsch, A.:
Defect Detection, Contamination Control and Yield Enhancement at IISB
IISB Jahrestagung 2004
IISB, Erlangen
4. November 2004

Öchsner, R.:
Introduction of Workpackage 6 Flying Wafer Kick-off Meeting
IISB, Erlangen
18. Februar 2004

Öchsner, R.:
Status of Workpackage 6 Flying Wafer Meeting
München

21. April 2004

Öchsner, R., Pfeffer, M.:
E-learning: Beispiele, Werkzeuge und Systeme
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen
10. Mai 2004

Öchsner, R.:
Dissemination and Use Plan 2nd Review Meeting E-LIMM
Brüssel, Belgien
8. Juli 2004

Öchsner, R.:
Management and Overview 2nd Review Meeting E-LIMM
Brüssel, Belgien
8. Juli 2004

Öchsner, R.:
Status of Workpackage 5 - 7 Flying Wafer Meeting
Grenoble
21. August 2004

Öchsner, R.:
E-learning for Microelectronics Manufacturing
ISSM 2004
Tokyo, Japan
28. September 2004

Öchsner, R.:
Status of Workpackage 5 - 7 Flying Wafer Meeting
Leuven
27. Oktober 2004

Öchsner, R.:
Flexible APC in Semiconductor Manufacturing
IISB Jahrestagung 2004
IISB, Erlangen
4. November 2004

Öchsner, R.:
Flexible APC in Semiconductor Manu-

facturing
Simulationsworkshop an der TU Dresden
Dresden
12. November 2004

Öchsner, R.:
Status of Workpackage 5 - 7 Flying Wafer Meeting
Freiberg
6. Dezember 2004

Ortiz, C.J., Pichler, P., Häublein, V., Mannino, G., Scalese, S., Privitera, V., Solmi, S., Lerch, W.:
Boron-Interstitial Cluster Kinetics: Extraction of Binding Energies from Dedicated Experiments
2004 MRS Spring Meeting, Symposium C "Silicon Front-End Junction Formation-Physics and Technology"
San Francisco, CA, USA
12. - 16. April 2004

Ortiz, C.J., Colombeau, B., Cristiano, R., Claverie, A., Cowern, N.E.B.:
Modeling of Extrinsic Defect Evolution in Ion Implanted Silicon Upon Thermal Annealing
E-MRS Spring Meeting 2004
Straßburg, Frankreich
24. - 28. Mai 2004

Ortiz, C.J., Pichler, P., Lerch, W., Paul, S., Mannino, G., Scalese, S.:
Predictive Simulation of the Formation of Ultra-Shallow Junctions by Non-Amorphizing Boron Implants
Workshop "Recent Advances in Ultra Shallow Junctions"
Povo-Trento, Italien
24. - 25. November 2004

Petersen, S.:
TEM-Probenpräparation mit FIB
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen
21. Juni 2004

- Pfeffer, M.:
Status and Overview WP4
2nd Review Meeting E-LIMM
Brüssel, Belgien
8. Juli 2004
- Pfitzner, L.:
Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte des IISB im Bereich der "Advanced Process Control" und der Integrierten Sensorik
Zentrum für Mikro- und Nanotechnologien ZMN, Ilmenau
12. Januar 2004
- Pfitzner, L.:
VDE-GMM-Introduction
Yield Enhancement "User Group"
Kick-off Meeting
IISB, Erlangen
15. März 2004
- Pfitzner, L.:
Report on the Progress of the ITWG "Yield Enhancement"
ITRS Conference, Stresa, Italy
19. April 2004
- Pfitzner, L.:
Neue Gerätetechniken und Produktionsänderungen im Frontend
Symposium der HBCS-Trinkaus Bank, Düsseldorf, zur zukünftigen Entwicklung der Mikro- und Nanoelektronik
Arabella-Hotel, München
20. April 2004
- Pfitzner, L.:
Future Requirements of Semiconductor Manufacturing Equipment from the Perspective of the Equipment Industry
Nanoelectronics Workshop
Brüssel, Belgien
4. Mai 2004
- Pfitzner, L.:
Evaluierung der Anforderung an zukünftige Siliciumscheiben für die Mikro- und Nanotechnologie
BMBF Fachgespräch "Waferanforderungen"
- Freiberg, 1. Juli 2004
- Pfitzner, L.:
Report on the Progress and Changes in Key Challenges of the ITWG "Yield Enhancement"
ITRS Public Conference
San Francisco, USA
12. Juli 2004
- Pfitzner, L.:
Introduction to the Workshop on Airborne Molecular and Organic Contamination in Semiconductor Manufacturing
ICCCS, Bonn
6. September 2004
- Pichler, P.:
Program Overview
3rd FRENDETECH Review Meeting
Leuven, Belgien
22. Januar 2004
- Pichler, P.:
Summary
3rd FRENDETECH Review Meeting
Leuven, Belgien
22. Januar 2004
- Pichler, P.:
Presentation of UPPER+ Specifications
IST Project UPPER+ Public Workshop
IISB, Erlangen
16. Juni 2004
- Pichler, P.:
Materialtransport als Zuverlässigkeitsproblem in Metallisierungssystemen
Vortrag im Rahmen des Habilitationsverfahrens an der Universität Erlangen-Nürnberg
Erlangen
28. Juli 2004
- Pichler, P.:
Front-End Models for Silicon Future Technology (IST_FRENDETECH)
Workshop des IST Projekts INVEST
Genua, Italien
21. Oktober 2004
- Pichler, P.:
Summary
4th FRENDETECH Review Meeting
IISB, Erlangen
26. Oktober 2004
- Pichler, P.:
Program Overview
4th FRENDETECH Review Meeting
IISB, Erlangen
26. Oktober 2004
- Pichler, P., Ortiz, C.J., Colombeau, B., Cowern, N.E.B., Lampin, E., Claverie, A., Cristiano, F., Lerch, W., Paul, S.:
On the Modeling of Transient Diffusion and Activation of Boron During Post-implantation Annealing
International Electron Devices Meeting
San Francisco, CA, USA
13.-15. Dezember 2004
- Purvins, M., Berwian, P., Füglein, E., Müller, G.:
Quantitative Model of the Reaction Kinetics of Stacked Elemental Layer CIGSe Solar Cell Absorbers
Poster Presentation at the 19th Photovoltaic Solar Energy Conference
Paris, Frankreich
7. - 11. Juni 2004
- Rambach, M.:
Ausheiluntersuchungen an Aluminium implantierten 4H-SiC Schichten
SiC Rundengespräch „Siliciumkarbid“
Kloster Banz
12. Juli 2004
- Ratke, L., Steinbach, S., Müller, G., Hainke, M., Friedrich, J., Roos, A., Fautrelle, Y., Dupuy, M.D., Zimmermann, G., Weiss, A., Lacaze, J., Valdes, R., Grün, G.-U., Nicolai, H.-P., Gerke, Cantow, H.:
MICAST - The Effect of Magnetically Controlled Fluid Flow on Microstructure Evolution in Cast Technical Al-Alloys
Poster Presentation at the 2nd International Symposium on Physical Sciences in Space Held Jointly with Spacebound

- 2004
Toronto, Canada
23. - 27. Mai 2004
- Ratke, L., Steinbach, S., Müller, G., Hainke, M., Friedrich, J., Roosz, A., Fautrelle, Y., Dupuoy, M.D., Zimmermann, G., Weiss, A., Lacaze, J., Valdes, R., Grün, G.-U., Nicolai, H.-P., Gerke-Cantow, H.:
MICAST - The Effect of Magnetically Controlled Fluid Flow on Microstructure Evolution in Cast Technical Al-Alloys
4th International Conference on Solidification and Gravity
Miskolc-Lillafüred, Ungarn
6. - 10. September 2004
- Ratke, L., Steinbach, S., Müller, G., Hainke, M., Friedrich, J., Roosz, A., Fautrelle, Y., Dupuoy, M.D., Zimmermann, G., Weiss, A., Lacaze, J., Valdes, R., Grün, G.-U., Nicolai, H.-P., Gerke-Cantow, H.:
MICAST - The Effect of Magnetically Controlled Fluid Flow on Microstructure Evolution in Cast Technical Al-Alloys
2nd International Conference on Solidification Science and Processing
Bangalore, India
17. - 20. November 2004
- Reindl, S.:
Trench-Technologien für Kondensatoren und Sicherheitsbauelemente
Gemeinsames Kolloquium zur Halbleitertechnologie und Meßtechnik des LEB und des IISB
IISB, Erlangen
22. November 2004
- Roeder, G.:
SEMI Integrated Measurement Task Force Europa - LayerThickness Group: Status Report
Task Force Meeting, SEMI International Standards Program, SEMICON Europa 2004
München
21. April 2004
- Rommel, M.:
Charakterisierung von Isolator/Silicium-Grenzflächen mit dem modifizierten Elymat-Verfahren
Nutzertreffen der GMM Fachgruppe „Inspektion & Analytik“
IISB, Erlangen
18. November 2004
- Ryssel, H.:
1985 - 2004 Technologie für die Mikroelektronik
20 Jahre Förderkreis für die Mikroelektronik
IIS, Erlangen-Tennenlohe
12. März 2004
- Ryssel, H.:
Mikroelektronik - Schlüsseltechnologie unserer Zeit
Erlanger Techniktage
IISB, Erlangen
29. März 2004
- Ryssel, H.:
Vorstellung des neuen Bayerischen Forschungsverbundes für Nanoelektronik (FORNEL)
Jahrestagung und Mitgliederversammlung von abayfor (Arbeitsgemeinschaft der Bayerischen Forschungsverbände)
Bayerisches Staatsministerium für Wissenschaft, Forschung und Kunst, München
5. November 2004
- Sahr, U., Schwesig, P., Härtwig, J., Müller, G.:
Bestimmung von Versetzungsdichte und Versetzungstypen in S-dotiertem VGF-InP
Poster Präsentation auf der DGKK Jahrestagung
Jena
15. - 19. März 2004
- Salcianu, C., Birkmann, B., Meissner, E., Hussy, S., Friedrich, J., Müller, G.:
Characterization of the Electrical Properties of Solution Grown GaN Crystals by Reflectivity Measurements
- Physics Conference TIM2004
Timisoara, Romania
26. - 27. November 2004
- Schellenberger, M., Schneider, C., Pfitzner, L.:
XML-based Web Services for Integrated Metrology
5th European AEC/APC Conference
Dresden
14. - 16. April 2004
- Schellenberger, M.:
Einführung in "Advanced Process Control" (APC)
32. Treffen der GMM/ITG Nutzergruppe Ionenimplantation
Micronas, Freiburg
14. Mai 2004
- Schellenberger, M.:
SEMI Standards für die Halbleiterfertigung - Eine Einführung
Jenoptik
Jena
16. Juni 2004
- Schellenberger, M.:
Integrated Metrology for Advanced Process and Equipment Control
IISB Jahrestagung 2004
IISB, Erlangen
4. November 2004
- Schellenberger, M., Roeder, G., Spitzlperger, G.:
Unit Process Aspects for APC-Software
GMM Workshop „Trends in PECVD, PVD, and Etch Unit Processes“
IISB, Erlangen
25. November 2004
- Schimanek, E.:
Verlustberechnung in IGBT-Frequenzumrichtern
PEAK Seminar „Thermisches Management in der Leistungselektronik“
IISB, Erlangen
22. Januar 2004

- Schimanek, E.:
Leistungselektronik für elektrische Antriebe I+II
VDI Wissensforum „Praxis der Antriebstechnik“
Nürnberg
11. Februar 2004
- Schmidt, C.:
FECLAM - Ferroelectric CVD Layers for Memory Applications
Institut für Technische Physik und Materialwissenschaften (MFA)
Budapest, Ungarn
8. März 2004
- Schneider, C., Roeder, G., Schmidt, C., Pfitzner, L., Ryssel, H.:
Ellipsometrie zur Prozeßüberwachung in der Halbleiterfertigung
3rd Workshop Ellipsometrie
Institut für Plasmaforschung, Stuttgart
23. - 25. Februar 2004
- Schwesig, P., Hainke, M., Friedrich, J., Müller, G.:
Vergleichende numerische Studie zum Einfluß wandernder und rotierender Magnetfelder auf die Züchtung von InP nach dem VGF-Verfahren
DGKK Jahrestagung
Jena
15. - 19. März 2004
- Schwesig, P., Müller, G.:
Growth of Semi-Insulating 2" InP Crystals by the Vertical Gradient Freeze Technique
14th International Conference on Crystal Growth
Grenoble, France
9. - 13. August 2004
- Schwesig, P., Sahr, U., Härtwig, J., Friedrich, J., Müller, G.:
Stand des InP-Projektes am Kristalllabor Erlangen
DGKK Arbeitskreis Verbindungshalbleiter
Freiberg
6. - 7. Oktober 2004
- Seng, D., Meissner, E., Birkmann, B., Friedrich, J., Müller, G.:
Grundlagen zur Abscheidung von GaN aus der Gasphase mittels einer Sublimationstechnik
DGKK Arbeitskreis Verbindungshalbleiter
Halle
31. März - 1. April 2004
- Seng, D., Birkmann, B., Meissner, E., Müller, G.:
Growth of GaN Substrate Crystals by a Gas Phase Process
14th International Conference on Crystal Growth
Grenoble, France
9. - 13. August 2004
- Sun, G., Meissner, E., Birkmann, B., Hussy, S., Friedrich, J., Müller, G.:
Application of a Thermogravimetric Technique for the Determination of Low Nitrogen Solubilities in Metals: Using Iron as an Example
DGKK Arbeitskreis Verbindungshalbleiter
Halle
31. März - 1. April 2004
- Tollkühn, B., Erdmann, A., Lammers, J., Nölscher, C., Semmler, A.:
Do We Need Complex Resist Models for Predictive Simulation of Lithographic Process Performance?
SPIE Symposium on Microlithography
Santa Clara, USA
22. - 28. Februar 2004
- Tollkühn, B., Erdmann, A., Semmler, A., Nölscher, C.:
Simplified Resist Models for Efficient Simulation of Contact Holes and Line Ends
Micro- and Nanoengineering (MNE)
2004
Rotterdam, Niederlande
19. - 22. September 2004
- Tollkühn, B., Heubner, A.:
Correlation Analysis - a new Method for Lithography Simulation and Process Optimization
2nd IISB Lithography Simulation Workshop
Hersbruck
19. September 2004
- Ullrich, M., Burenkov, A., Ryssel, H.:
Ion Sputtering at Grazing Incidence for SIMS-Analysis
7th International Conference on Computer Simulation of Radiation Effects in Solids (COSIRES)
Helsinki, Finland
28. Juni - 2. Juli 2004
- Vizman, D., Friedrich, J., Müller, G.:
Some Aspects of Three-Dimensional Simulation of Melt Convection in Industrial Crystal Growth Processes
14th International Conference on Crystal Growth
Grenoble, France
9. - 13. August 2004



Studienarbeiten
Theses

Kallinger, B.
Untersuchungen zum Einfluß von Lösungsmittelzusätzen auf die Abscheidung von GaN aus Schmelzlösungen
Betreuer: Meissner, E.

Kastl, J.
Implementierung von Modellen zur Beschreibung des Einflusses von stationären Magnetfeldern auf Konvektionsvorgänge in das Softwarepaket CrysVUn
Betreuer: Hainke, M.



Diplomarbeiten
Diploma Theses

Erlbacher, T.
Untersuchungen zum Einsatz amorpher Siliciumschichten in leitfähigkeitsmodulierten nicht flüchtigen Speicherzellen
Betreuer: Jank, M.

Groß, M.
Ermittlung der Oxidladung und der Grenzflächenzustandsdichte von Isolator/Siliciumgrenzflächen mit Hilfe des Elymat-Verfahrens
Betreuer: Rommel, M.

Schmidt, T.
Entwicklung von Systemlösungen zur Schadensbegrenzung beim Ausfall leistungselektronischer Bauelemente
Betreuer: März, M.

Seng, D.
Untersuchungen zur Gasphasenzüchtung von GaN-Substratkristallen mittels einer Sublimationstechnik
Betreuer: Meissner, E.

Tchobanov, D.
Entwicklung eines bidirektionalen Sperrwandlers
Betreuer: März, M.

Tiebel, W.
Elektrische Charakterisierung von Isolationsschichten mit lateraler Auflösung im Sub-Mikrometerbereich
Betreuer: Rommel, M.



Bachelorarbeiten
Bachelor's Theses

May, A.
Entwicklung eines effizienten Maskenspeicherformates für die Photolithographiesimulation
Betreuer: Evanschitzky, P.



Kontakt und weitere Informationen
Contact and Further Information

Öffentlichkeitsarbeit
Public Relations

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

Applikations- und Dienstleistungs-
zentrum Mikrosystemtechnik
Application and Service Center for
Microsystems Technology

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

Technologiesimulation
Technology Simulation

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

Halbleiterfertigungsgeräte und
-methoden
Semiconductor Manufacturing
Equipment and Methods

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

Technologie
Technology

Priv.-Doz. Dr. Lothar Frey
Phone: +49 (0) 9131 761-320
Fax: +49 (0) 9131 761-360
lothar.frey@iisb.fraunhofer.de

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

Kristallzüchtung
Crystal Growth

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

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

Leistungselektronische Systeme
Power Electronic Systems

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