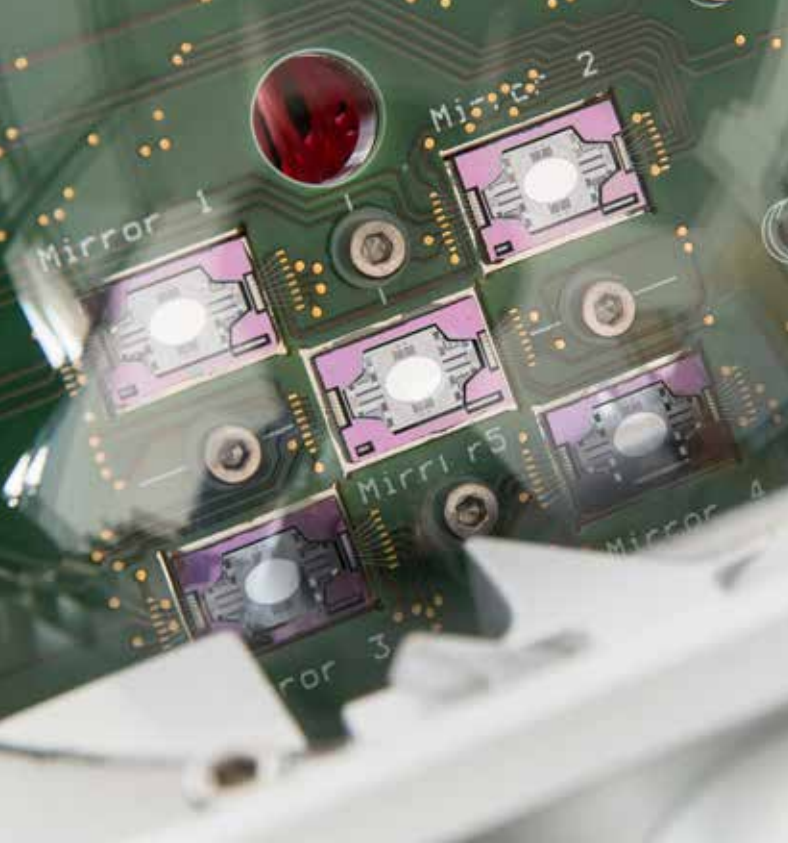




Fraunhofer
IPMS

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR PHOTONIC MICROSYSTEMS IPMS



JAHRESBERICHT
.....
ANNUAL REPORT
.....

2013



Quality Management

We are certified

Voluntary participation in regular monitoring according to ISO 9001:2008



**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PHOTONISCHE
MIKROSYSTEME IPMS**

Anschrift: Maria-Reiche-Straße 2,
01109 Dresden
Telefon: +49 351 / 88 23 - 0
Fax: +49 351 / 88 23 - 266
E-Mail: info@ipms.fraunhofer.de
Internet: www.ipms.fraunhofer.de

**FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PHOTONISCHE
MIKROSYSTEME IPMS – CENTER
NANOELECTRONIC TECHNOLOGIES CNT**

Anschrift: Königsbrücker Str. 178,
01099 Dresden
Telefon: +49 351 / 26 07 - 30 01
Fax: +49 351 / 88 23 - 30 06
E-Mail: contact@cnt.fraunhofer.de
Internet: www.cnt.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE MESYS

Anschrift: BTU Cottbus - Senftenberg
Projektgruppe MESYS
z.H. Dr. Klaus Schimmanz
P.O. Box 10 13 44
03046 Cottbus
Telefon: +49 355 / 69 24 83
E-Mail: klaus.schimmanz@ipms.fraunhofer.de
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de/de/
applications/mesoscopic-actors-and-
systems.html](http://www.ipms.fraunhofer.de/de/applications/mesoscopic-actors-and-systems.html)

**FRAUNHOFER INSTITUTE FOR PHOTONIC
MICROSYSTEMS IPMS**

Address: Maria-Reiche-Strasse 2,
01109 Dresden, Germany
Phone: +49 351 / 88 23 - 0
Fax: +49 351 / 88 23 - 266
Email: info@ipms.fraunhofer.de
Internet: www.ipms.fraunhofer.de

**FRAUNHOFER INSTITUTE FOR PHOTONIC
MICROSYSTEMS IPMS – CENTER
NANOELECTRONIC TECHNOLOGIES CNT**

Address: Königsbrücker Str. 178,
01099 Dresden, Germany
Phone: +49 351 / 26 07 - 30 01
Fax: +49 351 / 88 23 - 30 06
Email: contact@cnt.fraunhofer.de
Internet: www.cnt.fraunhofer.de

FRAUNHOFER PROJECT GROUP MESYS

Address: BTU Cottbus - Senftenberg
Projektgruppe MESYS
z.H. Dr. Klaus Schimmanz
P.O. Box 10 13 44
03046 Cottbus
Phone: +49 355 / 69 24 83
Email: klaus.schimmanz@ipms.fraunhofer.de
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de/en/
applications/mesoscopic-actors-and-
systems.html](http://www.ipms.fraunhofer.de/en/applications/mesoscopic-actors-and-systems.html)



Prof. Dr. Hubert Lakner



PREAMBLE

Dear readers, friends and partners of the Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems,

on January 1, 2013, we completed our first decade as an independent institute of the Fraunhofer-Gesellschaft. We are proud to be able to say that we have gained an equally good reputation with regard to our customers, partners, sponsors and within the Fraunhofer world. Today, Fraunhofer IPMS is synonymous with applied research and development at a top international level as well as for the excellent certified quality of our processes and products in pilot fabrication. Stable projects with our key customers and the consistently high level of customer satisfaction verify this support just as impressively as the industrial yield, i.e. the proportion of our research budget that is financed by orders from the private sector. For the second year in succession this amounted to about 54 percent, a top value amongst all of the Fraunhofer Institutes. If we summarize these first ten years, it can be seen that we have created an average of ten new workplaces in each year and our economic yield is currently twice as high as in the year 2003, despite the economic and financial crisis. We owe special thanks for this demonstration of trust to all of our customers, sponsors and partners as well as to our employees, without whose innovative potential, commitment and creativity our success would be inconceivable.

With the appointment of Prof. Dr. Harald Schenk, who recently had positions as Business Unit Manager and Deputy Director, as the second Director of Fraunhofer IPMS with effect from September 1, 2013 we will be heading the institute jointly and

VORWORT

Liebe Leserinnen, liebe Leser, liebe Freunde und Partner des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme,

am 1. Januar 2013 haben wir unser erstes Jahrzehnt als eigenständiges Institut der Fraunhofer-Gesellschaft vollendet. Mit Stolz können wir sagen, dass wir uns gleichermaßen bei unseren Kunden und Partnern, Fördergebern und in der Fraunhofer-Welt einen guten Namen gemacht haben. Fraunhofer IPMS steht heute für angewandte Forschung und Entwicklung auf internationalem Spitzenniveau sowie für exzellente, zertifizierte Qualität unserer Prozesse und Produkte in der Pilotfertigung. Stabile Projekte mit unseren Schlüsselkunden und das stetig hohe Maß an Kundenzufriedenheit belegen diesen Zuspruch ebenso eindrucksvoll wie der Industrieertrag, also der Anteil unseres Forschungsbudgets, der durch Aufträge aus der privaten Wirtschaft finanziert wird. Er lag 2013 im zweiten Jahr in Folge bei 54 Prozent, einem Spitzenwert unter allen Fraunhofer-Instituten. Ziehen wir für diese ersten zehn Jahre Bilanz, so zeigt sich, dass wir im Durchschnitt der Jahre jedes Jahr zehn neue Arbeitsplätze geschaffen haben und unsere Wirtschaftserträge heute doppelt so hoch liegen wie im Jahr 2003, der Wirtschafts- und Finanzkrise zum Trotz. Für das gezeigte Vertrauen gilt unser besonderer Dank allen unseren Kunden, Fördergebern und Partnern aber auch unseren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern, ohne deren Innovationspotenzial, Einsatzbereitschaft und Kreativität unser Erfolg nicht denkbar wäre.

Mit der Berufung von Prof. Dr. Harald Schenk – bisher unter anderem Geschäftsfeldleiter und stellvertretender Institutsleiter – zum zweiten Leiter des Fraunhofer IPMS mit Wirkung zum 1. September 2013 wird das Institut nun gleichberechtigt von uns gemeinsam geführt. Wir



freuen uns, die seit 14 Jahren bestehende sehr erfolgreiche und konstruktive Zusammenarbeit in dieser neuen Konstellation fortsetzen zu können. Wir werden nun in enger Abstimmung unsere gemeinsame Kraft für den weiteren Erfolg des Fraunhofer IPMS einsetzen.

Das Ende dieses zurückliegenden Jahrzehnts steht allerdings nicht nur für kontinuierliches Wachstum, sondern markiert auch einen sprunghaften Zuwachs für unser Institut. Mit Wirkung zum 1. Januar 2013 haben wir das bis dahin eigenständige Fraunhofer-Center Nanoelectronic Technologies CNT mit 50 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern und eigener Infrastruktur als neues Geschäftsfeld in das Fraunhofer IPMS aufgenommen. Der Start der Weiterführung und strategischen Neuausrichtung des Fraunhofer CNT war äußerst erfolgreich: Gleich im ersten Jahr konnte das neue Geschäftsfeld nahezu seine gesamten Kosten aus eigenen Wirtschaftsaufträgen und Zuflüssen aus öffentlichen Förderprojekten decken und liegt damit voll auf Kurs des Fraunhofer-Finanzierungsmodells.

Auch in den kommenden Jahren wird es darum gehen, die inhaltliche Zusammenarbeit mit dem CNT zu intensivieren und vor allem neue mit unseren Technologien adressierbare Anwendungen zu bedienen. Unabhängig davon gilt es, für das Gesamtinstitut neue Themenfelder zu erschließen, bei denen insbesondere die Möglichkeiten unseres MEMS-Reinraums zum Tragen kommen. Mit dem Aufbau der Gruppe Ultraschallwandler haben wir im zurückliegenden Jahr bereits einen Schritt in diese Richtung getan. Wenn wir diesen Weg mit Ihnen unseren Kunden, Förderern und Partnern weiter beschreiten, sind wir überzeugt, dass wir für die Zukunft gut gerüstet sind. Wir sind für Sie da!

Ihre Hubert Lakner und Harald Schenk

as an equal. We are looking forward to continuing the successful and constructive cooperation over the last 14 years in this new constellation. Together, we will join forces and will do our best to continue the success of Fraunhofer IPMS.

However, the end of this past decade is not only synonymous with continuous growth but also highlights a sudden addition to our Institute. With effect from January 1, 2013 we have incorporated the formerly independent Fraunhofer Center Nanoelectronic Technologies CNT with 50 employees and its own infrastructure as a new business unit into Fraunhofer IPMS. The beginning of the continuation and strategic reorientation of Fraunhofer CNT was exceptionally successful: In its very first year, the new business unit was able to cover almost all of its costs through its own business orders and interest income from publicly subsidized projects and is thus fully in line with the Fraunhofer financing model.

During the coming years it will also be the aim to intensify cooperation with the CNT and above all, to provide addressable applications with our new technologies. Apart from this, the aim will be to develop new topics for the Institute as a whole, in which the opportunities of our MEMS clean room come into play. We have already taken a step in this direction by establishing the ultrasonic transducer group during the past year. If we continue on this path together with you, our customers, sponsors and partners, we are convinced that we will be well positioned for the future. We are here for you!

Hubert Lakner and Harald Schenk

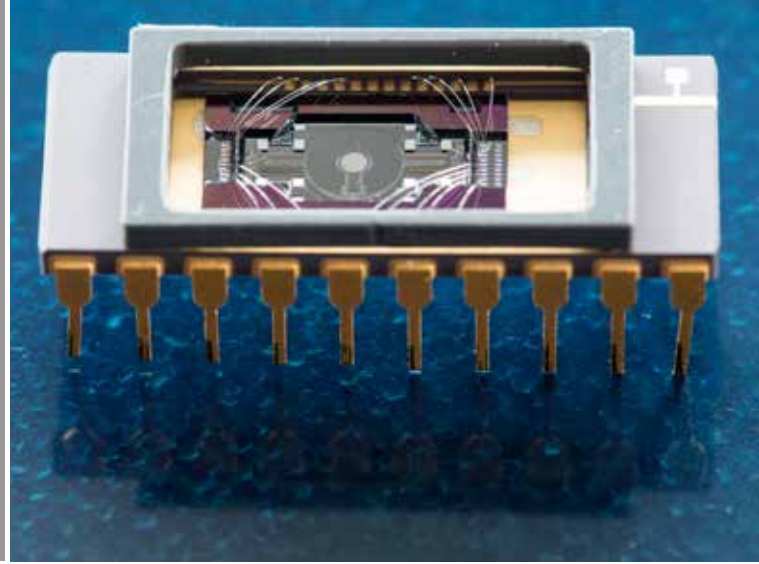


CONTENTS

Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems IPMS	1
Preamble	2
The Fraunhofer IPMS in Profile	6
Structure of the Institute	7
Fraunhofer-Gesellschaft	8
Fraunhofer Group for Microelectronics	9
Fraunhofer IPMS in Figures	10
Advisory Board	12
Memberships and Networking	13
Scientific Excellence	14
Applications and Business Fields	16
Active Micro-optical Components and Systems	18
Spatial Light Modulators	22
Sensor and Actuator Systems	24
Wireless Microsystems	28
Center Nanoelectronic Technologies CNT	32
MEMS Technologies Dresden	36
Engineering	38
Clean Room & Pilot Production	40
Center Nanoelectronic Technologies	44
Highlights	50
Prof. Dr. Harald Schenk is Appointed Second Director of the Institute	52
Fraunhofer IPMS supports the policy of further development in microelectronics	53
Fraunhofer Group Microelectronics Initiates InC9 Nanotechnology Congress	54
Prof. Lakner Accompanies Business Delegation	55
Innovations at Trade Shows and Conferences	56
Fraunhofer IPMS Celebrates Anniversary at the Long Night of the Sciences	57
Science You Can Touch: Three Days Talent School in Dresden	58
Certified Quality of Processes and Products	59
Knowledge Management	60
Patents	62
Publications	69
Academic Theses	76
How to reach us	78

◀ Wafer processing in the clean room.

LinScan scanning mirror. ▶



INHALT

Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS	1
Vorwort	2
Das Fraunhofer IPMS im Profil	6
Institutsstruktur	7
Fraunhofer-Gesellschaft	8
Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik	9
Fraunhofer IPMS in Zahlen	10
Kuratoren	12
Mitgliedschaften und Kooperationen in Kompetenznetzwerken	13
Wissenschaftliche Exzellenz	14
Anwendungen und Geschäftsfelder	16
Aktive Mikrooptische Komponenten und Systeme	18
Flächenlichtmodulatoren	22
Sensor- und Aktorsysteme	24
Drahtlose Mikrosysteme	28
Center Nanoelectronic Technologies CNT	32
MEMS Technologies Dresden	36
Technologieentwicklung	38
Reinraum & Pilotfertigung	40
Center Nanoelectronic Technologies	44
Höhepunkte	50
Prof. Dr. Harald Schenk wird zweiter Institutsleiter	52
Institutsleitung unterstützt Politik bei der Weiterentwicklung der Mikroelektronik	53
InC9: Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik initiiert Nanoelektronik-Kongress	54
Prof. Lakner begleitet Wirtschaftsdelegation	55
Neuheiten auf Fachmessen und Konferenzen	56
Fraunhofer IPMS feiert Jubiläum zur Langen Nacht der Wissenschaften	57
Wissenschaft zum Anfassen: Drei Tage Fraunhofer-Talent-School in Dresden	58
Zertifizierte Qualität der Prozesse und Produkte	59
Wissensmanagement	60
Patente	62
Veröffentlichungen	69
Wissenschaftliche Arbeiten	76
Anfahrt	78



THE FRAUNHOFER IPMS IN PROFILE

The Fraunhofer IPMS with its 280 employees is dedicated to applied research and development at the highest international level in the fields of photonic microsystems, microsystems technologies, nano-electronic technologies and wireless microsystems. Innovative processes and products which are based upon our various technologies can be found in all large markets – such as information and communication technologies, consumer products, automobile technology, semi-conductor technology, measurement and medical technology. Direct commissions from industry contribute 50 percent to the annual research budget of 30 million euros.

Regarding micromechanical and photonic microsystems we offer complete solutions: From conception to component right up to complete systems. This includes sample and pilot production in our 1500 m² (15,000 ft²) clean room (ISO 14644-1 class 4) with qualified processes. In order to meet the challenging demands of our customers, our institute is certified according to the standard DIN EN 9001:2008 for research, development and fabrication including semiconductor and microsystem processes as well as integrated actuators and sensor technologies.

Additionally, our new business unit Center Nanoelectronic Technologies CNT provides services in the field of nano and micro electronics with functional electronic materials, processes and systems, device and integration, maskless lithography and analytics. Another 800 m² of clean room space (ISO 14644-1 class 6) is available for this purpose, along with analysis and metrology processes with atomic resolution and high sensitivity.

DAS FRAUNHOFER IPMS IM PROFIL

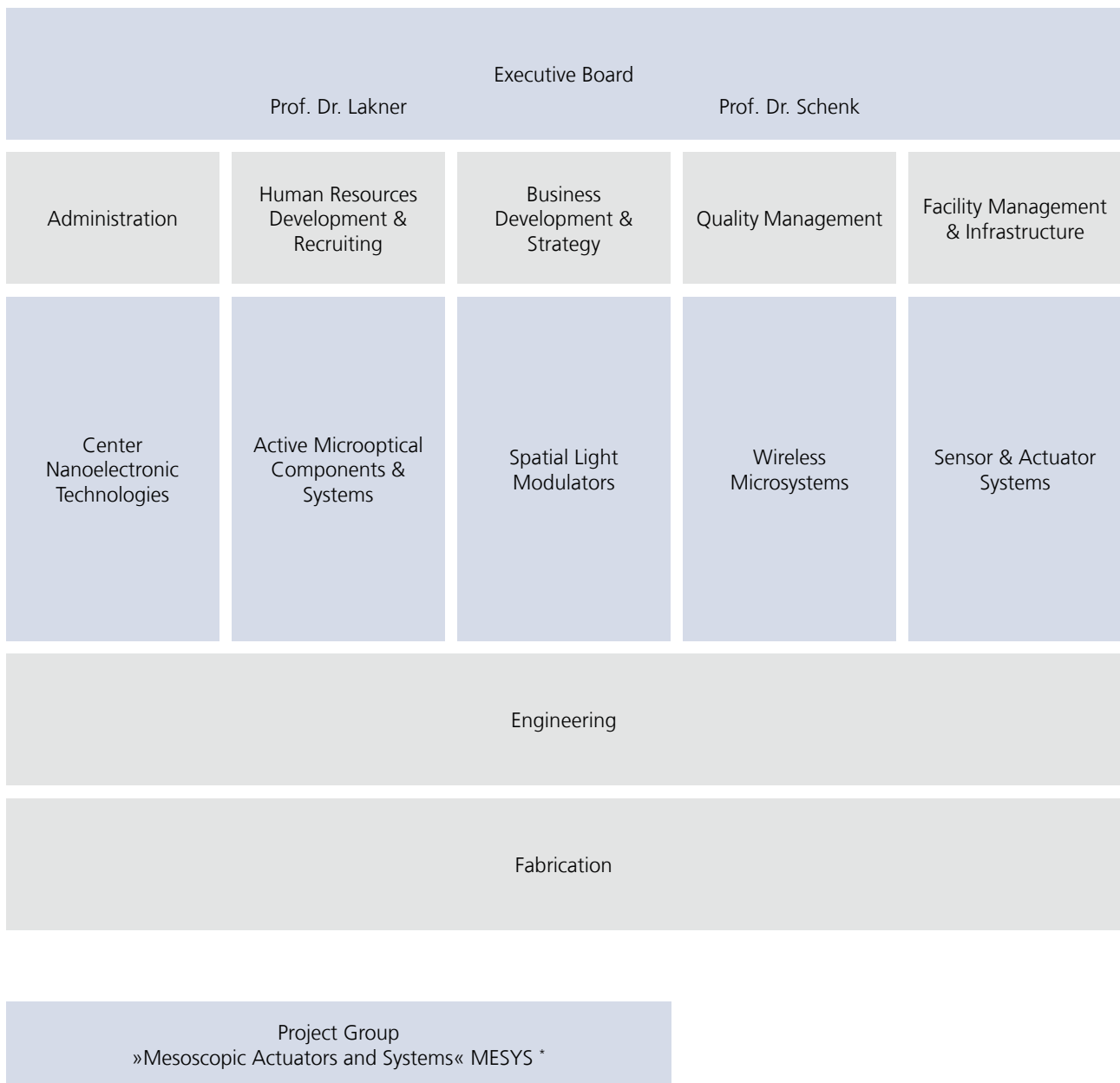
Das Fraunhofer IPMS mit seinen 280 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern steht für angewandte Forschung und Entwicklung auf internationalem Spitzenniveau in den Bereichen Photonische Mikrosysteme, Mikrosystemtechnologien, Nanoelektronische Technologien und Drahtlose Mikrosysteme. In allen großen Märkten – wie Informations- und Kommunikationstechnologien, Konsumgüter, Fahrzeugtechnik, Halbleiter, Mess- und Medizintechnik – finden sich innovative Prozesse und Produkte, die unsere Technologien nutzen. Die Hälfte unseres jährlichen Forschungsbudgets von 30 Millionen Euro wird durch Aufträge aus der privaten Wirtschaft finanziert.

Auf dem Gebiet der mikromechanischen und photonischen Mikrosysteme bieten wir Komplettlösungen vom Konzept über das Bauelement bis zum kompletten System an. Dies schließt Muster- und Pilotfertigung im eigenen 1500 m² (15000 ft²) Reinraum (Klasse 4 nach ISO 14644-1) mit qualifizierten Prozessen ein. Um den Erwartungen unserer Kunden zu genügen, ist unser Haus für Forschung, Entwicklung und Fertigung, den entsprechenden Halbleiter- und Mikrosystemprozessen, integrierte Aktorik/Sensorik und Beratung von der DEKRA nach der Norm DIN EN 9001:2008 zertifiziert.

Mit dem neuen Geschäftsfeld Center Nanoelectronic Technologies CNT stellen wir seit 2013 außerdem Leistungen in den Bereichen der Nano- und Mikroelektronik mit funktionalen elektronischen Materialien, Prozessen und Anlagen, Device & Integration, maskenloser Lithographie sowie Analytik bereit. Dafür stehen weitere 800 m² Reinraum (Klasse 6 nach ISO 14644-1) sowie Analyse- und Metrologieverfahren mit atomarer Auflösung und hoher Sensitivität zur Verfügung.

INSTITUTSSTRUKTUR

STRUCTURE OF THE INSTITUTE



* together with BTU Cottbus - Senftenberg



◀ Fraunhofer house in Munich.

Location SpreePalais in the city center of Berlin. ▶

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

At present, the Fraunhofer-Gesellschaft maintains 67 institutes and research units. The majority of the more than 23,000 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of 2 billion euros. Of this sum, more than 1.7 billion euros is generated through contract research. More than 70 percent of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. Almost 30 percent is contributed by the German federal and Länder governments in the form of base funding.

International collaborations with excellent research partners and innovative companies around the world ensure direct access to regions of the greatest importance to present and future scientific progress and economic development.

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

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 67 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 23000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von zwei Milliarden Euro. Davon fallen rund 1,7 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert.

Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und innovativen Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Zugang zu den wichtigsten gegenwärtigen und zukünftigen Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

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



FRAUNHOFER-VERBUND MIKROELEKTRONIK

Im Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik werden seit 1996 die Kompetenzen der auf den Gebieten Mikroelektronik und Smart Systems Integration tätigen Fraunhofer-Institute koordiniert: Das sind derzeit elf Voll- und fünf Gastmitglieder mit insgesamt ca. 3000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern. Das jährliche Budget beträgt etwa 341 Millionen Euro.

Durch die vielfältigen Kompetenzen und langjährige Erfahrung seiner 16 Mitgliedsinstitute verfügt der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik über ein weltweit einzigartiges Forschungspotenzial auf den Gebieten Mikroelektronik und Smart Systems Integration. Als solcher kann der Verbund insbesondere innovativen mittelständischen Unternehmen rechtzeitig zukunftsweisende Forschung und anwendungsorientierte Entwicklungen anbieten und damit entscheidend zu deren Wettbewerbsfähigkeit beitragen. Seine industriellen Kunden begleitet der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik von der Basistechnologie bis zum Endprodukt.

Die Aktivitäten des Verbunds Mikroelektronik werden durch die Geschäftsstelle in Berlin koordiniert. Ihre Mitarbeiter sind Ansprechpartner für Vertreter aus Forschung, Wirtschaft und Politik. Prof. Dr. Hubert Lakner wurde im Jahr 2013 als Verbundvorsitzender wiedergewählt.

FRAUNHOFER GROUP FOR MICROELECTRONICS

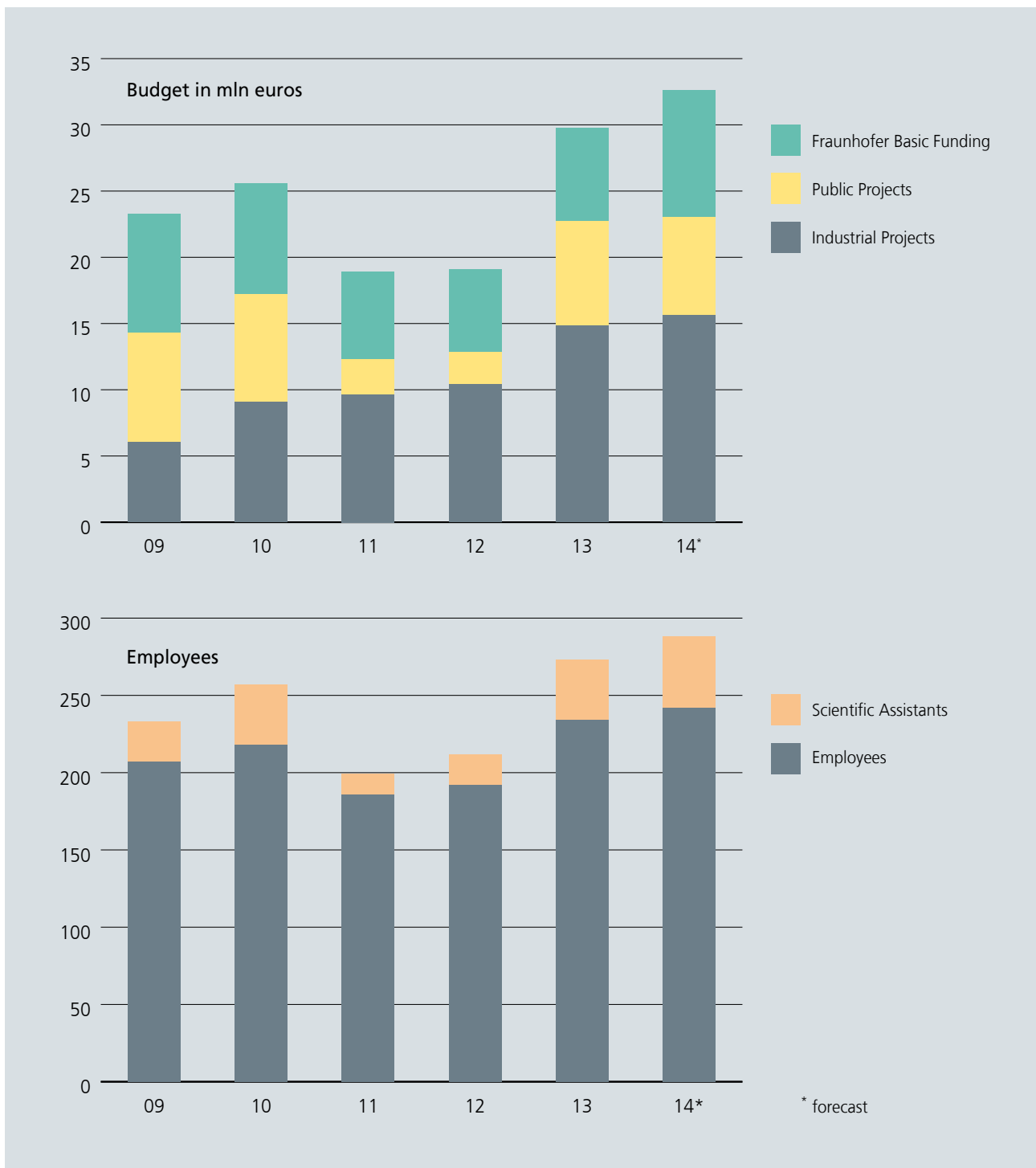
The Fraunhofer Group for Microelectronics, founded in 1996, is a service provider for research and development in the areas of microelectronics and smart systems integration. As part of the Fraunhofer-Gesellschaft, Europe's largest organization for application-oriented research, it combines the expertise of eleven Fraunhofer institutes (plus five guest members) with a total of more than 3000 employees and a combined budget of roughly 341 million euros.

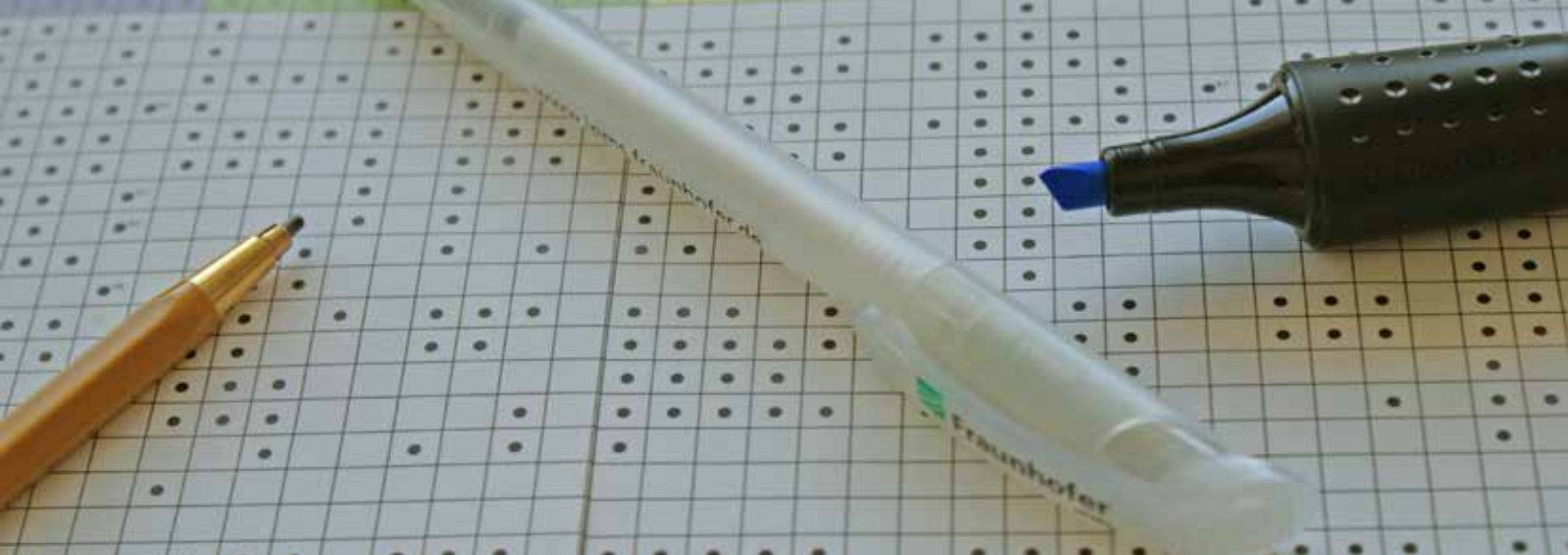
The group is able to provide future-oriented research and application-oriented developments, in particular, for innovative small- and medium-sized enterprises that will help them gain a decisive competitive edge. The Fraunhofer Group for Microelectronics supports its customers from technology to the end product.

The activities of the member institutes are coordinated by the business office in Berlin. This central coordination office forms the portal between the institutes on the one hand and science, business, and government on the other. In the year 2013 Prof. Dr. Hubert Lakner was confirmed as Chairman of the Board of Directors.

FRAUNHOFER IPMS IN ZAHLEN

FRAUNHOFER IPMS IN FIGURES





 ANTEILIGE PROJEKTERTRÄGE
 AM BETRIEBSHAUSHALT IN PROZENT

Fraunhofer IPMS gesamt

 BREAKDOWN OF PROJECT REVENUES AS
 PERCENTAGES OF THE OPERATING BUDGET

Fraunhofer IPMS total

	2009	2010	2011	2012	2013	Plan 2014	
Industry	26,0%	35,5%	51,1%	54,4%	51,3%	47,8%	Wirtschaft
EU	9,4%	5,9%	1,5%	1,2%	1,1%	0,7%	EU
Total	61,6%	67,4%	65,5%	67,2%	78,6%	70,4%	Gesamt
Employees	233	257	199	212	279	292	Mitarbeiter

 ANTEILIGE PROJEKTERTRÄGE
 AM BETRIEBSHAUSHALT IN PROZENT

**Fraunhofer IPMS, nur Geschäftsfeld
 Center Nanoelectronic Technologies CNT**

 BREAKDOWN OF PROJECT REVENUES AS
 PERCENTAGES OF THE OPERATING BUDGET

**Fraunhofer IPMS, Business Unit
 Center Nanoelectronic Technologies CNT only**

	2009	2010	2011	2012	2013	Plan 2014	
Industry	40,9%	23,0%	51,0%	41,6%	44,1%	43,0%	Wirtschaft
EU	14,2%	7,0%	3,0%	0,6%	0,0%	0,0%	EU
Total	73,2%	70,0%	78,0%	78,5%	96,0%	78,3%	Gesamt
Employees	49	51	49	49	49	50	Mitarbeiter



KURATOREN

ADVISORY BOARD

MR'in Dr. Annerose Beck — Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, Head of Division

Jürgen Berger — VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Division Manager

Prof. Dr. Alex Dommann — EMPA Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Head of Department »Materials meet Life«

Prof. Dr. Gerald Gerlach — TU Dresden, Institut für Festkörperelektronik, Director

Prof. Dr. Steffen Großmann — TU Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Dean

Konrad Herre — Plastic Logic GmbH, COO, Chairman of the advisory board

Dirk Hilbert — Landeshauptstadt Dresden, Deputy Mayor, Head of Department of Economic Development

Prof. Dr. Jörg-Uwe Meyer — MT2IT GmbH & Co. KG, General Manager

Prof. Dr. Wilfried Mokwa — RWTH Aachen, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik, Director

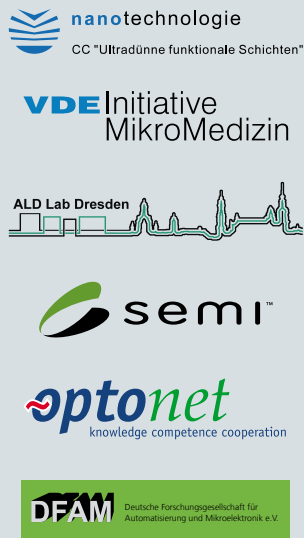
MinRat Peter G. Nothnagel — Saxony Economic Development Corporation, Managing Director

Dr. Jürgen Rüstig — NPS GmbH – New Package Solutions, General Manager

Dr. Hermann Schenk — Schenk Industry Consulting, Managing Director

Dr. Ronald Schnabel — VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik (GMM), Managing Director

Dr. Norbert Thyssen — Infineon Technologies Dresden GmbH & Co OHG, Director



MITGLIEDSCHAFTEN UND KOOPERATIONEN IN KOMPETENZNETZWERKEN

Das Fraunhofer IPMS engagiert sich in Wissenschafts- und Kompetenznetzwerken der optischen Technologien und Photonik, der Mikrosystemtechnik und Mikroelektronik und der Medizintechnik. Mit Fachvorträgen, Ausstellungen und der Mitarbeit in Arbeitskreisen beteiligen sich die Wissenschaftler aktiv am Erfahrungsaustausch und fördern Know-how-Transfer, enge wirtschaftliche Beziehungen und Innovationskraft.

Eine enge Zusammenarbeit besteht seit Jahren mit dem Branchennetzwerk für Mikro- und Nanoelektronik, Software, Applikationen, Smart Systems und Energy Systems dem Branchenverband Silicon Saxony. Prof. Lakner ist Sprecher des Wissenschaftlichen Beirates von Silicon Saxony. Dieser berät den Vorstand in strategischen Fragen, informiert über technologische Trends und unterstützt regionale, nationale und internationalen Forschungsk Kooperationen und Technologietransfer. Im Jahr 2013 wurde die enge Kooperation mit Silicon Saxony intensiviert. So war das Fraunhofer IPMS Gastgeber des 7. Dresdner RFID-Symposiums des Silicon Saxony Arbeitskreises »RFID Saxony« am 5. und 6. Dezember 2013 mit 80 Teilnehmerinnen und Teilnehmern. Zudem fand das Innovationsforum CoSi-4 gemeinsam mit Silicon Saxony und der thüringischen OptoNet CoOPTICS GmbH in den Räumlichkeiten des Fraunhofer IPMS statt. Ziel des sechsmonatigen, im Oktober 2013 gestarteten Innovationsforums war es, Innovationspotenziale zwischen der Halbleiterindustrie um Dresden und den optischen Technologien um Jena zu erschließen.

MEMBERSHIPS AND NETWORKING

The Fraunhofer IPMS contributes to scientific and professional networks in the fields of optics technology and photonics, microsystems technology, microelectronics and medical technology. With lectures, exhibitions and research group cooperations, Fraunhofer IPMS takes an active part in sharing experiences and promoting the transfer of know-how, close economic relations and the power of innovation.

For many years Fraunhofer IPMS has been cooperating with Silicon Saxony, the sector network for micro and nanoelectronics, software, applications, smart systems and energy systems. Prof. Lakner is the speaker of the scientific board. The members of this board counsel the board of Silicon Saxony in strategic questions, inform about technological trends and support regional, national and international research cooperations and technology transfers. During the year 2013, the close cooperation with Silicon Saxony was intensified. Thus Fraunhofer IPMS hosted the 7th Dresdner RFID Symposium of Silicon Saxony's »RFID Saxony« working group on the 5th and 6th of December 2013 with 80 participants. In addition, the CoSi-4 innovation forum was held jointly with Silicon Saxony and Thuringia's OptoNet CoOPTICS GmbH in Fraunhofer IPMS' facilities. The aim of the six month innovation forum which started in October 2013 was to develop innovation potential between the semiconductor industry in the Dresden region and optical technologies in the Jena region.

WISSENSCHAFTLICHE EXZELLENZ

SCIENTIFIC EXCELLENCE

DRESDEN TECHNICAL UNIVERSITY

The TU Dresden is one of eleven excellent universities in Germany. The TU Dresden has joined forces under the trademark, "DRESDEN-concept", with strong partners in science and culture such as Fraunhofer IPMS in order to make the excellence of Dresden's research visible, to exploit synergies in education and infrastructure and to coordinate their scientific strategy. The Institute's director Prof. Dr. Hubert Lakner and Business Unit manager, Prof. Dr. Wolf-Joachim Fischer have their own professorships at the TU Dresden and promote the intensive cooperation between Fraunhofer IPMS with students and graduates in fundamental and contract research.

Cooperation between Fraunhofer and the TU Dresden focuses particularly on the topic of energy efficiency. In the Dresden Innovation Center for Energy Efficiency DIZE^{EFF} founded in 2009 four of Dresden's Fraunhofer-Institutes and nine Institutes of TU Dresden are conducting research in 23 projects. Fraunhofer IPMS is contributing by developing energy saving displays based on silicon mirrors. Cool Silicon's top cluster also aims to produce a significant increase in energy efficiency, particularly in the information and communications technologies area. Here, Fraunhofer IPMS is involved in various projects.

BRANDENBURG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY COTTBUS - SENFTENBERG

In addition, there is a long history of cooperation with Brandenburg University of Technology (BTU) Cottbus - Senftenberg, at which Prof. Dr. Harald Schenk holds a professorship for micro and

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

Die TU Dresden ist eine von elf Exzellenzuniversitäten Deutschlands. Unter der Marke DRESDEN-concept hat sich die TU Dresden mit starken Partnern aus Wissenschaft und Kultur wie dem Fraunhofer IPMS zusammengeschlossen, um die Exzellenz der Dresdner Forschung sichtbar zu machen, Synergien in der Forschung, Ausbildung und Infrastruktur zu nutzen und ihre Wissenschaftsstrategie zu koordinieren. Institutsleiter Prof. Dr. Hubert Lakner und Geschäftsfeldleiter Prof. Dr. Wolf-Joachim Fischer haben eigene Lehrstühle an der TU Dresden und fördern eine intensive Zusammenarbeit des Fraunhofer IPMS mit Studierenden, Absolventinnen und Absolventen in der Grundlagen- und Auftragsforschung.

Ein besonderer Schwerpunkt in der Kooperation von Fraunhofer und der TU Dresden bildet das Thema Energieeffizienz. Im Jahr 2009 gegründeten Dresdner Innovationszentrum Energieeffizienz DIZE^{EFF} forschen vier Dresdner Fraunhofer-Institute und neun Institute der TU Dresden in 23 Projekten. Das Fraunhofer IPMS entwickelt dabei energiesparende Displays auf der Basis von Siliziumspiegeln. Eine signifikante Steigerung der Energieeffizienz, speziell im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologien ist auch das Ziel des Spitzenclusters Cool Silicon, in das sich das Fraunhofer IPMS mit verschiedenen Projekten einbringt.

BRANDENBURGISCHE TECHNISCHE UNIVERSITÄT COTTBUS - SENFTENBERG

Eine langjährige Kooperation besteht außerdem mit der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus - Senftenberg, an der Prof. Dr. Harald Schenk eine Professor für Mikro- und Nanosysteme innehat. Im



»Cottbus Joint Lab« stellt die BTU Cottbus - Senftenberg attraktive Studienschwerpunkte bei der internationalen Graduiertenausbildung und Weiterbildung speziell auf dem Gebiet der photonischen Mikrosysteme zur Verfügung. Darüber hinaus startete am 1. Oktober 2012 unter Leitung von Prof. Schenk die Fraunhofer-Projektgruppe »Mesoskopische Aktoren und Systeme«. Sie nutzt für zunächst fünf Jahre Labore und Räumlichkeiten der BTU Cottbus. Die Kooperation der BTU Cottbus mit dem Fraunhofer IPMS in einer gemeinsamen Forschergruppe soll eine außeruniversitäre Forschungseinrichtung in der Lausitz auf den Weg bringen.

nanosystems. Within the "Cottbus Joint Lab" BTU Cottbus - Senftenberg sets attractive study highlights in international graduate and further education, especially in the area of photonic microsystems. The Fraunhofer project group "Mesoscopic Actuators and Systems" also took up its work on 1st October 2012 under the chairmanship of Prof. Schenk. It will use the laboratories and facilities of BTU Cottbus for an initial term of five years. A non-university research institute in Lusatia (Lausitz) is intended to launch the cooperation between BTU Cottbus and Fraunhofer IPMS through a joint research group.



Faculty of Electrical and
Computer Engineering
Institute of Semiconductors
and Microsystems
Department Optoelectronic
Components and Systems

Prof. Dr. Hubert Lakner

Faculty of Electrical and
Computer Engineering
Institute of Semiconductors
and Microsystems
Department Microsystems
Technology

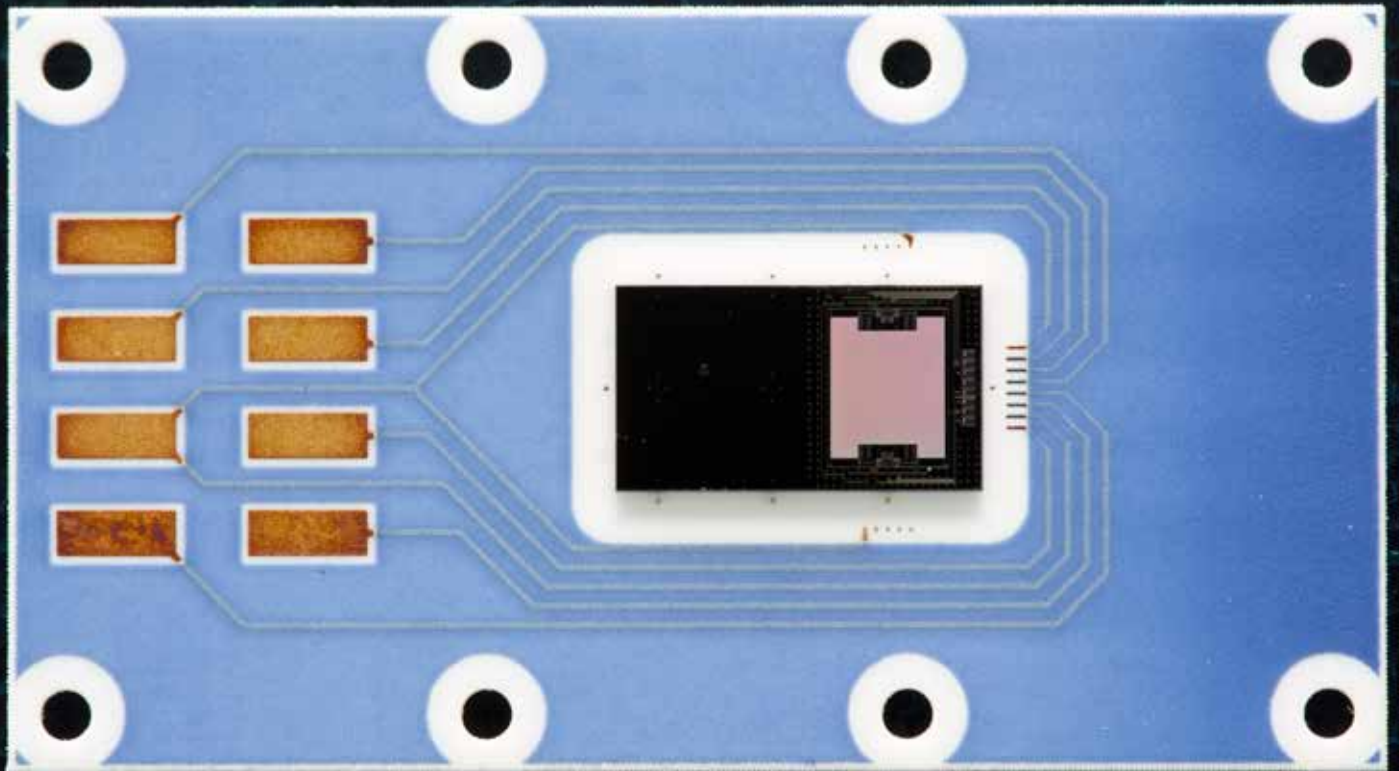
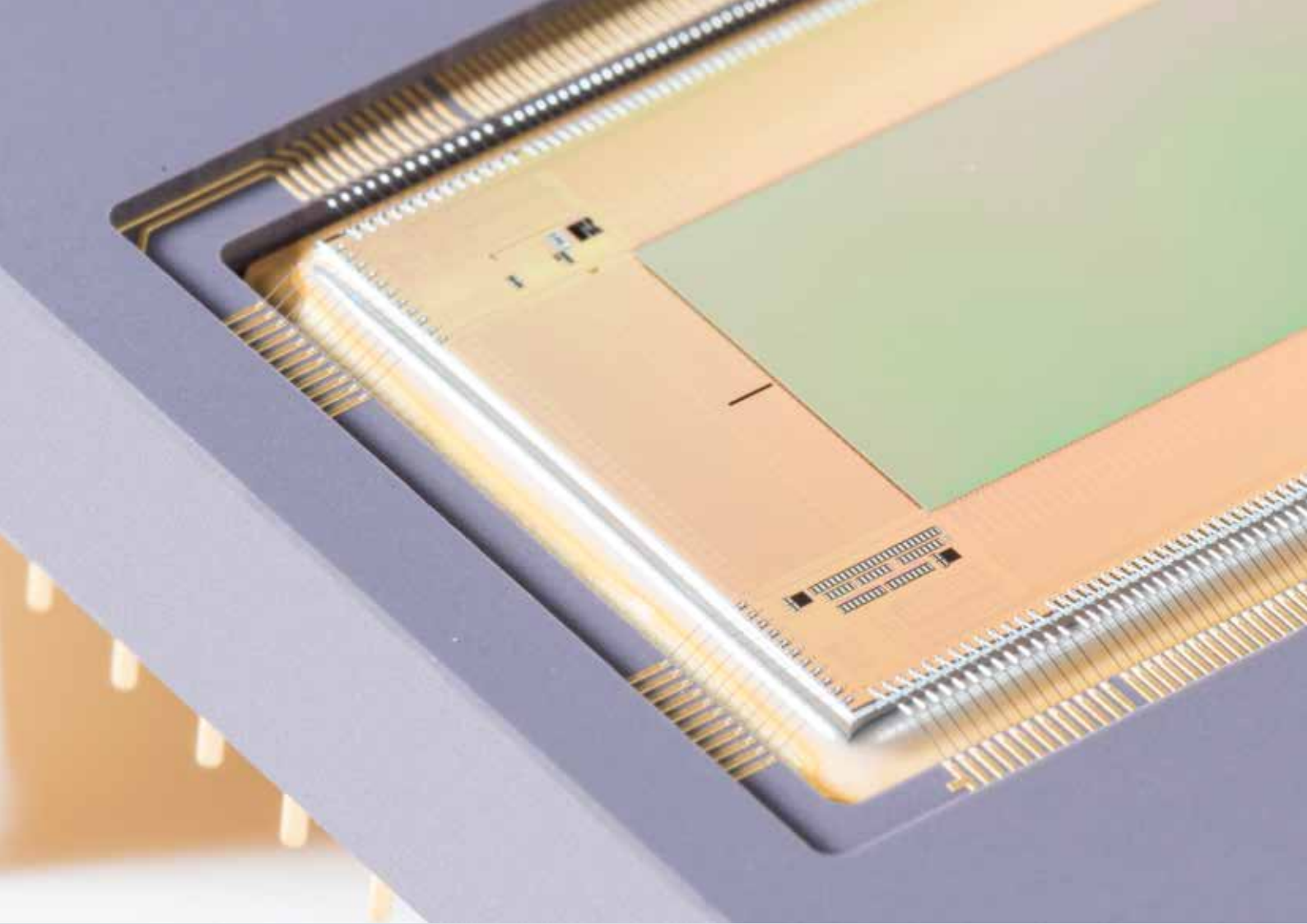
Prof. Dr. Wolf-Joachim Fischer

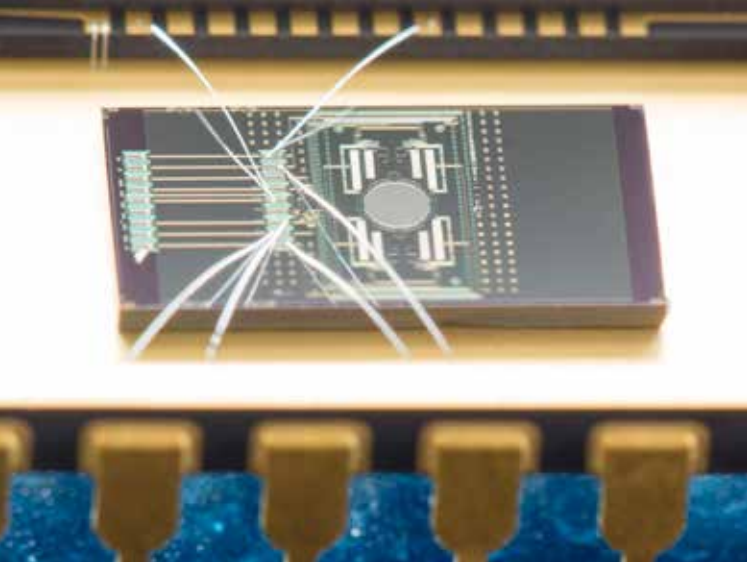
Faculty Mathematics, Natural
Sciences and Computer Science
Institute for Physics and
Chemistry
Chair of Micro and Nano
Systems

Prof. Dr. Harald Schenk

ANWENDUNGEN UND GESCHÄFTSFELDER

APPLICATIONS AND BUSINESS FIELDS





Dr. Jan Grahmann

ACTIVE MICRO-OPTICAL COMPONENTS AND SYSTEMS

This business unit focuses on the development of silicon based active micro-optical components for specific applications. Micro-scanning mirrors are one of our major areas of expertise. To date, more than 50 different resonant scanners have been designed and manufactured. They are made to deflect light either one-dimensionally or two-dimensionally for high-speed optical path length modulation. Scan frequencies from 0.1 kHz to 50 kHz have been successfully executed. Applications range from reading barcode and data code, through 3D metrology, and right up to laser projection and spectroscopy. An internet platform (www.micro-mirrors.com) was introduced, allowing customers to define and order micro-scanners that are suitable for their specific applications. Thanks to a building-block approach, we are able to offer reasonably-priced devices with a short lead time. In addition to resonant scanners, quasi-static micro-scanners are also under development. These activities are geared toward applications such as laser beam positioning and switching.

A second area of expertise is electro-active polymers and their integration. The polymers are deployed as mechanical actuators, or as waveguides, with voltage adjustable properties based on electro-optical effects. Alongside the development of liquid lenses with an adjustable focus, programmable waveguides are of particular interest: The latter are geared toward applications such as optical switches or variable optical attenuators (VOA) for optical data transmission (see project example).

AKTIVE MIKROOPTISCHE KOMPONENTEN UND SYSTEME

Kern der Geschäftsfeldaktivitäten ist die anwendungsspezifische Entwicklung siliziumbasierter aktiver mikrooptischer Komponenten. Den ersten Schwerpunkt bilden Mikroscooperspiegel. In der Zwischenzeit wurden mehr als 50 verschiedene resonante MEMS-Scanner entwickelt, die als ein- oder zweidimensional ablenkende Elemente oder auch zur optischen Weglängenmodulation eingesetzt werden. Mögliche Scan-Frequenzen reichen von ca. 0,1 kHz bis zu 50 kHz. Die Anwendungsbreite erstreckt sich von Strichcode-Lesesystemen über die 3D-Messtechnik bis hin zur Laserprojektion, Spektroskopie und Fokusbereichsmodulation. Interessenten haben die Möglichkeit, über eine Internetplattform (www.micro-mirrors.com) kundenspezifische Scanner schnell und kostengünstig für ihre Evaluierung zu beziehen. Neben den resonanten Scannern werden auch quasistatisch auslenkbare Mikroscooperspiegel für Anwendungen wie das Laserstrahlpositionieren oder vektorielles Scannen entwickelt.

Der zweite Schwerpunkt wird durch den Einsatz elektroaktiver Polymere gebildet. Diese werden z. B. als mechanische Aktoren oder unter Nutzung elektrooptischer Effekte zur Realisierung neuartiger aktiver optischer Elemente eingesetzt. Neben Flüssigkeitslinsen mit einstellbarem Fokus sind hier programmierbare Wellenleiter von besonderem Interesse. Letztere eignen sich z. B. für den Einsatz als optische Schalter oder als Dämpfungselemente (VOA) in der optischen Datenübertragung (siehe auch Projektbeispiel).

- ◀◀ Resonant one-dimensional MEMS mirror for miniaturized laser projection.

Light sheet fluorescence microscope system Z.1
from Carl Zeiss Microscopy ▶



ZEISS SETZT BEI LICHTBLATTMIKROSKOP AUF TECHNOLOGIE DES FRAUNHOFER IPMS

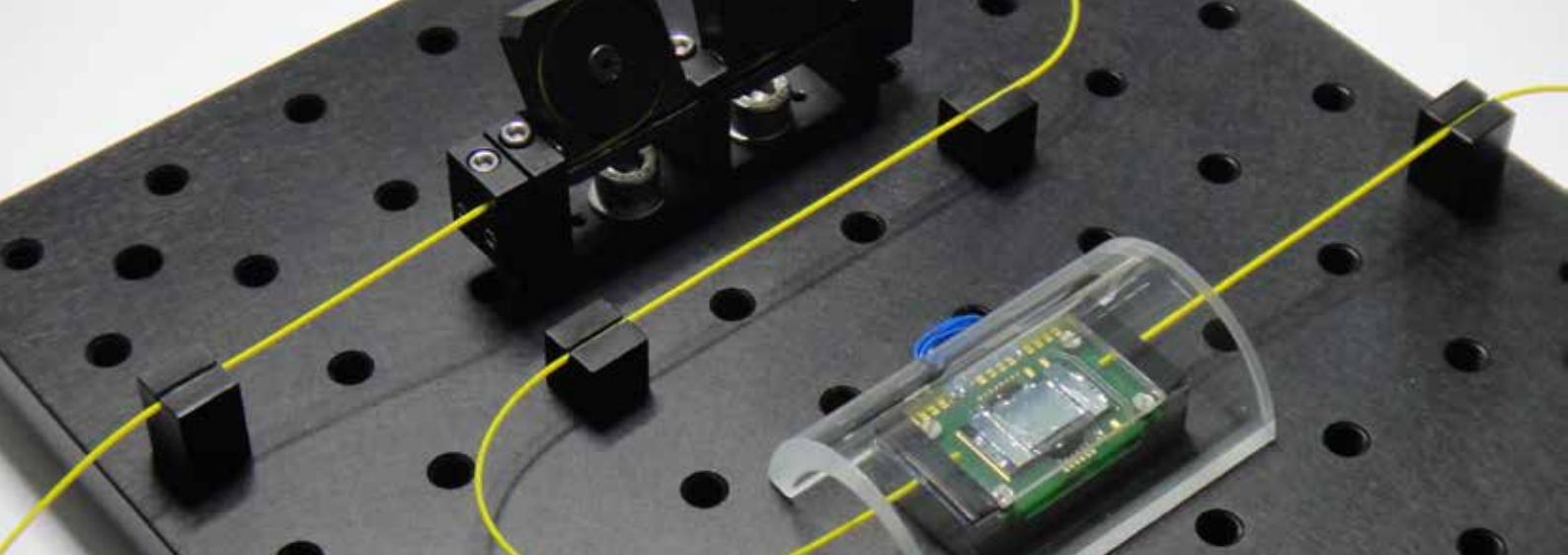
Das Lichtblattfluoreszenzmikroskop Lightsheet Z.1 von Zeiss bietet die Möglichkeit, dynamische Prozesse in großen, lebenden Organismen zu untersuchen. Gegenüber bisherigen fluoreszenzmikroskopischen Verfahren zeichnet sich das System durch eine deutlich geringere Lichtbelastung der Proben aus, was völlig neue Möglichkeiten für eine schonende Langzeituntersuchung lebender Organismen in 3D eröffnet. Die Lichtblattfluoreszenzmikroskopie erlaubt es, nur das relevante Volumen und nicht die gesamte Probe für ein Schnittbild des fluoreszenzmarkierten Gewebes durch einen sehr dünnen, aufgefächerten Laserstrahl, dem Lichtblatt, zu beleuchten. Damit wird der Fluoreszenzfarbstoff ausschließlich lokal zur Lichtemission angeregt.

Um die Abbildungsqualität zu perfektionieren und unerwünschte Artefakte wie Schattenwurf lichtundurchlässiger Bestandteile der Probe im Lichtblatt zu eliminieren, kommt ein vom Fraunhofer IPMS entwickelter, resonant betriebener Mikroscanner zum Einsatz. Der Pivot-Scanner mit einer Spiegelplatte von 1,2 mm Durchmesser und einer dynamisch an die gewünschte Objektvergrößerung anpassbaren mechanischen Scan-Amplitude von 0,9 bis 6° wird nahe seiner mechanischen Resonanz bei 23 kHz betrieben. Abhängig von der Position der Spiegelplatte ändert sich der Winkel des Lichtblatts relativ zur Probe innerhalb der Beleuchtungsebene und dementsprechend die Richtung des Schattenschlags. Gegenüber konventionellen resonant betriebenen Galvanometerscannern kann der MEMS-Scanner neben seiner geringeren Größe mit einer stabilen Schwingungsform und Geräuschfreiheit überzeugen. Scan-Modul und Ansteuerelektronik wurden ausgehend von der modularen LDC (Light Deflection Cube)-Plattform an die Systemerfordernisse angepasst.

ZEISS TRUSTS IN FRAUNHOFER IPMS FOR LIGHT SHEET MICROSCOPE

The light sheet fluorescence microscope system Lightsheet Z.1 gives researchers the opportunity to observe dynamic processes in large living organisms. Compared to former methods of fluorescence microscopy, this system is characterized by a much lower light load on the specimens, opening up whole new possibilities for gentle, long-term examinations of living organisms in 3D. Light sheet fluorescence microscopy (LSFM) allows only the relevant volume and not the entire specimen to be illuminated for a section of the fluorescence-marked tissue by a very thin, expanded laser beam, the so-called light sheet. This means that the fluorescent dye is only locally excited to emit light.

A resonant microscanner developed by the Fraunhofer IPMS is used to perfect the imaging quality and eliminate unwanted artefacts such as shadowing caused by opaque components of the specimen in the light sheet. The pivot scanner has a reflecting plate with a diameter of 1.2 mm and a mechanical scanning amplitude that can be dynamically adapted to the desired lens magnification from 0.9 to 6°, and will be operated near its mechanical resonance at 23 kHz. The angle of the light sheet changes relative to the specimen within the illumination plane depending on the position of the reflecting plate, and accordingly the direction of the shadow. Compared to conventional resonant galvanometer scanners, the MEMS scanner convinces through its small size, stable oscillation mode and an absolute freedom from noise. The scanning module and the control electronics are adapted to the system requirements starting from the modular LDC (Light Deflection Cube) platform.



INNOVATIVE LIGHT PATH CONTROL IN FIBER OPTIC NETWORKS

During the course of the year 2013, researchers from the Smart Micro-Optics group have developed an optical switch/variable optical power splitter (OS/VOPS) device, which is based on waveguides with liquid crystals on a silicon backplane and makes an almost loss-free transmission of light signals in fiber optic networks possible. The device provides many advantages, above all high switching speed, variable power splitting, a reliable and stable switching process, scalability to multiple channels, low insertion loss and low crosstalk.

Applications are to be found in telecommunications, environmental monitoring and process controlling, i.e. in all areas where optical fibers are used to transmit information in encoded light signals from one location to another. With regard to the monitoring of fiber optic sensors networks, the optical switch can direct the acquired signals in the interrogation units and ensure switching between channels at MHz frequencies. This means that up to one million measurements can be processed per second. In addition, because the device has no mechanical parts, it can operate virtually without wear and therefore has the potential to become the first choice for long-term monitoring applications. In optical communications networks, the device can also provide dynamic switching between different channels, control and distribution of power among several network nodes and assure increased efficiency through an effective use of optical resources.

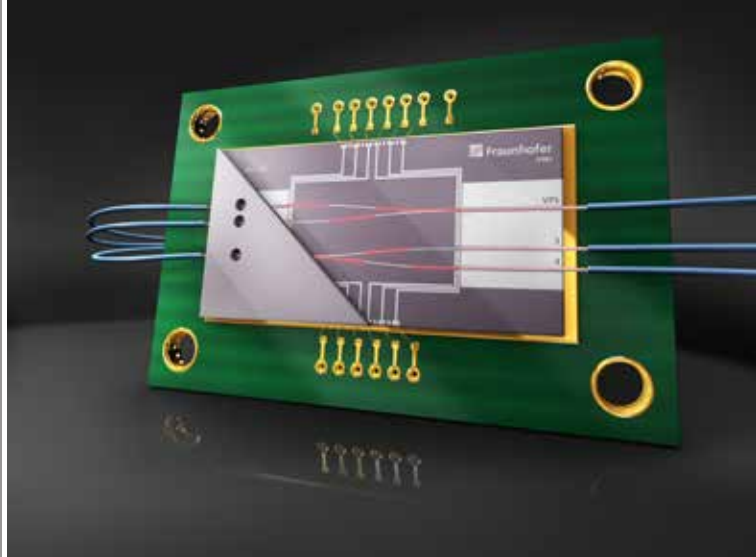
NEUARTIGE LICHTWEGSTEUERUNG IN FASEROPTISCHEN NETZWERKEN

Forscher der Gruppe Smart Micro-Optics haben über das Jahr 2013 einen optischen Schalter/variablen optischen Leistungsteiler (OS/VOPS) entwickelt, der auf Wellenleitern mit Flüssigkristallen auf einer Silizium-Backplane basiert und eine schnelle und beinahe verlustfreie Übermittlung von Lichtsignalen in faseroptischen Netzwerken möglich macht. Das Bauteil bietet zahlreiche Vorteile, vor allem eine hohe Schaltgeschwindigkeit, einen zuverlässigen und stabilen Schaltvorgang, Skalierbarkeit für viele Kanäle, eine geringe Einfügedämpfung und geringes Übersprechen.

Anwendungen sind in der Telekommunikation, Umweltbeobachtung oder bei industriellen Prozesssteuerungen möglich, also überall dort, wo optische Fasern genutzt werden, um Informationen als Lichtsignale kodiert von einem Ort zum anderen zu transportieren. Im Hinblick auf die Überwachung vernetzter faseroptischer Sensoren kann der optische Schalter die Signale mit Frequenzen im MHz-Bereich zwischen Kanälen umschalten. Das bedeutet, dass pro Sekunde bis zu eine Million Messungen verarbeitet werden können. Da das Bauteil keine mechanischen Teile enthält, arbeitet es außerdem nahezu verschleißfrei und hat daher das Potenzial, zur ersten Wahl für langfristige Überwachungsanwendungen zu werden. Auch in optischen Telekommunikationsnetzwerken ermöglicht das Bauteil ein dynamisches Umschalten zwischen verschiedenen Kanälen, die Regelung und Verteilung der Leistung auf mehrere Netzwerkknoten und ein erhöhtes Maß an Effizienz durch effektive Nutzung optischer Ressourcen.

- ◀ Polarization-independent liquid crystal waveguide demonstrator.

Variable optical power splitter chip with liquid crystal waveguides on a silicon backplane. ▶

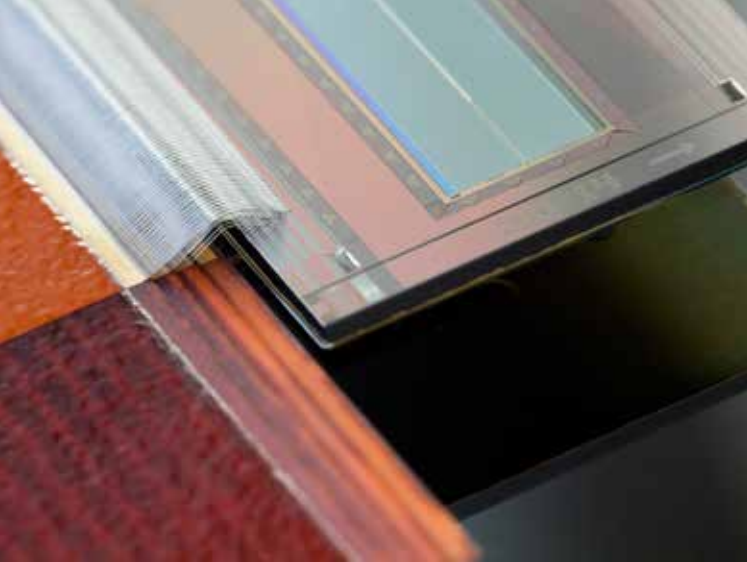


Das vom Fraunhofer IPMS entwickelte OS/VOPS-Prinzip macht sich einen Effekt in elektrooptischen Wellenleitern zunutze, der es ermöglicht, die Lichtleistung und den Lichtweg kontrolliert zu steuern. Das OS/VOPS-Bauteil basiert auf einer eigens entwickelten elektrooptischen Wellenleiterstruktur. Das Licht wird durch eine elektrooptische Schicht geleitet, wobei der Lichtweg durch strukturierte Elektroden definiert wird. Die einzigartigen Eigenschaften dieser Technologie sind den hochtransparenten isotropen Flüssigkristallen zu verdanken, die als Kernkomponenten des Wellenleiters verwendet werden. Die Regelung der optischen Leistung, die über den Wellenleiter übertragen wird, erfolgt durch Anpassung eines elektrischen Feldes, auf das die Flüssigkristalle aufgrund des elektrooptischen Kerr-Effektes entsprechend reagieren. Das Bauteil wurde für das C-Band der faseroptischen Telekommunikation im Wellenlängenbereich um 1550 nm entwickelt. Bei Bedarf kann es aber auch für andere Wellenlängen zwischen 400 nm und 1600 nm optimiert werden.

Die Arbeiten im Jahr 2013 konzentrierten sich speziell auf die Entwicklung polarisationsunempfindlicher optischer Schalter zur Übermittlung von periodischen Signalen in signalverarbeitenden Instrumenten. Die Eigenschaft der Polarisationsunabhängigkeit macht die Technologie für zusätzliche Anwendungsgebiete interessant, reduziert die Komplexität faseroptischer Netzwerke und hilft, Kosten zu senken. Diese Weiterentwicklung wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des bis September 2014 laufenden Projektes »Elektrooptische Wellenleiter basierend auf Flüssigkristallen für integrierte optische Schaltungen« (EOF-IOS), FKZ 13N12442 finanziert.

The OS/VOPS principle developed by Fraunhofer IPMS exploits the actively controllable guiding effect in electro-optical waveguides, which makes it possible to control the light path and light output. Particularly, the OS/VOPS device is based on a specially developed electro-optical waveguide structure. Light is guided inside an electro-optical layer, whereby the light path is defined by structured electrodes. Unique characteristics of this technology stem from employing highly transparent isotropic liquid crystals as waveguide core layer element. The control of the optical power transmitted along the waveguide is realized by adapting the electro-optical Kerr response strength in the liquid crystal layer via an applied electrical field. The component was developed for the telecommunication C-band centered around 1550 nm. However, it can also be optimized for other wavelengths between 400 nm and 1600 nm, if required.

In 2013, work was focused particularly on the development of polarization insensitive optical switches for the transmission of periodic signals acquired from fiber optic sensors in interrogation instruments. The polarization insensitivity characteristic makes the technology attractive for additional applications, reduces the complexity of fiber optic networks and helps to reduce costs. This further development is financed by the German Federal Ministry for Education and Research within the framework of the project: "Elektrooptische Wellenleiter basierend auf Flüssigkristallen für integrierte optische Schaltungen" (EOF-IOS), FKZ 13N12442 (Electro-optical waveguides based on liquid crystals for integrated optical switches), which continues until September 2014.



Dr. Michael Wagner

SPATIAL LIGHT MODULATORS

The spatial light modulators developed at Fraunhofer IPMS consist of arrays of micromirrors on semiconductor chips, whereby the number of mirrors varies depending on the application, from a few hundred to several millions. In most cases this demands a highly integrated application specific electronic circuit (ASIC) as basis for the component architecture in order to enable an individual analog deflection of each micromirror. In addition, Fraunhofer IPMS develops electronics and software for mirror array control. The individual mirrors can be tilted or vertically deflected depending on the application, so that a surface pattern is created, for example to project defined structures. High resolution tilting mirror arrays with up to 2.2 million individual mirrors are used by our customers as highly dynamic programmable masks for optical micro-lithography in the ultraviolet spectral range. The mirror dimensions are $10\ \mu\text{m}$ or larger. By tilting the micromirrors, structural information is transferred to a high resolution photo resist at high frame rates. Further fields of application are semiconductor inspection and measurement technology, and prospectively laser printing, marking and material processing.

Piston micromirror arrays based on 240×200 individual mirrors ($40 \times 40\ \mu\text{m}^2$) can for example be used for wavefront control in adaptive optical systems. These systems can correct wavefront disturbances in broad spectrum ranges and thereby improve image quality. The component capabilities attract special interest in the fields of ophthalmology, astronomy and microscopy, as well as in spatial and temporal laser beam and pulse shaping.

FLÄCHENLICHTMODULATOREN

Flächenlichtmodulatoren des Fraunhofer IPMS bestehen aus einer Anordnung von Mikrosiegeln auf einem Halbleiterchip, wobei die Spiegelanzahl anwendungsspezifisch aktuell von einigen hundert bis zu mehreren Millionen Spiegeln variiert. Hierbei kommt in den meisten Fällen ein hochintegrierter anwendungsspezifischer elektronischer Schaltkreis (ASIC) als Basis der Bauelementarchitektur zum Einsatz, um eine individuelle analoge Auslenkung jedes Mikrosiegels zu ermöglichen. Das Fraunhofer IPMS entwickelt darüber hinaus Ansteuerelektronik für Spiegelarrays inklusive Software. Die Einzelspiegel können je nach Anwendung individuell gekippt oder abgesenkt werden, so dass ein flächiges Muster entsteht, mit dessen Hilfe z. B. definierte Strukturen projiziert werden. Hochauflösende Kippspiegelarrays mit bis zu 2,2 Millionen Einzelsiegeln werden von unseren Kunden als hochdynamische programmierbare Masken für die optische Mikrolithographie im Ultraviolett-Bereich eingesetzt. Spiegelabmessungen liegen hier bei $10\ \mu\text{m}$ oder größer. Durch das Auslenken der Mikrospiegel werden die Strukturinformationen mit hoher Bildrate in den Fotolack übertragen. Weitere Anwendungsfelder liegen in der Halbleiterinspektion und -messtechnik sowie in der Laserbeschriftung, -markierung und -materialbearbeitung.

Senkspiegelarrays, die auf 240×200 Einzelsiegeln ($40 \times 40\ \mu\text{m}^2$) basieren, finden u. a. Anwendung in der Wellenfrontformung in adaptiv-optischen Systemen. Diese Systeme können Wellenfrontstörungen in weiten Spektralbereichen korrigieren und so die Wiedergabequalität von Bildern verbessern. Weitere Anwendungsbereiche sind die Augenheilkunde, Astronomie und Mikroskopie sowie die räumliche und zeitliche Laserstrahl- und Pulsformung.

◀◀ Wire-bonded light modulator.

Micromirror array with driving electronics. ▶



DIFFRAKTIVE MIKROSPIEGELARRAYS FÜR MULTISPEKTRALE ANWENDUNGEN

Hochauflösende Mikrospiegelarrays (MMA) des Fraunhofer IPMS finden seit mehreren Jahren Einsatz bei der Erzeugung variabler Beleuchtungsmuster im UV-Spektralbereich. Programmierbare Beleuchtungsmuster werden durch die individuelle Verkippung einzelner Spiegelemente in Kombination mit einem auf Beugung basierenden Abbildungsprinzip generiert. Die spektral breitbandige Nutzung auch außerhalb des UV-Bereichs stellt ein attraktives Ziel dar, da deutliche Geschwindigkeitsvorteile von MEMS gegenüber konventionellen LCD/LCOS-Modulatoren genutzt werden können. Dies setzt allerdings präzise Kenntnisse über das Spiegel-Kippverhalten voraus, da die Spiegelbeweglichkeitsparameter sich sowohl innerhalb eines Bauelements als auch von MMA zu MMA deutlich unterscheiden können.

Ein am Fraunhofer IPMS entwickeltes Verfahren ermöglicht jetzt die vollautomatische Charakterisierung einzelner MMAs. Nicht nur die mittlere Spiegel-Kippcharakteristik ist so ermittelbar, sondern auch eine Bestimmung des Kippverhaltens für jeden einzelnen Mikrospiegel mit einem profilometrischen Messgerät, auch bei mehreren Millionen Mikrospiegeln pro Bauelement. So werden Unterschiede nanometergenau vermessen und kompensiert, zugleich auch einzelspiegelrelevante Informationen verarbeitet. Die dadurch gewonnene deutlich erhöhte Präzision der Spiegelverkippung steigert die Qualität der Beleuchtungsmuster. Entwickelt wurde die Charakterisierungsmethode zunächst für Mikroskopie für die variable Objektbeleuchtung bei Verwendung unterschiedlicher Lichtquellen im UV- bis IR-Spektralbereich. Aber auch monochromatische Anwendungen profitieren von dem neuen Verfahren.

DIFFRACTIVE MICROMIRROR ARRAYS FOR MULTISPECTRAL APPLICATIONS

For many years high-resolution micromirror arrays (MMA) developed at Fraunhofer IPMS are well established to create variable illumination patterns in the UV spectral range. Programmable patterns are generated from individual mirror tilting in combination with an optical operation principle based on diffraction. An attractive goal is the application of the broad spectral range beyond the UV, to benefit from MEMS velocity advantages compared to conventional LCD/LCOS modulators. Due to the spread in mirror deflection parameters within a MMA and from device to device, the exact knowledge of mirror tilt behavior is essential to open up new spectral ranges.

A new procedure developed at Fraunhofer IPMS enables the fully automated characterization of MMA devices. By using profilometric measurement equipment, not only the average MMA tilt behavior is now accessible, but also the individual tilt determination of every mirror in the array of up to millions of micromirrors on one MMA. Therefore differences on nanometer scale can be measured and compensated together with the extraction of single-mirror relevant information. The enhancement in mirror tilt precision obtained by this method causes a great improvement on illumination pattern quality. This new characterization method was initially developed for microscope applications to variably illuminate objects using different light sources in the UV to IR spectral range. Likewise, monochromatic applications can benefit from the method.



Dr. Heinrich Gröger

SENSOR AND ACTUATOR SYSTEMS

The business unit „Sensor and Actuator Systems“ develops novel components as well as application specific photonic systems. By combining microsystem components developed by Fraunhofer IPMS with analog and digital electronics, complex customized optical and software systems can be realized.

The research and development work of the business unit comprises the development of systems for electronic imaging. Innovations are based on in-house microscanning mirrors or commercially available detectors. Typical applications include retina scanning for mobile authentication (see project example), the testing and quality evaluation of euro banknotes and 3D fluorescence microscopy for dermatological science, just to name a few. The use of highly integrated MEMS components allows for the realization of extremely miniaturized photonic systems. In turn the analysis of interactions of electromagnetic radiation with matter can be evaluated using mobile devices. Such photonic processes include spectroscopy, fluorescence and Raman measurements. Applications can be found in the fields of food processing, biotechnology, industrial automation and recycling.

In 2013, activities in the field of capacitive micromachined ultrasonic transducers (CMUTs) have been continued (see project example). Different sizes and geometries of devices can be fabricated using existing technology modules in the clean room of the Fraunhofer IPMS. An interesting collection of potential applications can be found for instance in the fields of medical systems, non-destructive testing and process technology.

SENSOR- UND AKTORSYSTEME

Das Geschäftsfeld »Sensor- und Aktorsysteme« entwickelt neuartige Komponenten und anwendungsspezifische photonische Systeme. Durch Kombination der am Institut entwickelten Mikrosystemtechnik-Komponenten mit Analog- und Digitalelektronik, Optik und Software entstehen komplexe Gesamtsysteme zur Lösung kundenspezifischer Problemstellungen.

Das Angebot des Geschäftsfelds umfasst die Entwicklung von Systemen für die Aufnahme und Auswertung digitaler Bilder. Neuentwicklungen basieren auf Mikroscannerspiegeln des Fraunhofer IPMS oder kommerziell verfügbaren Komponenten. Anwendungsfelder reichen vom Retina-Scanning zur mobilen Authentifizierung (siehe Projektbeispiel) über die Zustandsbewertung von Euro-Geldscheinen bis hin zur 3D-Fluoreszenzmikroskopie für die Dermatologie. Die Verwendung von MEMS-Komponenten erlaubt den Aufbau extrem miniaturisierter Systeme. So kann die Analyse von Wechselwirkungen zwischen elektromagnetischer Strahlung und Materie in mobile Geräte integriert werden. Derartige photonische Prozesse umfassen beispielsweise Spektroskopien, Fluoreszenz- oder Raman-Messungen. Anwendungen sind in der Lebensmittelerzeugung, Biotechnologie, in der industriellen Messtechnik und im Recycling zu finden.

Im Jahr 2013 wurden die Aktivitäten zu kapazitiven mikromechanischen Ultraschallwandlern (CMUTs) weiterentwickelt (siehe Projektbeispiel). Diese, mit vorhandenen Technologiemodulen im Reinraum des Fraunhofer IPMS in verschiedensten Geometrien und Anordnungen herstellbaren Bauelemente versprechen ein strategisch interessantes Anwendungsspektrum in der Medizintechnik, der zerstörungsfreien Materialprüfung sowie der Prozesstechnik.

- ◀◀ MEMS with integrated diffraction grating, driving mechanism, position detection and optical slits.

Personal authentication through retina scanning. ▶



MOBILE AUTHENTIFIKATION MITTELS RETINA-SCANNING

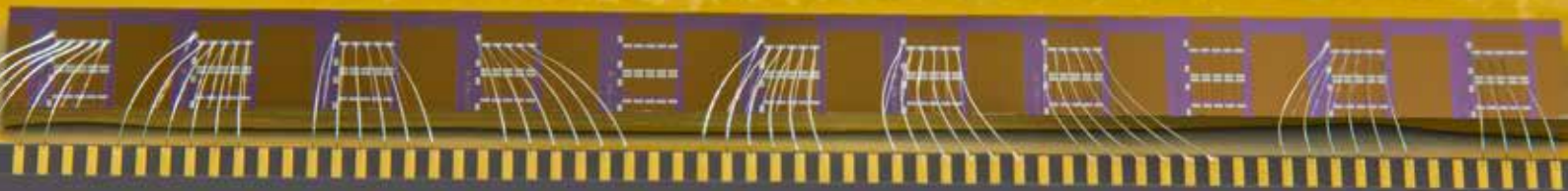
Gegenwärtig angewendete Authentifikationssysteme, wie zum Beispiel Passwörter oder Pin-Codes, sind nur begrenzt sicher, da sie verloren gehen, gestohlen, gefälscht oder ausspioniert werden können. Das Projekt »Mobile Authentifikation mittels Retina-Scanning (MARS)«, das am 1. Januar 2012 gestartet wurde, strebt an, die Sicherheit bei der Kontrolle von Zugangs- und Zugriffsberechtigungen durch ein innovatives mobiles Personenauthentifikationsverfahren zu erhöhen. Das Fraunhofer IPMS ist dabei für die Entwicklung der Hardware sowie eines Retina-Scanners verantwortlich und koordiniert das Verbundvorhaben, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird.

Das Projekt basiert auf der Idee, eine biometrische Verifikation des Benutzers auf der Basis eines Scans seiner Netzhaut in einem mobilen Endgerät für den Alltag nutzbar zu machen. Um dies zu ermöglichen, hat das Fraunhofer IPMS eine Scanning Engine entwickelt. Sie arbeitet mit infrarotem Laserlicht von 830 nm Wellenlänge und erreicht eine Detailauflösung von etwa 20 µm auf der Retina, so dass auch kleine Blutgefäße von ihrer Umgebung unterscheidbar sind. Dies erforderte die Entwicklung eines Okulars mit entsprechend hoher Abbildungsleistung unter Berücksichtigung der optischen Eigenschaften des Auges. Das Licht der Laserdioden wird hierfür zunächst geformt und kollimiert, bevor es über den MEMS-Spiegel durch das Okular ins Auge gelangt. Das von der Retina reflektierte, sehr schwache Licht wird dann auf einen hochempfindlichen Fotodetektor gelenkt.

MOBILE AUTHENTICATION WITH RETINA SCANNING

Presently used authentication systems, such as passwords or PIN codes for example, have only limited security, because they can be lost, stolen, forged or spied on. It is the goal of the project "Mobile Authentication with Retina Scanning (MARS)", which was started on January 1, 2012, to increase the control security of access and access rights with an innovative mobile personal authentication process. The Fraunhofer IPMS is responsible for the hardware as well as the development of a retina scanner and is coordinating the project which is subsidized by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) within the program "Research for Civil Security".

The project is founded upon the idea to make everyday use of a biometric user verification based upon a scan of his or her retina in a mobile device. For this, the Fraunhofer IPMS has designed a scanning engine which uses infrared laser light of 830 nm wavelength and allows about 20 µm resolution of details of the retina making also small blood vessels visible. This required the development of an ocular with appropriately high optical quality taking into consideration the optical properties of the human eye. Additional optical components are needed to form and collimate the laser beam before it is directed to the MEMS and deflected through the ocular into the eye. The weak amount of light reflected from the retina passes the ocular in reverse direction and is led onto a highly sensitive photo detector.



CAPACITIVE MICROMACHINED ULTRASONIC TRANSDUCERS (CMUT)

Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducers (CMUT) are MEMS based structures that can be used to generate and sense acoustic signals in the ultrasonic range. Interest on CMUTs is rising due to the quality of the acoustic signal they provide, ease of integration with CMOS and their ability to perform under conditions (high temperature, high pressure, etc.) where current ultrasonic transducers find difficulties to be reliable. In 2013 Fraunhofer IPMS has established a process that can deliver small series and pilot productions that enable the development of new customer specific sensor devices.

CMUTs are fabricated using microtechnology techniques, including surface micromachining and/or wafer bonding techniques. Therefore they can be made compatible to standard CMOS technologies, enabling monolithic integration of the MEMS with the CMOS. In addition, the use of CMUTs provides the means to be compatible with the RHoS regulations, avoiding the use of lead containing transducers. The final application defines the requirements for the operating frequencies, voltages, sensitivities, etc. A wide range of specifications can be met using CMUTs by selecting the appropriate materials, fabrication processes and design for the CMUT array. Hence, various applications in the fields of medical imaging, medical therapy (HIFU), sensors for harsh environments, gas sensors, flow meters or chemical sensors are possible.

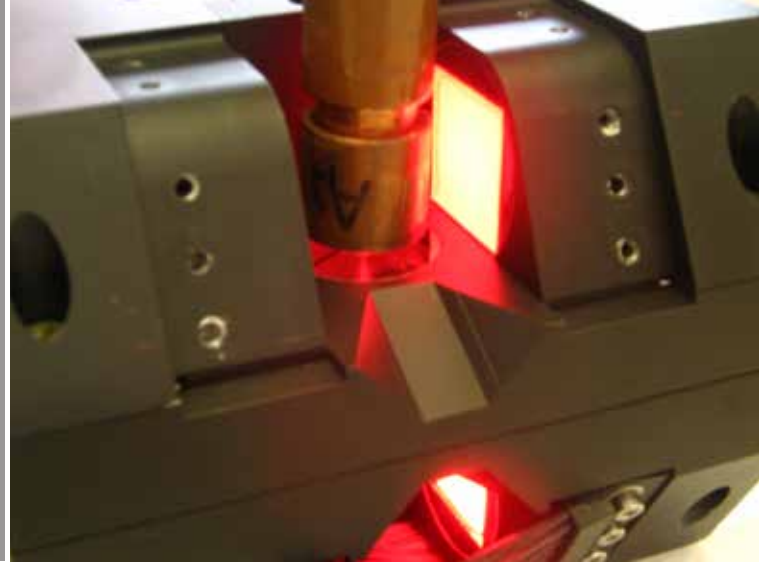
KAPAZITIVE MIKROMECHANISCHE ULTRASCHALLWANDLER (CMUT)

Kapazitive mikromechanische Ultraschallwandler (CMUTs) sind MEMS-basierte Strukturen, die zur Erzeugung und zum Empfang akustischer Signale im Ultraschallbereich eingesetzt werden können. Das Interesse an CMUTs nimmt Dank der Qualität der damit erzeugten akustischen Signale und der einfachen Integration mit CMOS stetig zu. Überdies ist auf CMUTs selbst bei hohen Temperaturen und Drücken Verlass – Bedingungen, mit denen herkömmliche Ultraschallwandler weniger gut zurecht kommen. Im Jahr 2013 hat das Fraunhofer IPMS ein Fertigungsverfahren für Pilotprodukte und kleine Serien entwickelt, mit dem neue kundenspezifische Sensoren entworfen werden können.

Zur Fertigung von CMUTs kommen spezielle Mikrotechnologien zum Einsatz, darunter oberflächenmikromechanische Verfahren und/oder Waferbondverfahren. CMUTs können daher an Standard-CMOS-Technologien angepasst werden, was eine monolithische Integration von MEMS auf CMOS ermöglicht. Außerdem sind CMUTs auch mit der RHoS-Richtlinie kompatibel, sodass auf bleihaltige Ultraschallwandler verzichtet werden kann. Die Anforderungen bezüglich Frequenz, Spannung, Empfindlichkeit usw. hängen vom endgültigen Anwendungszweck ab. Durch geeignete Materialien, Fertigungsverfahren und Konstruktionen für die CMUT-Arrays können verschiedenste Spezifikationen erfüllt werden, zum Beispiel für medizinische bildgebende Verfahren, therapeutische Anwendungen (HIFU), Sensoren für raue Umgebungen, Gassensoren, Durchflusssensoren oder chemische Sensoren.

◀ CMUT chip mounted on a carrier.

Optical system with one-sided welding electrode tip. ▶



OPTISCHER SENSOR STEIGERT EFFIZIENZ BEIM PUNKTSCHWEISSEN IN DER AUTOINDUSTRIE

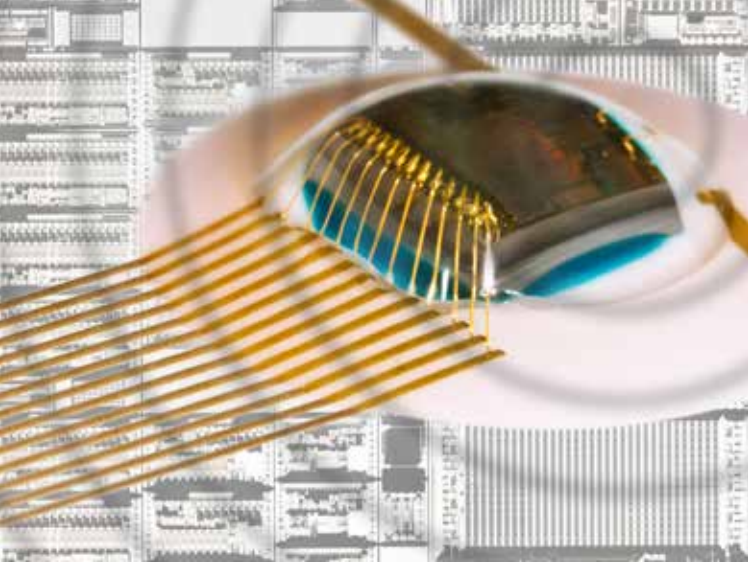
Zwei Jahre lang haben drei Forschungseinrichtungen und vier Industrieunternehmen im Rahmen des Europäischen Verbundforschungsprojektes »SmartDress« an der Entwicklung eines vollautomatischen Systems zur Überwachung, Optimierung und Nachbearbeitung von Elektrodenspitzen für Widerstandspunktschweißen in der Automobilindustrie gearbeitet. Das Fraunhofer IPMS steuerte dabei das optische Messsystem bei, mit dem die Abnutzung der Schweißelektroden schnell und exakt ermittelt werden kann. Dieses Wissen hilft, die Qualität der Schweißverbindungen abzusichern, Standzeiten der Elektrodenspitzen zu erhöhen und so das Punktschweißen auch für anspruchsvolle Werkstoffe wie Aluminium wirtschaftlich nutzen zu können.

Herzstück des Systems ist ein optischer Sensor, der den Zustand der Schweißelektrode erfasst und daraus Zeitpunkt und Ausmaß der erforderlichen Reinigung beziehungsweise mechanischen Nachbearbeitung berechnet. Das System erfasst beide Schweißelektroden gleichzeitig aus verschiedenen Perspektiven. Dazu wird eine durch Opalglas erzeugte diffuse monochrome LED-Beleuchtung eingesetzt. Das Licht wird über eine Spiegelanordnung und einen Strahlteiler zur Elektrode und von dort wieder zurück zum Fotodetektor geleitet. Beleuchtung und Bildaufnahme nutzen so dieselben optischen Komponenten. Ein im Rahmen des Projektes aufgebauter Prototyp basiert auf einem passiven Kamerasystem, das über eine USB-Schnittstelle von einem externen Computer gesteuert wird. Später soll die Steuerung in das Sensorsystem integriert werden. Erste Tests unter realen Produktionsbedingungen sind bereits für das Jahr 2014 geplant.

OPTICAL SENSOR INCREASES SPOT WELDING EFFICIENCY IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Three research institutes and four industrial companies have been working for two years within the framework of the »SmartDress« European joint research project on the development of a fully automated system for the monitoring, optimization and post processing of electrode tips for resistance spot welding in the automotive industry. Hereby, Fraunhofer IPMS provided the optical measuring system with which the wear on the welding electrodes can be measured rapidly and precisely. This knowledge helps to preserve the quality of welded joints, increase the life cycle of electrode tips and thereby make it possible to use spot welding economically even for sophisticated materials such as aluminum.

At the core of the system is an optical sensor which records the condition of the welding electrode and thereby calculates the time and extent of cleaning or mechanical post-processing required. The system monitors both welding electrodes simultaneously from different perspectives. It uses diffuse monochrome LED lighting generated by opal glass for this purpose. The light is sent to the electrode via a mirror arrangement and beam splitter and then back to the photo detector. Lighting and image recording thus use the same optical elements. A first prototype is based on a passive camera system which is controlled by an external computer via a USB interface. Later, the control is to be integrated into the sensor system. The first tests under live production conditions are scheduled to take place during 2014.



Prof. Dr. Wolf-Joachim Fischer

WIRELESS MICROSYSTEMS

The goal of the business unit is to develop complete systems, in which their components communicate with each other wirelessly. Alongside traditional systems based upon electromagnetic wave diffusion, optical and inductive transmission processes can also be applied. In the field of optical transmission, data transmission rates within the gigahertz range can be attained in the visible and infrared range. The emphasis of radio-based solutions (e.g. Bluetooth, ZigBee) is mid-distances of up to 100 meters. Self-developed transponder chips with integrated or external sensors cover the entire frequency range of 125 kHz to 2.45 GHz, and 24 GHz in the future.

The system development consists of hardware and software, including standardized data transmission protocols and the programming of algorithms for signal processing. Near-sensor software, implemented in portable microsystems, allows for a significant reduction of the measurement data to be transferred, which also leads to a significant reduction in energy consumption. In addition to battery-based solutions, the techniques of energy harvesting and inductive energy transmission (transponders) are also being further developed. Fields of application can be found in medical technology, sports and leisure, but especially in the application in remote medical systems for measuring and monitoring vital bodily functions, such as cardio-neural activity, pulse, temperature, blood pressure and respiration. Focal points are also intracorporal systems (implants), which are promising due to their miniaturization, ease of use and wireless communication. One further field is the development of optical nano-sensors for the detection of biological entities such as viruses, bacteria or DNA.

DRAHTLOSE MIKROSYSTEME

Ziel des Geschäftsfelds ist die Entwicklung kompletter Systeme, deren Komponenten drahtlos miteinander kommunizieren. Für die Übertragung kommen neben Technologien, die auf der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen basieren, induktive Übertragungsverfahren zur Anwendung. Im Bereich der optischen Kommunikation werden Datenübertragungsraten im sichtbaren und infraroten Spektrum bis in den Gigahertzbereich erreicht. Schwerpunkt bei funkbasierten Lösungen (Bluetooth, ZigBee) sind mittlere Entfernungen von bis zu 100 Metern. Transponderchips mit integrierten oder externen Sensoren stehen im Frequenzbereich von 125 kHz bis 2,45 GHz zur Verfügung und werden für 24 GHz entwickelt.

Die Systementwicklung umfasst Hard- und Software einschließlich standardisierter Datenübertragungsprotokolle und die Programmierung von Algorithmen zur Signalverarbeitung. Sensornähe, in portablen Mikrosystemen implementierte Software erlaubt eine erhebliche Reduktion der zu übertragenden Messdaten und Verringerung des Energieverbrauchs. Für die Energieversorgung werden neben Batterielösungen Verfahren des Energy Harvesting sowie die induktive Energieübertragung (Transponder) weiterentwickelt. Anwendungsfelder sind die Medizintechnik sowie der Sport- und Freizeitbereich, speziell telemedizinische Systeme zur Messung und Überwachung von vitalen Körperfunktionen wie Herz- und Gehirnaktivität, Puls, Temperatur, Blutdruck und Atmung. Im Fokus stehen außerdem intrakorporale Systeme (Implantate), die durch Miniaturisierung, einfache Bedienung und drahtlose Kommunikation überzeugen. Ein weiteres Arbeitsgebiet sind optische Nano-Sensoren, die für die Detektion biologischer Stoffe wie Viren, Bakterien oder DNA prädestiniert sind.

◀◀ RFID transponder tag.

24-hour ECG with external electrodes. ▶



MEDIZINZULASSUNG FÜR LANGZEIT-EKG-REKORDER

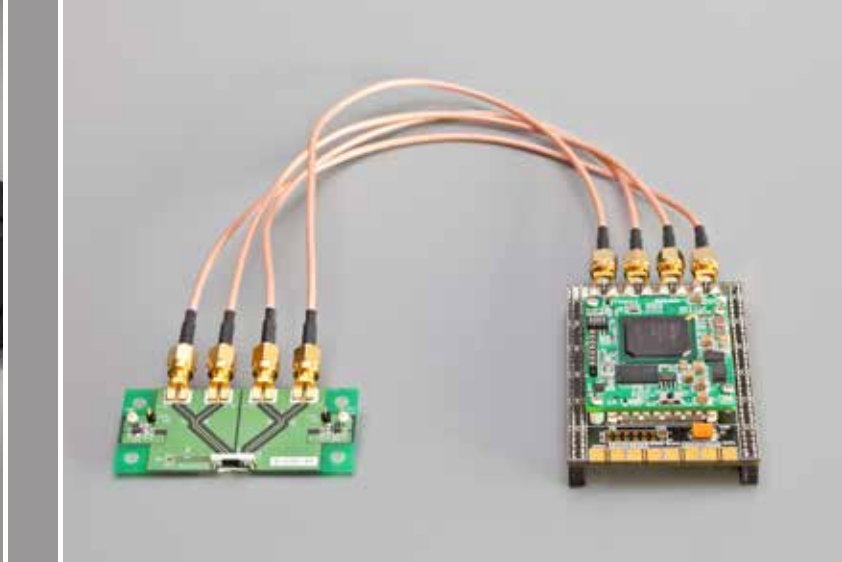
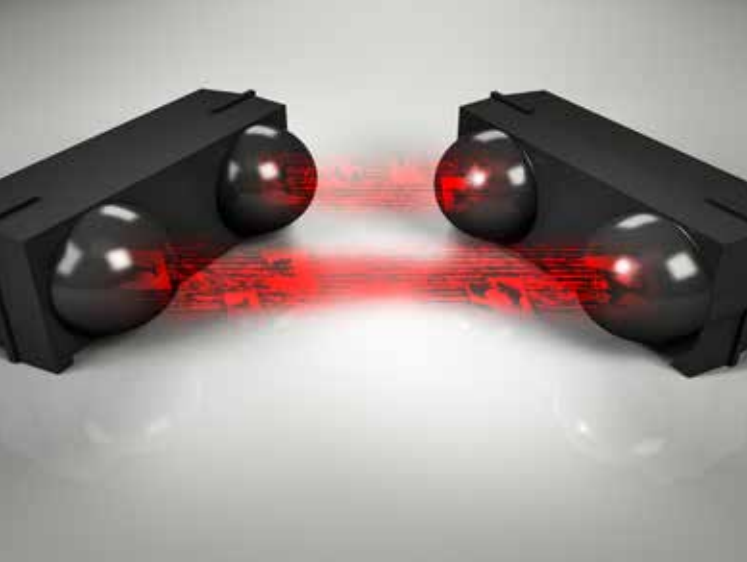
Da auftretende Beschwerden oder bestimmte Ereignisse – beispielsweise sportliche Aktivität – das Untersuchungsergebnis beeinflussen, leiten Ärzte Ruhe- oder auch Belastungs-EKGs bevorzugt unter kontrollierten Bedingungen ab. Im Falle von nur sporadisch auftretenden Krankheitssymptomen, zum Beispiel bei Herzrhythmusstörungen, die nicht zu jeder Zeit im EKG vorkommen, bei Erscheinungen, die unter speziellen Belastungen im Alltag auftreten oder bei Patienten, die nach einem stationären Aufenthalt möglichst schnell zurück nach Hause und dennoch abgesichert sein wollen, ist es allerdings notwendig, das Elektrokardiogramm kontinuierlich über 24 oder mehr Stunden zu erfassen. Genau für diese Anwendungsbereiche haben die Wissenschaftler des Fraunhofer IPMS einen 3-Kanal-EKG-Rekorder mit dem Namen »SmartVital« entwickelt.

SmartVital ist klein, leicht und einfach zu bedienen. Vor allem aber bietet das Gerät eine Echtzeit-Auswertung der EKG-Signale basierend auf verschiedene Methoden, wie die Rhythmusbewertung, die QRS-Klassifikation, die Analyse der Vorhofaktivität, ST-Streckenveränderungen (Ischämien) und die QT-Vermessung. Wird durch die Auswertesoftware eine Auffälligkeit im EKG erkannt, sendet der Recorder einen EKG-Ausschnitt über ein Gateway zum Arzt, der dann über die weiteren Schritte entscheidet. Der sonst übliche Besuch beim Arzt kann so entfallen. Die Qualität der Messdaten wird dabei zusätzlich erhöht, indem die Bewegung des Patienten und damit seine körperliche Aktivität während der Messung erfasst und ausgewertet wird. SmartVital, das dazu mit einem Bewegungssensor ausgestattet ist, ist seit 2013 medizinisch zugelassen.

MEDICAL LICENSE FOR LONG-TERM ECG RECORDER

Since complaints or certain events – for example sports – can affect the result of the examination, doctors prefer to read resting or exercise ECGs under controlled conditions. However, in the case of sporadic symptoms, for example cardiac arrhythmia, that are not always recorded in an ECG, or phenomena that occur under special conditions in daily life, or patients who want to return home as quickly as possible after a longer stay in hospital, but who still want to feel safe, the electrocardiogram has to be recorded continuously over 24 hours or longer. Scientists at the Fraunhofer IPMS have developed a 3-channel ECG recorder called "SmartVital" for precisely these fields of application.

SmartVital is small, light and easy to use. But above all, the devices offer a real-time analysis of the ECG signals based on various methods such as the rhythm analysis, QRS classification, an analysis of the auricular activity, changes in the ST segments (ischemiae) and QT measurement. If the evaluation software identifies an abnormality in the ECG, the recorder sends an ECG section via a gateway to the doctor, who can then decide on any further steps. This avoids a visit to the doctor that would otherwise be necessary. The quality of the readings is also increased by recording and analyzing the patient's movements and thus their physical activity during the measurement. SmartVital, which is equipped with a motion sensor for this purpose, was awarded a medical license in 2013.



OPTICAL WIRELESS DATA LINKS

Customer-specific solutions allow for the adapted integration of efficient wireless data links in various systems. In the year 2013 Fraunhofer IPMS developed adapted optical wireless communication modules. They support data rates of a few kilobit per second up to ten gigabit per second at short to medium ranges of coverage. This means that virtually any cable-bound interface can now be replaced with a robust optical-wireless data link.

An optical communications module was developed for the USB 3.0 interface. At five gigabits per second, this provides the same data speed and can also transfer energy wirelessly from a USB host to a USB device. In this way the complete USB 3.0 functionality can be mapped and a comprehensive wireless replacement can be provided. The optical wireless USB 3.0 communications module can be connected to any USB 3.0 host and device and operates independently of the USB host's operating system.

In addition, Fraunhofer IPMS has developed an Evaluation Kit which allows interested parties to evaluate the optical wireless technology. The Evaluation Kit consists of a circuit board with an FPGA in smart card form factor and can be combined with various transceivers. It is available immediately.

OPTISCH DRAHTLOSE DATENLINKS

Kundenspezifische Lösungen erlauben eine angepasste Integration von effizienten drahtlosen Datenlinks in verschiedenartige Systeme. Das Fraunhofer IPMS entwickelte im Jahr 2013 angepasste optisch drahtlose Kommunikationsmodule. Diese unterstützen Datenraten von wenigen Kilobit pro Sekunde bis zu 10 Gigabit pro Sekunde bei kurzen bis mittleren Reichweiten. Dadurch kann praktisch jedes kabelgebundene Interface durch einen robusten optisch-drahtlosen Datenlink ersetzt werden.

Für die USB 3.0 Schnittstelle wurde ein optisch drahtloses Kommunikationsmodul entwickelt. Dieses bietet mit fünf Gigabit pro Sekunde die gleiche Datenrate und kann zusätzlich Energie drahtlos von einem USB Host zu einem USB Device übertragen. Somit kann die komplette USB 3.0 Funktionalität abgebildet und ein umfassender drahtloser Ersatz bereitgestellt werden. Das optisch drahtlose USB 3.0 Kommunikationsmodul kann mit jedem USB 3.0 Host und Device verbunden werden und arbeitet unabhängig vom Betriebssystem des USB-Hosts.

Zusätzlich hat das Fraunhofer IPMS ein Evaluation Kit entwickelt, welches es Interessenten ermöglicht, die optisch drahtlose Technologie zu evaluieren. Das Evaluation Kit besteht aus einer Platine im SmartCard-Format mit einem FPGA und kann mit verschiedenen Transceivern kombiniert werden. Es ist ab sofort verfügbar.

- ◀◀ Transceiver for diverse data rates and ranges of coverage.
- ◀ Multi-Gigabit Evaluation Kit with FPGA based protocol controller and transceiver.

Wired model of a running shoe with built-in sensors. ▶



NEUER HIGHTECH-SCHUH SOLL LAUFTRAINING REVOLUTIONIEREN

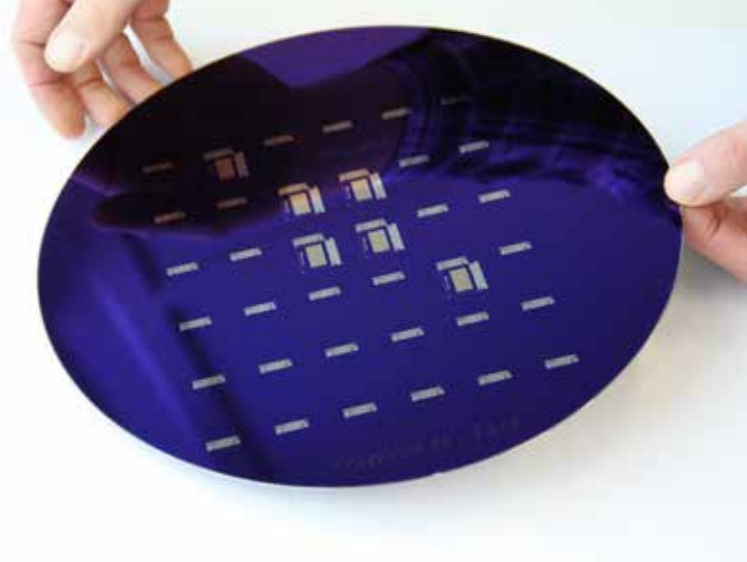
Im Rahmen des 2013 abgeschlossenen EU-Projekts »RUNSAFER« (Grant Agreement No. 285800) haben Forscher des Fraunhofer IPMS gemeinsam mit sechs weiteren Partnern einen Laufschuh-Prototyp entwickelt, der das Lauftraining maßgeblich verbessern soll. Im Gegensatz zu handelsüblichen Laufmessgeräten ist das System imstande, die Lauftechnik anhand biomechanischer Variablen zu charakterisieren und dem Läufer dazu bereits während des Trainings Echtzeit-Empfehlungen zu geben. So können Laufverletzungen frühzeitig vermieden werden.

Der neu entwickelte Laufschuh nutzt ein Mikrosystem des Fraunhofer IPMS für die Messung und Bewertung der Lauftechnik. Die Messwerte werden drahtlos zum Mobiltelefon des Läufers übertragen, wo eine entsprechende Applikation in Echtzeit Feedback zur aktuellen Trainingsleistung gibt. Außerdem schlägt die App dem Läufer Änderungen im Bewegungsmuster vor, um so einer einseitigen Belastung und daraus resultierenden Verletzungen vorzubeugen. Bereits während des Trainings werden die Messdaten auf ein Web-Portal zur Nachbearbeitung und weiteren Auswertung übertragen. Darauf basierend können Trainingsverbesserungen nachverfolgt und personalisierte Trainingspläne erstellt werden. Neben der Entwicklung des Mikrosystems war das Fraunhofer IPMS auch für die Energieversorgung des Schuhs und die drahtlose Übertragung der Messdaten verantwortlich.

NEW HIGH-TECH SHOE TO REVOLUTIONIZE RUNNING TRAINING

As part of the "RUNSAFER" EU project (Grant Agreement No. 285800) completed in 2013 researchers of the Fraunhofer IPMS have developed a prototype running shoe that would significantly improve running training. Compared with other commercially available running monitors, this system will be capable of characterizing a person's running technique based on biomechanical variables and will provide runners with real-time recommendations during their training workout. In this way running injuries can be avoided at an early stage.

The new running shoe uses a micro-electronic system developed by the Fraunhofer IPMS to analyze the running technique. The data is transmitted wirelessly to the runner's mobile phone, where a corresponding app provides feedback on current training performance in real-time. In addition, the app also suggests modifications to the runner's motion pattern, preventing unbalanced exertion levels and resulting injuries. The measured values are transmitted to a web-based portal for post-processing and further analysis during the actual training session. Improvements to training techniques can be followed up based on this analysis and personalized training plans created. The Fraunhofer IPMS was responsible both for the development of the micro-system as well as for the energy supply to the shoe and wireless transmission of the data.



Dr. Romy Liske

CENTER NANOELECTRONIC TECHNOLOGIES CNT

The business unit "Center Nanoelectronic Technologies" deals with the certification of processes and materials on 300 mm wafers. More than 40 tools and an own clean room (class 1000) are available for the integration of customer processes and sub-nanometer characterization. CNT's process modules are divided into three groups.

In its "NanoStrukturierung" group, CNT has a process module for flexible maskless production and analysis of micro and nano structures. In addition, there are various non-destructive metrology processes, scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM) and further specialized analysis options.

The "High-k Devices" working group develops technologies for the integration of high-k materials into microchips and offers the entire value-adding chain from chemical precursors, material screening, process development, reliability testing right through to pilot production. There is a particular focus on atomic layer deposition (ALD).

The "Interconnects" group focuses on the future-oriented areas of metallization and miniaturization in the wiring of capacitors. Extensive know-how in process development and the use of copper for semiconductors are available here. In addition, intensive research is being carried out on new technologies such as the integration of functionalities.

CENTER NANOELECTRONIC TECHNOLOGIES CNT

Das Geschäftsfeld »Center Nanoelectronic Technologies« beschäftigt sich mit der Qualifizierung von Prozessen und Materialien auf 300 mm Wafern. Dabei stehen für die Integration von Kundenprozessen und der Sub-Nanometer-Charakterisierung mehr als 40 Tools sowie ein eigener Reinraum (Klasse 1000) nach dem Industriestandard zur Verfügung. Die Prozessmodule des CNT werden dabei in drei Gruppen unterschieden.

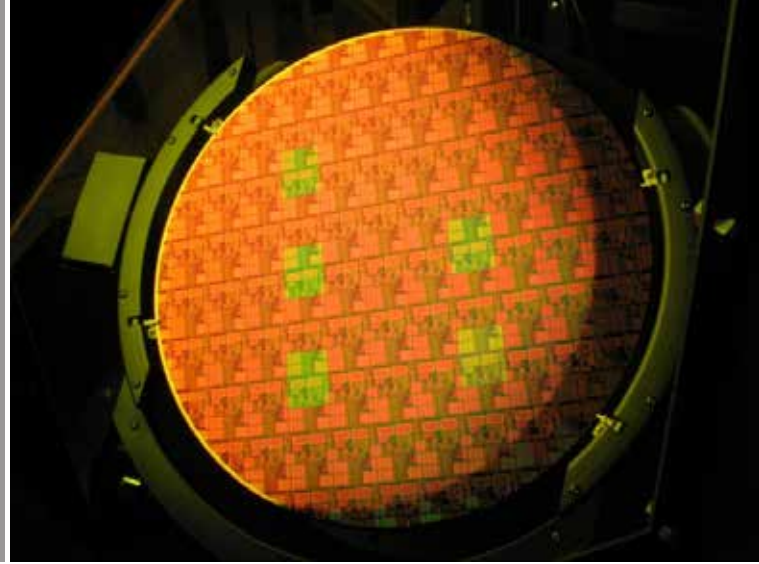
In der Arbeitsgruppe »NanoStrukturierung« verfügt das CNT über ein Prozessmodul zur flexiblen, maskenlosen Herstellung und Analyse von Mikro- und Nanostrukturen. Hinzu kommen verschiedene zerstörungsfreie Metrologieverfahren sowie Rasterelektronenmikroskopie (REM), Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) und weitere spezielle Analysemöglichkeiten.

Die Arbeitsgruppe »High-k Devices« entwickelt Technologien zur Integration von high-k Materialien in Mikrochips und bietet von chemischen Präkursoren über Materialscreening, Prozessentwicklung, Zuverlässigkeitsprüfung bis hin zur Pilotproduktion die gesamte Wertschöpfungskette an. Ein Schwerpunkt bildet dabei die Atomlagenabscheidung (ALD).

Der Bereich »Interconnects« fokussiert sich auf die zukunftsweisende Metallisierung und Miniaturisierung im Bereich der Verdrahtung von Kondensatoren. Umfangreiches Know-how in der Prozessentwicklung und Implementierung von Kupfer für Halbleiter stehen hier zur Verfügung. Darüber hinaus wird intensiv an neuen Technologien, wie der Integration von Funktionalitäten, geforscht.

◀◀ 300 mm wafer with test chips.

Nanopatterning of complete chips for 300 mm CMOS integration (in cooperation with GLOBALFOUNDRIES). ▶



NANOSTRUKTURIERUNG AM CNT

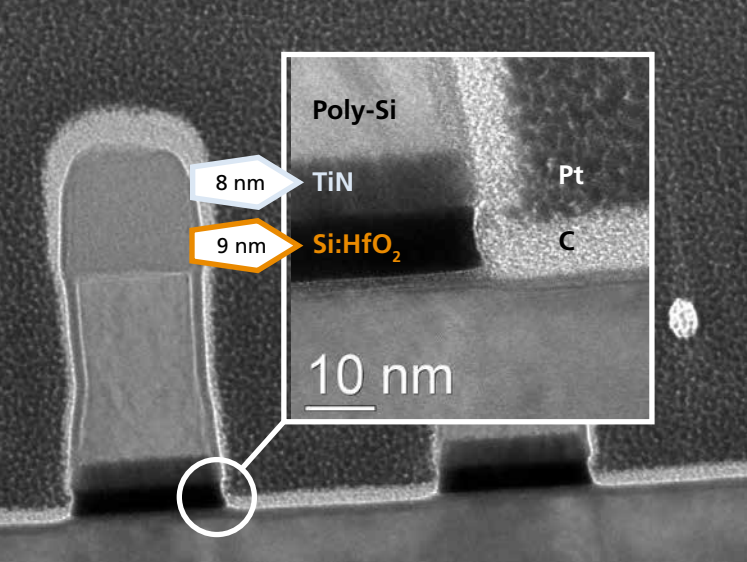
Der E-Beam Cluster wurde im Jahr 2013 unter anderem für die Herstellung von Demonstratoren, Prototypen und Kleinserien genutzt, deren Fertigung über gängige optische (Masken-) Belichtung zu komplex bzw. wirtschaftlich nicht tragfähig ist. Dabei wurden eine Reihe von Entwicklungsprojekten mit Kunden zur Bereitstellung von anwendungsspezifischen Kalibrierstrukturen und MEMS/NEMS in Silizium-Substraten realisiert. Ein weiterer Schwerpunkt ist die Bereitstellung von speziellen Replikationsmastern für die Nanoimprint Lithografie. Neben der Nutzung in externen Industrieprojekten wurde der Cluster intern auch für vielfältige, flexible Strukturierungen der Bereiche Interconnects (BEoL) und High-k Devices (FEoL) eingesetzt.

In Zusammenarbeit mit dem Projektpartner ASELTANanographics konnte die Kompetenz »E-Beam DataPrep und Proximity Effekt Korrektur« maßgeblich erweitert werden. Ziel ist die Entwicklung und Verifizierung einer leistungsfähigen Software zur Datenaufbereitung und Belichtung von komplexen Kunden-Layouts. Der Fokus liegt dabei auf Präzision und Reduzierung der E-Beam-Schreibzeit, sowohl für die Wafer-Direktbelichtung als auch für die Maskenfertigung. Im Projekt »IRRESISTIBLE« wurden in Zusammenarbeit mit der Firma Bubbles&Beyond wichtige Grundlagen für die Anwendung von phasenfluidbasierten Reinigern in der Mikroelektronikfertigung erarbeitet. Es konnte gezeigt werden, dass diese neue Reinigungstechnologie in der Lage ist, eine breite Palette an gebräuchlichen Fotolacken von Wafern zu entfernen.

NANOPATTERNING AT CNT

The e-beam cluster was used in 2013, among other things, to produce demonstrators, prototypes and small series, whose production using conventional optical (mask) exposure is too complex or economically inefficient respectively. Here, a range of development projects with customers for the provision of application-specific calibration structures and MEMS/NEMS in silicon substrates was realized. A further main area is the provision of special replication masters for nanoimprint lithography. In addition to use in external industrial projects, the cluster was also used internally for a variety of flexible patternings by the Interconnects (BEoL) and High-k Devices (FEoL) divisions.

The competence, "E-Beam DataPrep and Proximity Effect Correction" was significantly extended in cooperation with the project partner, ASELTANanographics. The aim is to develop and verify efficient software for the data preparation and exposure of complex customer layouts. Here, the focus lies on precision and reduction of the e-beam writing time both for direct exposure on wafers as well as for mask production. In the project "IRRESISTIBLE" important fundamentals were established for the use of phase fluid based cleaners in microelectronics production in cooperation with the company, Bubbles&Beyond. It was shown that this new cleaning technology is able to remove a wide range of commonly used photoresists from wafers.



- ◀ TEM micrographs of a ferroelectric HfO₂-based 1T ferroelectric random access memory manufactured at the 28 nm technology module.

Cobalt liner integrated in dual damascene flow. ▶

INNOVATIVE ALD MATERIALS AND TOOLS FOR HIGH DENSITY 3D INTEGRATED CAPACITORS

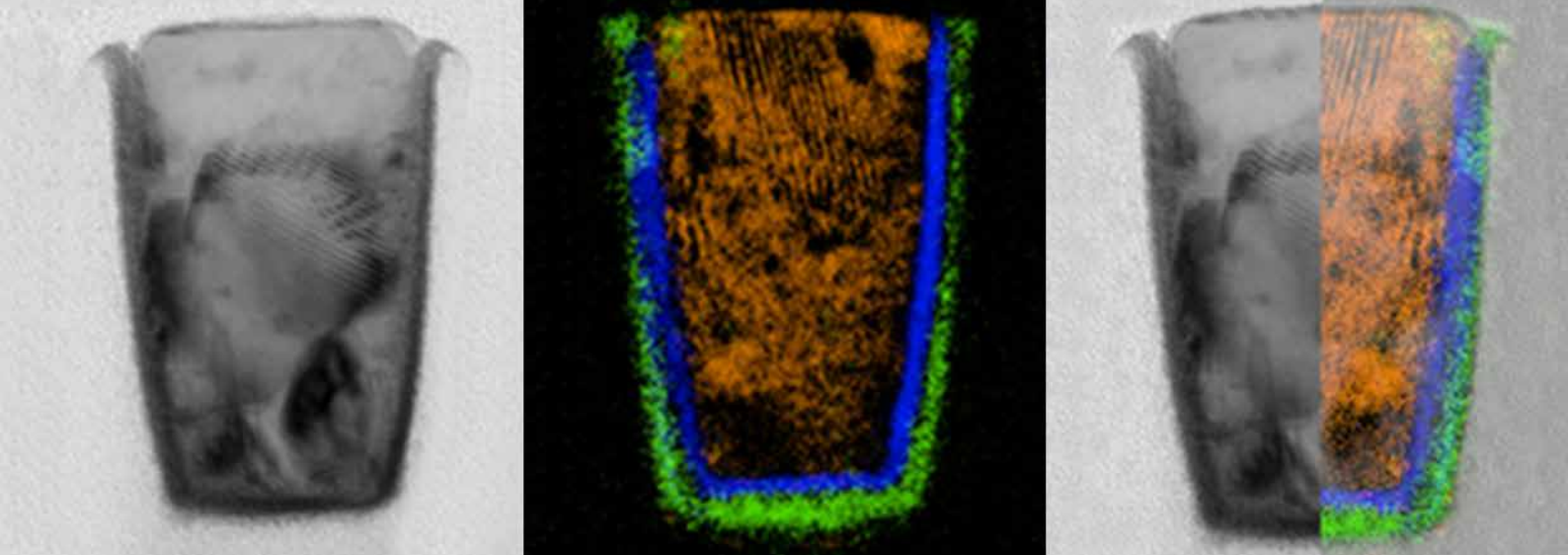
The rapid development of applications based on smart and miniaturized sensors in aerospace, medical, lighting and automotive domains has increasingly linked requirements of electronic modules to higher integration levels and miniaturization to increase functionality and complexity within a single package. At the same time, reliability and robustness are required to ensure long operation and placement of the sensors as close as possible to the "hottest" areas for efficient monitoring. For these applications, passive components are no longer commodities. Capacitors are indeed key components in electronic modules, and high capacitance density is required to optimize – among other performance requirements – power supply and high decoupling capabilities. Dramatically improved capacitance density also is required because of package shrink.

The recently started EU-funded project "PICS" is designed to develop a disruptive technology for integrated passive devices that results in a new world record for integrated capacitor densities (over 500 nF/mm²) combined with higher breakdown voltages. The key enabling technology chosen to bridge the technological gap is atomic layer deposition (ALD) that allows an impressive quality of dielectric. The PICS project consortium will address all related technological challenges and setup a cost-effective industrial solution. Fraunhofer IPMS-CNT will develop ALD tools and processes adapted to IPDiA's 3D trench capacitors. In addition, Fraunhofer IPMS-CNT is providing a new solution to more accurately etch high-K dielectric materials. Project website: <http://www.fp7-pics.eu>.

INNOVATIVE ALD-MATERIALIEN FÜR INTEGRIERTE 3D-KONDENSATOREN MIT HOHER DICHT E

Die schnelle Entwicklung von Anwendungen in den Bereichen Luft- und Raumfahrt, Medizin, Beleuchtung und Automotive, welche auf intelligenten, miniaturisierten Sensoren basieren, erfordern im zunehmenden Maße höhere Integrationsgrade, um mehr Funktionalität und Komplexität innerhalb eines einzelnen Chips zu realisieren. Gleichzeitig müssen die Sensoren zuverlässig und robust sein, um eine lange Lebensdauer zu ermöglichen und um sie für eine effiziente Überwachung so nah wie möglich an die »heißesten« Stellen zu bringen. Für diese Anwendung lassen sich als passive Komponenten keine Standardprodukte mehr verwenden, da Kondensatoren heutzutage spezialisierte Schlüsselkomponenten in elektronischen Modulen sind. Für die Optimierung von Stromversorgung und der Bauelementkopplung werden insbesondere hohe Kapazitätsdichten benötigt, die wiederum Voraussetzung für die Chipminiaturisierung sind.

Im Rahmen des vor kurzem gestarteten EU-Projekts »PICS« soll eine zukunftsweisende Technologie für integrierte passive Bauelemente entwickelt werden. Neben höheren Durchbruchspannungen soll ein neuer Weltrekord für integrierte Kapazitätsdichten aufgestellt werden (über 500 nF/mm²). Als Schlüsseltechnologie dient die Atomlagenabscheidung (Atomic Layer Deposition, ALD), mit der eine herausragende Qualität des Dielektrikums erzielt werden kann. Im Rahmen des Projekts entwickelt das Fraunhofer IPMS-CNT für die 3D-Grabenkondensatoren von IPDiA maßgeschneiderte ALD-Prozesse sowie ein verbessertes Ätzverfahren von high-K-Dielektrika. Website des Projekts: <http://www.fp7-pics.eu>.



KOBALT ALS ALTERNATIVES MATERIAL

Aufgrund seines niedrigen spezifischen Widerstands und einer hinreichenden Elektro- und Stressmigrationsbeständigkeit bleibt Kupfer für moderne Metallisierungstechnologien das Material der Wahl. Kupfer benötigt allerdings eine wirksame Barrierschicht, damit es weder in das Dielektrikum eindringt noch oxidiert. Da integrierte Schaltkreise immer kleiner werden, steigen die Anforderungen an diese Barrierschichten.

Die üblicherweise verwendeten Barriere/Haftvermittler im Back-End-of-Line sind Ta/TaN-Schichten. Diese Materialien weisen aber trotz ihrer ausgezeichneten Barriereigenschaften in Bezug auf ihr Abscheidungsverfahren einige Einschränkungen auf. Bei kleiner werdenden Strukturgrößen genügt das herkömmliche Abscheidungsverfahren mittels PVD nicht mehr den strengen Anforderungen hinsichtlich Kantenbedeckung und Konformität. Außerdem kann die nachfolgende Kupferabscheidung nicht direkt auf der Ta-Schicht durchgeführt werden, so dass eine zusätzliche Keimschicht benötigt wird.

Um diese Herausforderungen zu adressieren liegt ein Schwerpunkt der Interconnects Gruppe auf der Entwicklung von neuen Barrierematerialien welche eine dünne, konforme Abscheidung mit guter Kantenbedeckung ermöglichen. Eine vielversprechende Alternative zum konventionell benutzten Tantal ist Kobalt mit einem niedrigeren elektrischen Widerstand und einer höheren thermischen Leitfähigkeit. Zusätzlich kann die nachfolgende Kupferabscheidung direkt auf der Oberfläche erfolgen. Ein hochkonformer Kobalt-CVD-Prozess konnte entwickelt, und die vollständige Integration, einschließlich einer direkten Abscheidung von Kupfer sowie einer abschließenden Planarisierung mittels CMP nachgewiesen werden.

COBALT AS ALTERNATIVE MATERIAL

The state-of-the-art material for leading edge interconnect technology remains copper due to its low specific resistivity and sufficient electro- and stress migration. However copper needs an efficient barrier to prevent it from diffusion into the interlayer dielectric and to prevent it from oxidation. As the size of modern integrated circuits continues to shrink the requirements on these barriers for the further usage of copper are steadily increasing.

The typical barrier/adhesion promoter used in the back-end-of-line is a Ta/TaN film stack. Despite its excellent barrier properties, this material combination has also some limitations regarding its deposition method. By lowering the critical dimension of the interconnect features this deposition technique fails to comply with the stringent step coverage requirements. Furthermore the following copper plating cannot be conducted direct on the Ta layer which makes an additional seed layer necessary.

To overcome these problems one focus of the CNT Interconnects group is on the development of new barrier materials, which allow a thin and conformal deposition with good sidewall coverage. One promising alternative to the conventional Tantalum liners is Cobalt. On the one hand it has a much lower electrical resistivity and a higher thermal conductivity. On the other hand the metallization process benefits from the fact that the Cu plating can be done directly on its surface. A high conformal cobalt CVD process was developed. Additionally, the complete integration including successful copper plating directly on the cobalt layer and a planarization process could be demonstrated.

MEMS TECHNOLOGIES DRESDEN

MEMS TECHNOLOGIES DRESDEN





Dr. Christian Kunath

ENGINEERING

Fraunhofer IPMS offers its customers comprehensive services for the development of micro-electro-mechanical systems (MEMS) and micro-opto-electro-mechanical systems (MOEMS) on 150 mm wafers. These services range from technology feasibility studies to process development, from a single fabrication process all the way to complete fabrication processes including in-line process monitoring, post-process electrical characterization, and full process and device qualification. If desired, we will drive a process and device development through to pilot production in our own facility, or transfer the technology to another facility designated by the customer. Besides the development and production of complete MEMS technologies, we provide foundry services for individual process steps as well as technology modules.

We are able to offer these comprehensive services because of our deep technological expertise in the fields of surface and bulk micromachining. In addition, we have considerable experience combining these MEMS technologies with more conventional CMOS device and process technology. Our know-how in integrating MEMS and CMOS is used for the development of monolithic systems, where sensors and/or actuators are manufactured, together with the control electronics, in a single fabrication process. All unit processes, technology modules, and complete process technologies are developed by our highly experienced team of 34 engineers, physicists, and chemists. Likewise, our team also provides support for the clean room and clean room equipment, and pilot production technologies (including process and yield optimization activities).

TECHNOLOGIEENTWICKLUNG

Das Fraunhofer IPMS bietet seinen Kunden den kompletten Service für die Entwicklung von Mikro-Elektro-Mechanischen Systemen (MEMS) und Mikro-Opto-Elektro-Mechanischen Systemen (MOEMS) auf 150 mm Wafern. Diese Leistung reicht von technologischen Machbarkeitsuntersuchungen, Einzelprozessentwicklungen bis hin zur Entwicklung von kompletten Fertigungsabläufen, einschließlich Inline-Monitoring und elektrischer Charakterisierung und Qualifikation. Auf Kundenwunsch übernehmen wir nach der erfolgreichen Entwicklung die Pilot-Fertigung oder unterstützen einen Technologietransfer. Neben der Entwicklung und Fertigung von kompletten MEMS-Technologien stellen wir Foundry-Services für einzelne Prozessschritte oder Technologiemodule zur Verfügung.

Grundlage für dieses Angebot sind unsere umfangreichen technologischen Kompetenzen auf dem Gebiet der Oberflächen- und Volumenmikromechanik. Die Kombination dieser Technologien mit dem vorhandenen CMOS-Know-how wird für die Entwicklung von monolithisch integrierten Systemen genutzt, bei denen Sensoren oder Aktoren gemeinsam mit der Ansteuer-elektronik in einem Waferprozess hergestellt werden. Unser aus 34 Ingenieuren, Physikern und Chemikern bestehendes Engineering-Team entwickelt Einzelprozesse, Technologiemodule und komplette Technologien zur Herstellung von MEMS, das heißt Sensoren und Aktoren. Die technologische Betreuung der Reinraum-anlagen und der Technologie der Pilotfertigung, die unter anderem Prozess- und Ausbeuteoptimierung einschließt, wird ebenfalls durch das Engineering-Team gewährleistet.

Capabilities

Service	Details	Specific application
Deposition, Diffusion, Oxidation		
PE-CVD	Undoped and doped SiO ₂ (phosphorous, boron)	
	Undoped and doped a-Si:H (phosphorous, boron)	
	Silicon nitride	Passivation, membranes
LP-CVD	Poly-silicon	Trench fill, sacrificial layer
	Silicon oxide, oxinitride	Isolator, membranes
	Silicon nitride, low stress silicon nitride (200 MPa)	Dielectrical layer, membranes, masking layer
PVD Sputtering	Al, AlSiCu, Ti, TiN	Interconnections
	Ta, Ta ₂ O ₅ , HfO ₂	Chemical Sensors, dielectrical barriers and layers
	Al, TiAl, Al-Alloys	Mirror, hinges
	SiO ₂ , Al ₂ O ₃	Optical coatings, barriers
	a-Si	Sacrificial layer
Evaporation	Al, SiO ₂ , Al ₂ O ₃	
Oxidation	Thermal, SiO ₂	
Etching		
Dry Etch	Metal etch	Al / Al alloys
	Dielectrics & polysilicon etch	SiO ₂ , Si ₃ N ₄ , PolySi, a-Si
	Deep silicon etch (Bosch process)	Fine deep trenches with high aspect ratio up to 25:1 (e.g. isolation trenches, free movable Si structures) Deep holes in silicon (e.g. sliced membranes)
	Release techniques (SiO ₂ , a-Si)	Surface micromachining (sticking free release of micro-structures) with high selectivity to Al / Al alloys
Wet Etch	Silicon oxide (NH ₄ F-buffered HF)	
	Silicon nitride (phosphoric acid)	
	Aluminum (phosphoric & acetic acid)	
	Anisotropic Si etch (TMAH, KOH)	Grooves, membranes
	RCA clean	
Bonding & Dicing		
Anodic and Adhesive Wafer Bonding	Glass (Pyrex, Borofloat)-silicon compound	Pressure Sensors
Wafer Dicing	Dicing of glass-silicon-compound	
Metrology & Inspection		
Film Thickness Measurement		
Scanning Electron Microscope		
Atomic Force Microscope		
Ellipsometer		
X-Ray Diffractometer		
White Light Interferometer		
Lithography		
Spin Coating	Resists, polyimide, BCB	Sacrificial layer, passivation, patterning
Spray Coating		Lithography in deep structures
Nano Imprinting		
Nikon Stepper Technology	iLine (365 nm), 1:5 projection technique	
Double-side Mask Aligner	Contact, proximity	Front & back side wafer preparation
Lift-off Technology		
Surface and stack planarization		
CMP	Si, SiO ₂ , polymers	



Thomas Zarbock

CLEAN ROOM & PILOT PRODUCTION

Our 15,000 square foot clean room stands at your service for all your technology development requirements, as well as for pilot production. Commissioned and online beginning in September 2007, our MEMS and CMOS facility is rated at Class 4 per ISO 14644-1, or Class 10 per U.S. Standard 209E. The clean room has been planned and built according to the latest industry standards. Its open and flexible architecture allows Fraunhofer IPMS to respond rapidly to future technological developments and innovations in fab equipment. Its networked safety and security systems provide the highest level of protection for people and the environment. Using this facility as a foundation, Fraunhofer IPMS is able to realize the widest range of customers' wishes: from analysis of initial ideas, to disciplined and successful de-bugging of processes, to full, high-yield pilot production. A wide variety of cooperation models between our customers and IPMS are possible: from complete R&D; through direct use of our infrastructure engineering; to foundry services for individual process steps, full process modules, or complete pilot production projects.

Our Fabrication Department provides internal services for R&D and pilot production projects within Fraunhofer IPMS. This group is responsible for operation of the clean room. It cooperates closely with the technologists and process engineers from our Engineering Department, in order to transform blank silicon wafers, into complete, ready-for-sale MEMS and MOEMS devices, either stand-alone, or integrated monolithically with CMOS circuits. The services offered by the Fabrication Department include: wafer processing; characterization and testing; assembly and interconnection technology; and, coordination of external (third-party) services and supplier services.

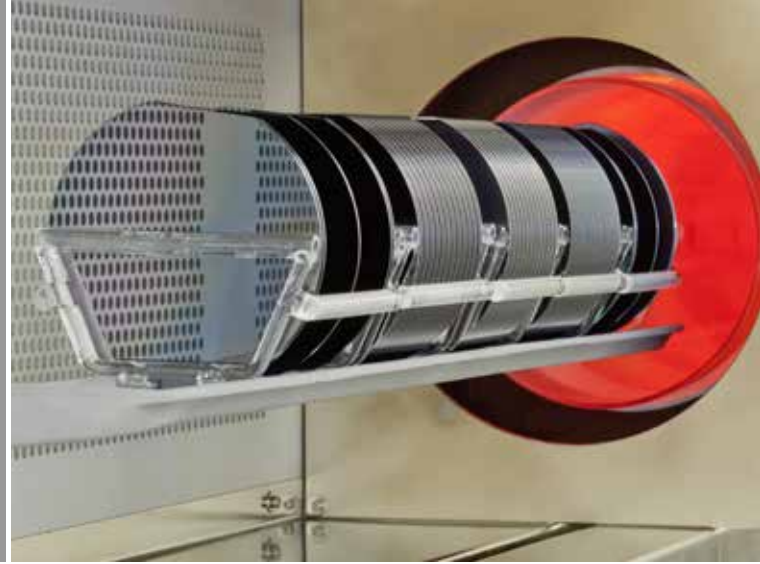
REINRAUM & PILOTFERTIGUNG

Mit der Inbetriebnahme des MEMS-Reinraums der Klasse 4 nach ISO 14644-1 (Klasse 10 nach US-Standard 209E) im September 2007 ist es dem Fraunhofer IPMS möglich, von der Idee über die Lösungsfindung bis hin zur Pilotfertigung den Wünschen unserer Kunden gerecht zu werden. Dabei sind wir für vielfältigste Kooperationsmodelle offen, angefangen von der kompletten Forschung und Entwicklung über die Nutzung unserer Infrastruktur und Anlagentechnik durch unsere Auftraggeber bis hin zu Foundry-Dienstleistungen für einzelne Prozessschritte bzw. komplette Technologien oder auch Pilotfertigungsprojekte. Dafür stehen auf 1500 m² Anlagen für die Technologieentwicklung sowie Pilotfertigung innovativer Mikrosysteme zur Verfügung. Der Reinraum wurde nach modernsten Industriestandards geplant und errichtet. Das offene Konzept erlaubt Planungen, die auch künftigen technologischen Entwicklungen und Maschinengenerationen gerecht werden. Seine vernetzten Sicherheitssysteme ermöglichen ein Höchstmaß an Schutz für Menschen und Umwelt.

Die Abteilung Fabrication ist interner Dienstleister für FuE- sowie Pilotfertigungsprojekte des Instituts. Als Betreiber des Reinraumes realisieren wir in enger Zusammenarbeit mit den Technologen und Prozess-Ingenieuren der Abteilung Engineering die Präparation von MEMS/MOEMS. Beginnend mit dem unbearbeiteten Siliziumwafer werden vorgegebene Mikrosysteme und/oder CMOS-Schaltungen bis hin zum auslieferungsfähigen Bauelement gefertigt und getestet. Das Leistungsangebot der Abteilung umfasst die Waferprozessierung, Charakterisierung & Test, Aufbau- und Verbindungstechnik sowie die Organisation von externen Dienst- und Zulieferleistungen. Zur Absicherung einer effizienten Präparation vom Wafer über den Chip bis

◀◀ Equipment monitoring.

Quartz carrier with 150 mm silicon wafers prior to high temperature processing. ▶



zum System zeichnet unser aus 45 Operatoren, Meistern, Technikern und Ingenieuren bestehendes Team in den folgenden Gruppen verantwortlich:

- Operating im Dreischichtbetrieb im Rahmen eines 5-Tage × 24h Regimes
- Instandhaltung für Wartung und Reparatur
- Fertigungsplanung und -steuerung für eine durchgehend termingerechte Abarbeitung
- Prozesssteuerung zur Sicherstellung stabiler Prozesse und Reinraumbedingungen.

Innerhalb der Gruppe »Charakterisierung & Test« erfolgt die herausfordernde Überprüfung der Kombination elektrischer und nichtelektrischer Eigenschaften der hergestellten mikromechanisch-optischen Systeme. Dadurch ist es möglich, Sensoren, Aktoren, digitale und analoge Schaltungskomponenten final zu bewerten, bevor die Systeme an die Kunden übergeben werden. Neben den klassischen elektrischen Testverfahren kommen nichtelektrische, vor allem optische Mess- und Stimulierungsverfahren zum Einsatz. In enger Abstimmung mit dem Auftraggeber erfolgen Planung, Testprogrammentwicklung und Testdurchführung. Die Einbindung von Spezialgeräten wie z. B.: Laservibrometern, Spektrometern, Interferometern oder Farbmesskameras erlaubt die kombinierte elektrische und mechanisch/optische Charakterisierung dieser Mikrosysteme. Die elektrische Ansteuerung erfolgt dabei mit Mixed-Signal-Testsystemen, die eine komfortable Programmerstellung, eine große Flexibilität und hohe Testabdeckung ermöglichen.

Die qualitätsgerechte Realisierung unseres High-Mix/Low-Volume-Ansatzes sichern wir durch ein PPS-integriertes Qualitätsmanagement (ISO 9001) inklusive Prozessüberwachung und aktiver Durchlaufzeit-Steuerung für eine hohe Liefertreue.

To achieve commercial-grade results from chip to integrated system, our Fabrication team of 45 operators, supervisors, technicians and engineers is organized into the following areas of responsibility:

- Operations: 5 × 24 operations (three shifts)
- Maintenance and repair
- Production planning and control: to achieve on-time delivery
- Process control: to ensure stable processes and consistent clean room conditions

Our "Characterization & Testing" group performs all facets of measurement and evaluation of electrical and non-electrical properties of devices produced by our facility. Their responsibilities include the challenging examination of complex MOEMS systems. They measure final performance, quality and yield of sensors, actuators, and digital and analog circuits, prior to delivery to our customers. Both classical electrical test methods and non-electrical methods are used, especially optical measurements and stimulation methods. The CAT group coordinates closely with our clients to create test protocols appropriate to the devices and processes under development. Integration of special equipment such as laser vibrometers, spectrometers, interferometers and colorimeters facilitates combined electrical and mechanical/optical characterization of micro-systems. Electrical actuation is carried out using mixed-signal test systems which are easy to program and have great flexibility and coverage.

The management of quality in our multi-process/low-volume fab environment is essential, and performed according to strict PPS integrated quality management (ISO 9001), ensuring both tight cycle-time and process control, leading to high reliability and on-time delivery.

Equipment

Lithography	Stepper	NSR-2205i 14E2 Nikon
	Mask Aligner	MA 150 BSA SUSS
	Nano Imprinting Stepper	NPS 300 SET
	Coater / Dev-I-line	SK-80BW-AVP DNS
	Spin Coater (Polyimide, BCB)	Gamma 80 Spin Coater SUSS
	Spray Coater (High topology)	Gamma 80 Alta Spray Coater SUSS
	Spray Coater (High topology)	EV101 EVG
	UV-Stabilizer	Fusion 200 PCU Polo Axcelis
	Deposition	PE-CVD / SA-CVD (USG, PSG, BPSG, Silicon nitride, a-Si:h)
LP-CVD (Poly-Si, SR nitride, TEOS, Oxynitride)		E1550 HAT 320-4 Centroterm
ALD – atomic layer deposition (Al ₂ O ₃)		P-300 Picosun
PVD Sputtering (Al, TiAl, SiO ₂ , Al ₂ O ₃ , a-Si, HfO ₂)		CS400 Von Ardenne
PVD Sputtering (Al, AlSiCu, Ti, TiN)		Sigma 204 Aviza
PVD Sputtering (Ta, Ta ₂ O ₅ , HfO ₂)		Alcatel 610 Alcatel
Evaporation (Al, SiO ₂)		PLS 570 Balzers
Furnaces		Horizontal Furnace Anneal
	Horizontal Furnace Oxide	Inotherm
	Horizontal Furnace POCl ₃ Doping	Inotherm
	Horizontal Furnace Reflow	Inotherm
	RTA	Heatpuls 8108 Metron
Dry Etch	Etch (Oxide, Nitride, Poly-Si, Deep Si)	Omega fxP Aviza
	Etch (Al alloys)	TCP 9600 LAM
	Etch (Deep Si)	Omega i2L Aviza
	Resist Strip	BobCat 208S Axcelis
	Resist Strip	Plasma System 300 PVA Tepla
	Resist Strip (on-strip)	Type1 Matrix
Wet Etch and Cleaning	Wet Etch (Silicon oxide, Silicon nitride, Al)	Ramgraber
	Wet Etch (Anisotropic Si: TMAH, KOH)	Ramgraber
	Wet Strip	Solvent Spray Tool Semitool
	Wafer Cleaning	Ramgraber
	Cleaning Processor (High velocity spray, Scrubber)	3300ML SSEC
	Nanospray, Brush, Bevel Brush	SS-80BW-AVR DNS
	Chemical Mechanical Polishing (CMP)	CMP (Silicon oxide, Polyimide, a-Si)
CMP (Silicon oxide, Poly-Si, a-Si)		nTrepid Strasbaugh
Scrubber		DSS 200 On Track LAM
Vapor Etch for MEMS Release	Si Vapor Etch (XeF ₂)	X-SYS-3B:6 Xactix
	SiO ₂ Vapor Etch (HF)	MEMS-CET system Primaxx
Analysis / Metrology	Film Thickness Measurement System	NanoSpec 9100 and 8000 X Nanometrics
	Defect Inspection	Compass Pro Applied Materials
	Defect Classification (optical review)	INS3000 Leica
	Surface Profiler	P16+ KLA-Tencor
	Scanning Electron Microscope	JSM-6700F Jeol
	Atomic Force Microscope	Nanoscope D3100 Veeco
	Ellipsometer	VB-400 Woollam
	X-Ray Diffractometer	D5000 Siemens
	Surfscan Particle Inspection Analyzer	Surfscan 4500/6220 KLA-Tencor
	Scanning Near-field Microscope SNOM	MV4000 Nanonics
	FTIR Microspectroscopy System	FTIR6700+Continuum ThermoFischer
	Tunable Diode Laser System	TLB6200 NewFocus
	White-light Interferometer	NT8000 Wyko Veeco
	White-light Interferometer	NT1100, NT9800, NT2000 Veeco

Equipment (cont.)

Analysis / Metrology (cont.)	White-light Interferometer	NV7300 Zygo
	Surface Scan	µScan Nanofocus
	Vibrometer	MSV 300 Polytec
	Twymen-Green Interferometer	µPhase Fisba
Packaging	Wafer Saw	DAD 651 Disco
	Bonder (Anodic and adhesive bonding)	SB6e SUSS
	Bond Aligner	BA6 SUSS
	Dispenser	Schiller
Wafer handling & logistics	Wafer Marking	WMIII Innolas
	Wafer Sorter	CTS 2015 SPS

Capabilities Test and Characterization

Technology	Equipment	Properties
Mixed signal testing	M3670 Advantest/EG4090µ+	96 digital pins, 24 analog pins, 8 voltage supply pins, 2 × 80 V/20 A supply, various digitizers & generators, wafer size 4", 5", 6", 8"; temperature: -40 ... +125°C
	M3650 Advantest/EG4090µ	72 digital pins, 32 analog pins, 51 V/5 A supply, various digitizers & generators, wafer size 4", 5", 6", 8"; temperature: -40 ... +125°C
Parametric test system	HP4062 Agilent/EG4090µ	48 channels, wafer size 4", 5", 6", 8"; temperature: -40 ... +125°C
	S530 (basic) Keithley/EG4090µ+	Matrix up to 72 channels, wafer size 6 ... 8", temperature: -40 ... +125°C
Electro-optical test system for micro displays and sensors	Color measurement system LMK98-4, F1600C Pike camera, spectrometer USB4000/PA300 Suss Microtech	Color & luminance measurements, DUT images up to 16 MPix wafer size up to 12"; capabilities for bare dies or modules, temperature: -40 ... +125°C
Sensor actor test system for micro mirrors	AP200 Suss Microtech, changeable chuck-addons for MEMS probing	Wafer size 6", temperature: 15 ... 125°C, SMU, laser light barriers, frequency counter, switch matrix, up to 72 channels
Optical inspection	PA200 Suss Microtech	Manual or fully automated image processing
Non-electrical test	Pressure burst test system	Up to 5 channels; pressure ≤ 200 bar
	pH sensor tester IPMS	Up to 20 channels, configurable set points
	Thermal calibration ESPEC	-45°C ... 145°C @ (14 deg/min) rH controlled
	Shock and vibration LDS, Endevco	300 N sine; up to 5000 g pulse
CV analysis	LF and HF CV	Oxide thickness; flat band voltage; effective oxide charge; average bulk dop.; threshold voltage; Debye length; interface trap density
	HF-Ct	Relaxation time; minority carrier lifetime; surface scan velocity
	TVS; CV BTS	Mobile ions concentration (Na, K, ...); oxide thickness
Characterization of insulator integrity and reliability	E_{ramp} and E_{const} (TDDB)	Breakdown field; Weibull plot; time/charge to breakdown
	J_{ramp} ; J_{const}	Time/charge to breakdown; breakdown voltage; Weibull plot

CENTER NANOELECTRONIC TECHNOLOGIES

**CENTER
NANOELECTRONIC
TECHNOLOGIES**





Roger Michael Wolf

SERVICES

The business unit CNT has its own infrastructure for process and material development on 300 mm wafers in its branch at Königsbrücker Straße. The working environment complies with industrial standards and permits customers a contamination-free input and output of wafers. Developments and new processes can be integrated into customer processing sequences (up to 28 nm) rapidly and without risk in order to save production costs and time.

CNT's range of services extends from technology development and electrical characterization to reliability testing, evaluation of equipment right through to comprehensive nanoanalytics. More than 30 experienced scientists work on new materials, processes and nanoelectronics components to find optimal solutions for customers. Local proximity to production lines and close cooperation with industrial partners make CNT an ideal cooperation partner.

More than 40 processing and analysis tools are available for processing customer orders on 800 m² of clean room space (ISO 14644-1 class 6) and 200 m² of laboratory space. The equipment includes deposition and etching systems as well as inspection and analysis tools to determine defects and measure layer properties.

LEISTUNGEN

Das Geschäftsfeld CNT verfügt über eine eigene Infrastruktur für die Prozess- und Materialentwicklung auf 300 mm Wafer in der Außenstelle Königsbrücker Straße. Die Arbeitsumgebung entspricht dem Industriestandard und ermöglicht Kunden eine kontaminationsfreie Ein- und Ausbringung von Wafern. Entwicklungen und neue Prozesse können risikolos und schnell in die Prozessabläufe (bis zu 28 nm) der Auftraggeber integriert werden, um Herstellungskosten und Zeit zu sparen.

Die Leistungsbandbreite der CNT-Services reicht von Technologieentwicklung, elektrischer Charakterisierung über Zuverlässigkeitsprüfung, Evaluation von Equipment bis hin zur umfangreichen Nanoanalytik. Mehr als 30 erfahrene Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler arbeiten an neuen Materialien, Prozessen und nanoelektronischen Komponenten, um optimale Lösungen für die Kunden zu finden. Die lokale Nähe zu den Fertigungslinien und die enge Zusammenarbeit mit Industriepartnern machen das CNT dabei zu einem idealen Kooperationspartner.

Zur Bearbeitung der Kundenaufträge stehen auf 800 m² Reinraumfläche (Klasse 6 nach ISO 14644-1) und 200 m² Laborfläche über 40 Prozessierungs- und Analytiktools zur Verfügung. Der Anlagenpark umfasst unter anderem Abscheide- und Ätzanlagen sowie Inspektions- und Analysegeräte zum Bestimmen von Defekten und dem Messen von Schichteigenschaften.

Equipment

Lithography	Variable Shaped E-Beam	SB3050DW 50KV Direct Write Vistec
	Resist Track	CLEANTRACK ACT12 TEL
	Coater	CEE1100FX HotPlate Brewer Science
	Hotplate	100FX SpinCoater Brewer Science
	Developer	200FX Developer Brewer Science
	CD-SEM	VERITY 4i Applied Materials
Etch	Centura AP	Centura Applied Materials
	Ultra Low-k	Centura Applied Materials
Furnace	Rapid Thermal Annealing	Helios XP Mattson
	ALD, CVD	A412 large batch furnace ASM
	Single Wafer ALD	Polygon 8300 with Pulsar 3000 ASM
	Single Wafer ALD	ALD 300 FHR
	Advanced High-k ALD	Eureka 3000 Jusung
	Cu Anneal	TEL Formula Tokyo Electron
Wet Clean / Plating	Rapid Thermal Processing System	Solaris 75
	Wet Bench	DNS FC3000 DNS
	Digestorium Sink	Digestorium Sink
Deposition	Advanced via clean	Raider SP Semitool
	Copper Polisher	Reflexion LK Applied Materials
	Slurry System	6 different mobile slurry modules Stangl
	Barrier/Seed	Endura2 PVD System Applied Materials
Analytics (Laboratory Equipment)	Electro Plating	Raider ECD/Cu Plating Semitool
	Atom Probe	LEAP 3000X Si, voltage and laser excitation Imago
	TEM	Tecnai 200 kV, STEM, EDX, EELS, EFTEM, ELNES FEI
	FIB	Strata 400, Dualbeam, Omniprobe, STEM mode FEI
	XRD/XRR	D8 Discover Bruker AXS
	NanoRaman	Mikroskop Soliton
	TXRF	Picofox Bruker AXS
	Ellipsometer/Porosimeter	EP5 Sopralab
Prober	Multi Pocket E-Beam	Evaporator/Deposition tool Omicron
	Semi-automatic Prober for 300 mm wafers	Süss Microtec
Metrology (clean room)	Automatic Prober for 300 mm wafers	TEL
	Spectral Ellipsometer	FX100 KLA Tencor
	3D-AFM	X3D Veeco
	Surfscan	SP2 KLA Tencor
	Inspection Microscope	INS 3300 Vistec
	CD-SEM	VERITY 4i Applied Materials
	Review SEM + FIB	SEM Vision G3 Applied Materials
	Resistivity & thickness map	RS-100 KLA Tencor
	Planarity mapper	HRP340 KLA Tencor
	XRD	HR, video system, micro focus X-ray tube Bede
	ToF-SIMS	300R, Cs, O, Bi, 200 eV - 10 kV IonTof
AR-XPS	Theta300i, clustered to deposition tool ThermoFisher	
XPS	VeraFlex Revera	

Capabilities

Analytics		
	Transmission Electron Microscopy (TEM) + EDX & EELS	FEoL/BEoL
	Focused Ion Beam (FIB)	FEoL/BEoL
	Scanning Electron Microscopy	FEoL/BEoL
	Atom Probe Tomography (APT)	FEoL/BEoL
	Total Reflection X-ray Fluorescence (TXRF)	FEoL/BEoL
	X-ray Diffraction (XRD)/X-ray Reflectometry (XRR)	FEoL/BEoL
	Raman Spectroscopy	FEoL
	Fourier Transformed Infrared Spectroscopy (FTIR)	FEoL
	Ellipsometry/Porosimetry	BEoL
Thin Film / Metallization		
ALD Oxide	ALD Oxide SiO ₂ , Liner, Spacer, Dopant	FEoL
	ALD High-k Al ₂ O ₃ , ZrO ₂ , HfO ₂ , TiO ₂ , Laminates	FEoL
	ALD High-k SrO, SrTiO _x , Laminates, Capacitor Dielectric, HKMG	FEoL
ALD Metal	ALD Metal Nitride TiN, Electrode, Metal Gate, Barrier	FEoL
	ALD Metal Nitride TaN, Electrode, Metal Gate, Barrier	FEoL
	ALD Metal NiNx, Electrode, Barrier, Seed	FEoL
CVD	CVD Metal Nitride TiN	FEoL
	CVD Semiconductor a-Si, poly-Si	FEoL
	Epitaxy Semiconductor SiGe (≤25 at. % Ge)	FEoL
	CVD Metal Co, Barrier	BEoL
PVD	PVD Metal Nitride TaN, Barrier	BEoL
	PVD Metal Ta, Barrier	BEoL
	PVD Metal Cu, seed	BEoL
Electroplating	Electroplating: Cu, Dual Damascene	BEoL
	Electroplating: Cu, Bumps/Pillars	BEoL
	Electroplating: Screening on Coupons	BEoL
	Clean: Cu, Bevel Etch	BEoL
CMP	CMP: Metal, Cu, Dual Damascene	BEoL
	CMP: Barrier Materials, Ta, TaN, Dual Damascene	BEoL
	CMP: Dielectrics, SiO ₂ , Low-k, Si ₃ N ₄ , Dual Damascene, ILD CMP	BEoL
Other	SoG Oxide SiO ₂ , Hardmask, Fill, Resist	FEoL/BEoL
Metrology / Process Control		
	Review SEM	FEoL/BEoL
	CD SEM	FEoL/BEoL
	Optical Microscopy	FEoL/BEoL
	3D-Atomic Force Microscopy (AFM)	FEoL/BEoL
	Profilometry	FEoL/BEoL
	X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS)	FEoL/BEoL
	X-ray Diffraction (XRD)/X-ray Reflectometry (XRR)	FEoL/BEoL
	Spectroscopic Ellipsometry (SE)	FEoL/BEoL
	SP2 Particle Analysis	FEoL/BEoL
	Sheet resistance measurements (RS)	FEoL
Plasma Etch		
	Hardmask: Hardmask Open & CD Trimming for SiO ₂ , Si ₃ N ₄ , BARC, SiON, DLC, Dielectric, CCP	FEoL/BEoL
	High-k Functional Stacks: Al ₂ O ₃ , AlSiO _x , AlTiO _x , ZrO ₂ , ZrSiO _x , ZrAlO _x , HfO ₂ , HfSiO _x , HfAlO _x , HfZrO _x , TiO ₂ , and combination as well as laminates of these materials, high-k, ICP, hot chuck	FEoL
	Deep Si etch: a-Si, c-Si, poly-Si, semiconductor, CCP	FEoL
	Contact electrodes: W, WSi, TiN, TiSiN, TaN, TaCN, a-Si, poly-Si, Al; Metal/Metal Nitride; CCP	FEoL
Wet Etch / Clean		
	Standard RCA Clean: SC1 (Hot/Cold), SC2, DHF	FEoL
	Piranha Clean (resist strip, post etch clean): SPM, SOM, SOPM	FEoL
	Oxide Etch: DHF	FEoL
	Amorphous Si Etch: NH ₂ OH	FEoL

Capabilities (cont.)

	Standard single wafer cleaning: all kinds of acids, bases or water based cleaner, all BEoL materials, capsule chamber	FEoL
	Backside single wafer cleaning: all kinds of acids, bases or water based cleaner, all BEoL materials, backside clean chamber	FEoL
	Repair and surface treatment: all kinds of solvents or other chemical, all BEoL materials	BEoL
Anneal		
Furnace	N ₂ , NH ₃ , Cl ₂ , NF ₃ , O ₂	FEoL
	N ₂ , H ₂ , Ar	BEoL
RTP	Soak anneal: all FEoL incl. High-k, Metal silicides, dopant activation	FEoL
	Spike anneal: all FEoL incl. High-k, Metal silicides, dopant activation	FEoL
	Oxidation (O ₂ ,N ₂ O) and Nitridation (NH ₃)	FEoL
E-Beam Lithography		
	E-Beam Direct Write Lithography (>30 nm Lines & Contacts)	FEoL/BEoL
	Resist Coating & Development (p&nCAR Processes, 30 nm - 1 μm Film Thickness)	FEoL/BEoL
	Top Coat/Bottom Coat Processing	FEoL/BEoL
	Special Resist & Material Processing (non-CAR, non-CMOS)	FEoL/BEoL
Electrical Characterization / Reliability		Applications
Probing	Fully automated probing from minus 55°C to 200°C, low noise	Electrical characterization, PCM, reliability of wafers & full lots
	Semi-automated probing from minus 10°C to 200°C, low noise	Electrical characterization, failure analysis, micro-probing, RF-probing, hot-spot analysis
Electrical Characterization & Reliability	Semiconductor device characterization	Transfer & output characteristics of transistors, low noise leakage measurements on passive devices
	LCR metering	Capacitance-voltage characteristics of active/passive devices
	RF-Parameter measurements	Extraction of S-parameters
	Process control monitoring (PCM)	Electrical parameter measurements of wafers/lots
	High-k/low-k material characterization with a fast dot-mask process loop (MIS & MIM)	Material & ALD-process characterization and optimization
	Charge pumping investigation	Analysis of trap density
	Random telegraph noise (RTN) characterization	Understanding of V _{th} fluctuation
	TDDB analysis	Device reliability
	BTI analysis	Device reliability
Non-Volatile Memories (NVM)	Characterization & reliability analysis of stand-alone, embedded flash product as well as memory test arrays and single memory cells. Supporting wafer-level and packaged device	Emerging and standard memory technologies (charge-trap, floating-gate, PCM, Fe-RAM,RRAM)
	Optimization & characterization of memory operation parameters and interface with DDR capability sequences using analog/mixed signal sequencer up to 36 V and digital	Memory performance and reliability optimization
	Program/erase characteristics	Memory performance and reliability optimization
	Disturb analysis (program, erase & read disturb)	Memory performance and reliability optimization
	NVM reliability (cycle endurance, retention)	Memory performance and reliability optimization
	Special NVM & select device characterization (coupling, random telegraph noise, short channel effects)	Memory performance and reliability optimization
	Electrical memory failure analysis	Failure analysis
Software Environment, Test Definition, Data Processing		
	PCM setup readiness within one day: Automated test execution based on versatile test-specification interface	All characterization & reliability measurement tasks
	Central test execution and data collection: Networking of entire test equipment	Flexibility of tests. Generation of high statistic. Short setup time
	Customized data interface	Fast and versatile customization of data formats
	Flexible and fast data-processing support. Automated data compression and report generation	Tables & plots with electrical parameters & characteristics, statistical analysis & Wafer maps

HÖHEPUNKTE

HIGHLIGHTS





◀ Prof. Dr. Harald Schenk.

Prof. Dr. Klaus-Dieter Lang (Fraunhofer IZM, Director), Prof. Dr. Frank Schönefeld (Silicon Saxony), Prof. Dr. Hubert Lakner (Fraunhofer VμE), Prof. Dr. Johanna Wanka (Federal Minister of Education and Research), Michael Kretschmer (Member of the German Parliament, CDU), Prof. Dr. Sabine von Schorlemer (Saxon State Minister of Science and Art), Prof. Dr. Gerhard Fettweis (Dresden Technical University), Hartmut Fiedler (Saxon State Secretary for Economic Affairs, Labour and Transport) – from the left to the right. ▶

PROF. DR. HARALD SCHENK IS APPOINTED SECOND DIRECTOR OF THE INSTITUTE

The Board of Directors of the Fraunhofer-Gesellschaft has appointed Prof. Dr. Harald Schenk second Director of Fraunhofer IPMS with effect from September 1, 2013. Prof. Schenk had occupied the position of deputy Head of the Institute since 2004.

Harald Schenk graduated in physics from the Julius-Maximilians-Universität Würzburg in 1996 and completed his doctorate in electronics at the Gerhard-Mercator-Universität Duisburg four years later. His dissertation was awarded with the NRW VDE doctorate prize. Working initially as a scientific employee and later as group leader and business unit manager, he still works at Fraunhofer IPMS. In 2006, Prof. Schenk co-founded the company HiperScan, which deals with the development and sales of MEMS based spectral analysis systems. In 2008 he gained his professorship in physics at the Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg and was appointed Professor of "Micro and Nanosystems". There he is also Head of the Fraunhofer project group, "MESYS". Prof. Schenk is author and co-author of more than 22 journal articles and over 139 conference articles as well as over 24 patents both granted and published. He is a member of the program committee of several conferences and of the steering committee of the MOEMS-MEMS symposium. From 2011 to 2013 he was the chairman of this symposium and from 2007 to 2012 the chairman of the SPIE conference "MOEMS and Miniaturized Systems". He has worked for many years as associate publisher of the periodical, "Journal for Micro/Nanolithography, MEMS and MOEMS". He is a member of SPIE and VDE/VDI.

PROF. DR. HARALD SCHENK WIRD ZWEITER INSTITUTSLEITER

Der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft hat Prof. Dr. Harald Schenk mit Wirkung zum 1. September 2013 zum zweiten Leiter des Fraunhofer IPMS berufen. Prof. Schenk hatte seit 2004 die Position des stellvertretenden Institutsleiters inne.

Harald Schenk diplomierte 1996 an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg in Physik, vier Jahre später promovierte er in Elektrotechnik an der Gerhard-Mercator-Universität Duisburg. Seine Dissertation wurde mit dem VDE-Promotionspreis NRW ausgezeichnet. Zunächst als wissenschaftlicher Mitarbeiter, später als Gruppenleiter und Geschäftsfeldleiter arbeitet er bis heute am Fraunhofer IPMS. Im Jahr 2006 hat Prof. Schenk die Firma HiperScan mitgegründet, welche sich mit der Entwicklung und dem Vertrieb von MEMS-basierten spektralen Analysesystemen beschäftigt. 2008 habilitierte er an der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus - Senftenberg auf dem Gebiet der Physik und wurde 2012 zum Professor für »Mikro- und Nanosysteme« ernannt. Dort leitet er auch in Personalunion die Fraunhofer-Projektgruppe »MESYS«. Prof. Schenk ist Autor und Co-Autor von mehr als 22 Journal- und 139 Konferenzbeiträgen sowie mehr als 24 erteilten bzw. angemeldeten Patenten. Er ist Mitglied der Programmkomitees mehrerer Konferenzen und Mitglied des Steering Committees des MOEMS-MEMS Symposiums. Von 2011 bis 2013 war er Vorsitzender dieses Symposiums und von 2007 bis 2012 Vorsitzender der SPIE-Konferenz »MOEMS and Miniaturized Systems«. Für die Zeitschrift »Journal for Micro/Nanolithography, MEMS and MOEMS« arbeitet er seit vielen Jahren als assoziierter Herausgeber. Er ist Mitglied bei SPIE und dem VDE/VDI.



INSTITUTSLEITUNG UNTERSTÜTZT POLITIK BEI DER WEITERENTWICKLUNG DER MIKROELEKTRONIK

Am 8. Juli 2013 traf sich die Bundesministerin für Bildung und Forschung, Prof. Johanna Wanka, am Fraunhofer IZM-ASSID mit der Sächsischen Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst, Prof. Sabine von Schorlemer sowie Vertretern der Sächsischen Landesregierung, der Technischen Universität Dresden, Silicon Saxony und der Fraunhofer-Gesellschaft. Im Fokus der Gespräche stand die weitere Entwicklung und Förderung der Mikroelektronik in Deutschland und Sachsen. Prof. Dr. Hubert Lakner vertritt die Fraunhofer-Gesellschaft als Vorsitzender des Fraunhofer-Verbundes Mikroelektronik.

Auch auf europäischer Ebene arbeitete die Institutsleitung an der weiteren Gestaltung der Rahmenbedingungen für die Mikroelektronik. Prof. Dr. Hubert Lakner wurde von EU-Kommissarin Nellie Kroes in die Electronics Leaders Group (ELG) berufen. Das Team aus 13 hochrangigen Vertretern aus Industrie und Forschung erarbeitete eine Strategie, wie sich die europäische Halbleiterindustrie im globalen Wettbewerb behaupten und verlorene Marktanteile zurückgewinnen kann. Das Konzept fokussiert auf traditionell starke Absatzmärkte wie Automobilindustrie, Energie, industrielle Automatisierung und Sicherheit, die Erschließung neuer Gebiete wie das »Internet der Dinge«, intelligente Produkte und Dienste der Zukunft (z.B. Smart-Home-Systeme, Smart-Grids) sowie die Wiederherstellung einer starken Präsenz im Bereich der Mobilfunk- und Drahtloskommunikation. Daraus abgeleitete Maßnahmen werden auch Einfluss auf die Ausgestaltung der in Gründung befindlichen Joint Technology Initiative ECSEL haben, über die bis 2020 ein wesentlicher Teil der europäischen Förderung der Mikroelektronik erfolgen wird.

FRAUNHOFER IPMS SUPPORTS THE POLICY OF FURTHER DEVELOPMENT IN MICROELECTRONICS

On July 8, 2013 the German Federal Minister for Education and Research, Prof. Johanna Wanka, held a meeting at Fraunhofer IZM-ASSID with Saxony's Minister for Science and Art, Prof. Sabine von Schorlemer, further representatives of Saxony's state government, Dresden Technical University, Silicon Saxony and the Fraunhofer-Gesellschaft. Discussions focused on the further development and funding of microelectronics in Germany and Saxony. Prof. Dr. Hubert Lakner represented the Fraunhofer-Gesellschaft as Chairman of the Fraunhofer Group Microelectronics.

The institute management has also been working on the further development of the framework conditions for microelectronics at the European level. Prof. Dr. Hubert Lakner was appointed to the Electronics Leaders Group (ELG) by the EU Commissioner, Neelie Kroes. The team of high ranking representatives from industry and research developed a strategy by which the European semiconductor industry can hold its own in global competition and recover lost market share. This concept focuses on traditionally strong sales markets such as the automotive industry, energy, industrial automation and safety, the development of new fields such as the "internet of things", intelligent products and services of the future (e.g. smart-home systems and smart grids) and the restoration of a strong presence in the mobile and wireless telecommunications sectors. Measures derived from these will also have an influence on the organization of the Joint Technology Initiative ECSEL which is currently being founded and which will receive a significant portion of the European subsidy for microelectronics.



FRAUNHOFER GROUP MICROELECTRONICS INITIATES INC9 NANOTECHNOLOGY CONGRESS

Within the scope of the "International Nanotechnology Conference on Communication and Cooperation INC9", that was initiated by the Fraunhofer Group for Microelectronics, 150 scientists as well as decision-makers from industry and politics from more than 15 countries discussed the opportunities and challenges of nanotechnology in Berlin.

The focus was on an exchange of experience in nanoelectronics and their fields of use. The experts from Europe, Japan and the USA also reported on research cooperations in nanoelectronics and related fields of nanotechnologies. Other topics that came in for intensive discussion included the potential contribution of nanoelectronics to energy-efficient and environment-friendly products as well as the question of nanophotonics as a possible key technology in the field of optical communication. Prof. Dr. Hubert Lakner, executive director of the Fraunhofer IPMS and chairman of the Fraunhofer Group for Microelectronics, was on the steering committee of the INC9.

Young scientists presented the results of their research in the field of nanotechnology during a poster session. The jury chose three winners from the regions Europe, Japan and the USA from a total of 63 posters. Prof. Dr. Lakner presented Sascha Hermann from the Fraunhofer ENAS with the winner's certificate.

INC9: FRAUNHOFER-VERBUND MIKROELEKTRONIK INITIIERT NANOELEKTRONIK-KONGRESS

Im Rahmen der vom Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik initiierten »International Nanotechnology Conference on Communication and Cooperation INC9« diskutierten in Berlin 150 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie industrielle und politische Entscheidungsträger aus über 15 verschiedenen Ländern über die Möglichkeiten und Herausforderungen in der Nanotechnologie.

Im Fokus stand dabei der Erfahrungsaustausch über Nanoelektronik und deren Anwendungsgebiete. Zudem berichteten die Experten aus Europa, Japan und den USA über Forschungsk Kooperationen in der Nanoelektronik und angrenzenden Gebieten der Nanotechnologien. Weitere intensiv diskutierte Themen waren u.a. der potenzielle Beitrag der Nanoelektronik zu energieeffizienten und umweltfreundlichen Produkten sowie die Frage nach der Nanophotonik als mögliche Schlüsseltechnologie im Bereich der optischen Kommunikation. Prof. Dr. Hubert Lakner, Institutsleiter des Fraunhofer IPMS und Vorsitzender des Fraunhofer-Verbundes Mikroelektronik, war im Lenkungsausschuss der INC9.

Im Zuge einer Poster Session präsentierten junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Forschungsergebnisse im Bereich der Nanotechnologie. Die Jury wählte aus 63 Postern drei Gewinner der Regionen Europa, Japan und den USA. Prof. Lakner überreichte Sascha Hermann vom Fraunhofer ENAS die Siegerurkunde.

◀ Best poster awards at the INC9.

CNSE and Silicon Saxony agree upon a cooperation. ▶



PROF. LAKNER BEGLEITET WIRTSCHAFTSDELEGATION

Zusammen mit einer Wirtschaftsdelegation aus insgesamt 14 Vertretern des Mikroelektronik-Clusters »Silicon Saxony« begleitete Prof. Hubert Lakner den Sächsischen Ministerpräsidenten Stanislaw Tillich vom 16. bis 20. April 2013 anlässlich seiner USA-Reise mit Stationen in Washington D.C., Albany und New York. Bei dessen Besuch in den USA ging es vor allem um Wirtschaft, Forschung und Kultur.

Ein wichtiges Ziel der Reise war es, Sachsen als Wirtschafts- und Wissenschaftsstandort sowie als Handelspartner stärker ins Bewusstsein zu rücken. In Albany, der zweiten Station der Reise, besuchte Ministerpräsident Tillich daher das College of Nanoscale Science and Engineering (CNSE). Hier wurde mit den mitgereisten Vertretern des Netzwerks Silicon Saxony ein Workshop veranstaltet, der den sächsischen Unternehmen und Institutionen die Gelegenheit bot, ihre Expertise als Zulieferer und Dienstleister in der Halbleiterindustrie vor amerikanischen Vertretern der Branche zu präsentieren und gemeinsam über deren Zukunft zu diskutieren. Das CNSE und Silicon Saxony wollen ihre Kooperation zukünftig ausbauen und unterzeichneten dafür im Beisein Tillichs eine Absichtserklärung zur Zusammenarbeit.

PROF. LAKNER ACCOMPANIES BUSINESS DELEGATION

Prof. Hubert Lakner accompanied the Prime Minister of Saxony, Stanislaw Tillich, together with a business delegation of 14 other representatives from the microelectronics cluster "Silicon Saxony" on his trip to the USA between April 16 and 20, 2013, with stops in Washington D.C., Albany and New York. The main concerns of this visit to the USA were business, research and culture.

One important goal of the trip was to make people more aware of Saxony as a business and science location as well as a trade partner. In Albany, the second stop on the trip, Tillich thus visited the College of Nanoscale Science and Engineering (CNSE). Here, a workshop was organized here with the accompanying representatives of the Silicon Saxony network that offered the companies and institutions from Saxony the opportunity to present their expertise as suppliers and service providers in the semiconductor industry to American representatives and to discuss the future of the industry with these. The CNSE and Silicon Saxony are planning to expand their cooperation and signed a corresponding letter of intent in the presence of Stanislaw Tillich.



INNOVATIONS AT TRADE SHOWS AND CONFERENCES

In 2013, Fraunhofer IPMS took part in over 30 industrial trade shows and conferences in the sectors of optical technology and photonics, microsystems technology and micro-electronics, as well as in medical technology. Accompanied by papers, Fraunhofer IPMS presented current developments on 14 national and international platforms as an exhibitor, such as Arab Health, Photonics West, Smart Systems Integration, Sensor and Test, Sensors Expo & Conference, MicroNano Biz and Medica. For the first we visited the Optical Fiber Communication Conference and Exposition and the National Fiber Optic Engineers Conference (OFC/NFOEC), the largest global conference and exposition for optical communications and networking professionals.

At these exhibitions innovations derived from project work were presented to the general public for the first time. At the OFC/NFOEC, Fraunhofer IPMS presented two new types of liquid crystal based demonstration models for switching and modulating optical signals. The mobile MEMS grid spectrometer with the current topic, near infrared spectroscopy, was very well received by the press and industry experts at the measuring technology exhibitions, "Sensor and Test" and "Sensors Expo and Conference". Various developments in scanner mirrors were the highlights at the Laser 2013, including mirrors with large mirror apertures and special coatings for applications in laser processing and quasi-static resonant mirrors for use in adaptive three dimensional camera systems with subject recognition and automatic focus.

NEUHEITEN AUF FACHMESSEN UND KONFERENZEN

Im Jahr 2013 besuchte das Fraunhofer IPMS über 30 bedeutende Fachmessen und Konferenzen aus den Bereichen der optischen Technologien und Photonik, der Mikrosystemtechnik, Mikroelektronik und der Medizintechnik. Begleitet durch zahlreiche Fachvorträge präsentierte das Fraunhofer IPMS als Aussteller aktuelle Entwicklungen auf 14 nationalen und internationalen Plattformen wie der Arab Health, Photonics West, Smart Systems Integration, Sensor und Test, Sensors Expo & Conference, Laser, MicroNano Biz und Medica. Erstmals besucht wurde außerdem die Leitmesse für faseroptische Kommunikationstechnologien, die Optical Fiber Communication Conference and Exposition and the National Fiber Optic Engineers Conference (OFC/NFOEC).

Neuheiten aus der Projektarbeit wurden dabei erstmals der breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Auf der OFC/NFOEC präsentierte das Fraunhofer IPMS zwei neuartige flüssigkristallbasierte Demonstratoren für das Schalten und Modulieren optischer Signale. Das mobile MEMS-Gitterspektrometer mit dem Thema Vor-Ort-Nahinfrarot-Spektroskopie fand auf den Messtechnikmessen »Sensor und Test« und der »Sensors Expo and Conference« viel Zuspruch bei Presse und Industrievertretern. Verschiedene Scannerspiegelentwicklungen waren die Highlights auf der Laser 2013, darunter Spiegel mit großen Spiegelaperturen und speziellen Beschichtungen für Anwendungen in der Laserbearbeitung sowie quasi-statisch resonante Spiegel für den Einsatz in adaptiven dreidimensionalen Kamerasystemen mit Objekterkennung und automatischer Zielfokussierung.

◀ Informal networking.

Prof. Lakner cutting the anniversary cake
at the "Long Night of the Sciences". ▶



FRAUNHOFER IPMS FEIERT JUBILÄUM ZUR LANGEN NACHT DER WISSENSCHAFTEN

Unter dem Motto »Sternstunden des Wissens« fand die bereits 11. Dresdner Lange Nacht der Wissenschaften am 5. Juli statt und zog auch in diesem Jahr wieder zahlreiche interessierte Besucher an. Institutsleiter Prof. Hubert Lakner nutzte den feierlichen Rahmen der Wissenschaftsnacht, um mit den Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowie Besuchern das zehnjährige erfolgreiche Bestehen des Fraunhofer IPMS mit Jubiläumstorte, Sekt und Band zu feiern. Der Mix aus Wissenschaft und Unterhaltung kam gut an. 1000 Besucher kamen an diesem Abend zum Fraunhofer IPMS.

Wie im Vorjahr führte eine Wissensroute in den Dresdner Norden. Gemeinsam mit den anderen Fraunhofer-Instituten vor Ort sowie den Firmen GLOBALFOUNDRIES, Infineon, VON ARDENNE Anlagentechnik und X-FAB präsentierte sich das Fraunhofer IPMS an der Station »Micro Nano Nord« mit Ausstellungen auf mehreren Etagen, Vorträgen und sogar geführten Reinraum-Touren. Insgesamt öffneten sechs Dresdner Hochschulen sowie 36 außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und wissenschaftsnahe Unternehmen ihre Häuser zwischen 18:00 und 1:00 Uhr für die Öffentlichkeit. An 129 verschiedenen Orten in Dresden präsentierten 110 Einzelveranstalter ein anspruchsvolles Programm mit 622 Experimentalschows, Führungen, Ausstellungen, Vorträgen, Filmen und Musik.

FRAUNHOFER IPMS CELEBRATES ANNIVERSARY AT THE LONG NIGHT OF THE SCIENCES

With the motto "Defining moments in Knowledge", the 11th Dresden Long Night of the Sciences took place on July 5, 2013 and attracted many interested visitors again this year. Director of the Institute, Prof. Hubert Lakner, took advantage of the night of sciences' festive setting to celebrate the Fraunhofer IPMS ten year anniversary with employees and visitors, an anniversary cake, champagne and a band. The mix of sciences and entertainment was well received. 1000 visitors visited Fraunhofer IPMS on this evening.

As in the previous year, a knowledge route led to the northern part of Dresden. Together with the other local Fraunhofer Institutes and the companies, GLOBALFOUNDRIES, Infineon, VON ARDENNE Anlagentechnik and X-FAB, Fraunhofer IPMS presented exhibitions on several floors, lectures and even guided clean room tours at the "Micro Nano Nord" station. Overall six universities from Dresden, 36 non-university research facilities and science based companies opened their doors from 6:00 pm until 1:00 am. At 129 different locations in Dresden 110 hosts granted on-site insights into their work with 622 experiment demonstrations, guided tours, exhibitions, speeches and films.



SCIENCE YOU CAN TOUCH: THREE DAYS TALENT SCHOOL IN DRESDEN

Researchers of tomorrow experience applied sciences today: This is the aim of the Fraunhofer Talent School. 28 students in the 9th to 13th school years were again able to experience science at first hand in the Fraunhofer Talent School from November 15 to 17, 2013 at the Fraunhofer IPMS. The teenagers who had come from all over Germany had the opportunity to look over the shoulders of the researchers and participate in exciting projects. The students were able to demonstrate their knowledge of medical technology, microelectronics and nanotechnology in three different workshops. After an introduction on the theory, it was off to the laboratories to the practical part. While one group worked on a mini ECG, a second group learned how miniaturized microscanners can be used for projectors. The third group dealt with the exposure of silicon wafers and the creation of nanostructures, whereby the business unit Center Nanoelectronic Technologies was also involved for the first time. On the final day, a grand closing event was held, in which the students presented their results of the workshops to their parents.

The Fraunhofer Talent School is supported by the German Federal Ministry for Education and Research and the initiative, "Komm mach MINT" (Come on – do MINT), which strives to inspire young people – especially young women – for natural science-based and technical professions.

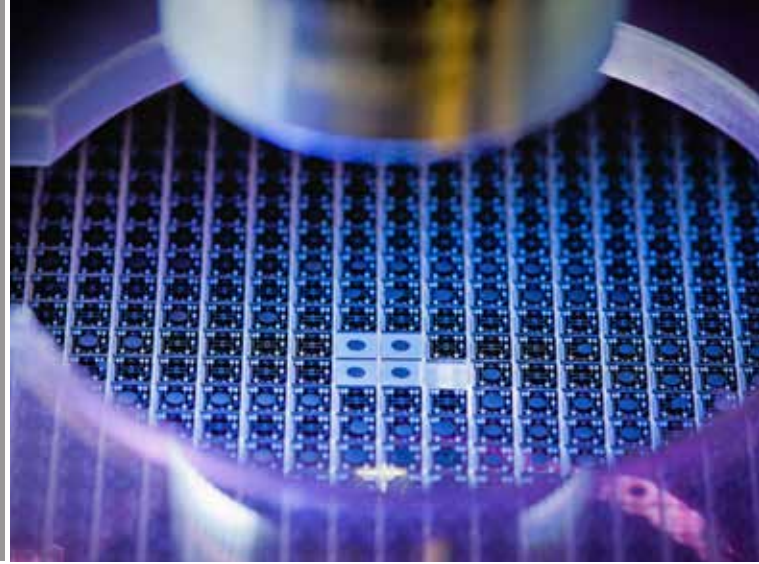
WISSENSCHAFT ZUM ANFASSEN: DREI TAGE FRAUNHOFER-TALENT-SCHOOL IN DRESDEN

Forscherinnen und Forscher von morgen erleben angewandte Wissenschaft von heute: Das ist der Anspruch der Fraunhofer-Talent-School. 28 Schülerinnen und Schüler der neunten bis dreizehnten Jahrgangsstufe konnten im Rahmen der Fraunhofer-Talent-School vom 15. bis 17. November 2013 im Fraunhofer IPMS wieder Wissenschaft hautnah erleben. Die aus dem gesamten Bundesgebiet angereisten Jugendlichen hatten die Möglichkeit, den Forscherinnen und Forschern über die Schulter zu schauen und an spannenden Projekten mitzuarbeiten. So konnten die Schülerinnen und Schüler in drei verschiedenen Workshops ihr Wissen in den Bereichen Medizintechnik, Mikroelektronik und Nanotechnologie unter Beweis stellen. Nach einer theoretischen Einführung ging es direkt in die Labore zum praktischen Teil. Während eine Gruppe an einem Mini-EKG arbeitete, lernte eine zweite Gruppe, wie man winzige Scannerspiegel für Projektoren verwenden kann. Die dritte Gruppe beschäftigte sich mit der Belichtung von Siliziumwafern und der Erzeugung von Nanostrukturen, wobei erstmalig auch das neue Geschäftsfeld Center Nanoelectronic Technologies eingebunden war. Der letzte Tag endete mit einer großen Abschlussveranstaltung, bei der die Schülerinnen und Schüler die Ergebnisse aus den Workshops ihren Eltern präsentierten.

Die Fraunhofer-Talent-School wird unterstützt durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung und durch die Initiative »Komm mach MINT«, die sich dafür einsetzt, Jugendliche und insbesondere junge Frauen für naturwissenschaftliche und technische Berufe zu begeistern.

◀ Fraunhofer Talent School participants.

Optical inspection of a processed wafer. ▶



ZERTIFIZIERTE QUALITÄT DER PROZESSE UND PRODUKTE

Das Fraunhofer IPMS ist seit 1995 nach DIN EN ISO 9001 zertifiziert und wird jährlich durch die DEKRA Certification GmbH überprüft. Das Überwachungsaudit im November 2013 verlief äußerst erfolgreich und führte zu den besten Ergebnissen seit 2008. Auch ein Audit durch einen bedeutenden Schlüsselkunden auf der Grundlage der Norm ISO/TS16949 brachte mit 90,5 von 100 Punkten und der Einstufung als A-Lieferant ein exzellentes Ergebnis für das Fraunhofer IPMS.

Ein weiterer Indikator für die hohe Qualität der bereitgestellten Leistungen, Produkte und Prozesse ist die Rate der Kundenreklamationen. Sie ist in den letzten Jahren kontinuierlich zurückgegangen und lag im Jahr 2013 bei 83 ppm (Anzahl der Fehler pro 1 Mio. ausgelieferter Teile).

Einer der Gründe dafür, dass wir diese neue Qualitätsstufe erreicht haben, liegt in der Einführung eines geregelten Prozesses für technologische Änderungen. Im Jahr 2013 wurden mit dem neuen Prozess »PCRB« (Process Change Release Board) 31 technologische Änderungen begleitet. So konnten wir ein einheitliches, dokumentiertes und nachvollziehbares Änderungsmanagement realisieren, übergreifende Fragestellungen effektiv bearbeiten, Prozessänderungen mit größtmöglicher Sicherheit und geringem Risiko umsetzen und die Kommunikation mit Kunden zu Prozessänderungen strukturieren, nachvollziehbar dokumentieren und einheitlich organisieren.

CERTIFIED QUALITY OF PROCESSES AND PRODUCTS

Fraunhofer IPMS has been certified in accordance with DIN EN ISO 9001 since 1995 and is annually audited by DEKRA Certification GmbH. The monitoring audit in November 2013 was exceptionally successful and achieved the best results since 2008. An audit carried out by a major key customer based on the ISO/TS16949 resulted in 90.5 points out of a possible 100 and gave the classification as A-supplier: An excellent result for Fraunhofer IPMS.

A further indicator for the high quality of our services, products and processes provided is the rate of customer complaints. It has fallen continuously during recent years and laid at about 83 ppm (number of defects per 1 million delivered parts) in 2013.

One of the reasons that we have reached this new quality level lies in the introduction of a controlled process for technological changes. In the year 2013, 31 technological changes were supported in the new "PCRB" (Process Change Release Board) process. Consequently, we were able to realize a standardized, documented and transparent change management, effectively process general matters, implement process changes with maximum possible security and provide low risk and structured communication with customers concerning process changes making them transparent and uniformly organized.

WISSENSMANAGEMENT

**KNOWLEDGE
MANAGEMENT**



PATENTS

A method and a device for reducing hysteresis or imprinting in a movable micro-element

□ EP 1 364 246; □ JP 2004-520618 A; ■ US 6,885,493 B2

A method to detect a defective element

■ DE 60 2004 003 125.9-08; ■ EP 1 583 946 B1 (NL|SE); ■ US 7,061,226 B2

Addressing of an SLM

■ US 7,072,090 B2

Anordnung von mikromechanischen Elementen

■ DE 50 2006 013 212.5; ■ EP 2 024 271 B1 (BE|FR|GB|NL); ■ JP 5265530; ■ US 8,254,005 B2

Anordnung zum Aufbau eines miniaturisierten Fourier-Transform-Interferometers für optische Strahlung nach dem Michelson- bzw. einem daraus abgeleiteten Prinzip

■ AT 413 765 B

Antriebsprinzip zur Erzeugung resonanter Schwingungen von beweglichen Teilen mikromechanischer Bauelemente

■ US 6,595,055 B1

Apparatus and Method for Guiding Optical Waves

□ EP 2 513 715 A1 (DE|GB); ■ JP 5398923; □ US 2013/0034323 A1; □ WO 2011/098130 A1

Apparatus and method for housing micromechanical systems

■ US 7,898,071 B2

Apparatus and Method for Projecting Images and/or Processing Materials

■ US 7,518,770 B2

Arrangement for building a miniaturized fourier transform interferometer for optical radiation according to the michelson principle a principle derived therefrom

■ US 7,301,643 B2

Auslenkbare Struktur, mikromechanische Struktur mit derselben und Verfahren zur Einstellung einer mikromechanischen Struktur

■ CN 101279707 B; ■ DE 10 2007 015 726 B4

Auslenkbares mikromechanisches Element

■ CN 101316789 B; ■ DE 11 2005 003 758 B4

Auslenkbares mikromechanisches System sowie dessen Verwendung

■ CN ZL 2006 8 0052190.5; ■ DE 11 2006 003 699 B4; ■ US 7,841,242 B2

Belichtungseinrichtung

■ DE 195 22 936; ■ DE 59600543.1-08; ■ EP 0 811 181 (CH|FR|GB|LI|NL|SE); ■ JP 3007163; ■ US 5,936,713

Belichtungsvorrichtung (ASIC-Stepper)

■ US 5,495,280

Datenspeicherschaltung mit integrierter Datenspeichereinheit für einen Sensor mit physikalisch-elektrischem Wandler

■ DE 10 2008 030 908 B4

Deflectable structure, micromechanical structure comprising same, and method for adjusting a micromechanical structure

■ US 7,872,319 B2

Device for Protecting a Chip and Method for Operating a Chip

■ EP 1 499 560 B1 (DE|NL|SE); □ US 2005/0095749 A1

PATENTS

Fluidic variable focal length optical lens and method for manufacturing the same

□ US 2013/0128368 A1

Fluidic variable focus optical lens

□ WO 2012/010201 A1

Fourier transform spectrometer

■ DE 60 2005 041 090.2; ■ EP 1 677 086 B1; ■ US 7,733,493 B2

Gehäuse zur Verkapselung eines Mikrosannerspiegels

■ DE 10 2012 207 376 B3; □ EP 2 660 191 A1

Halbleitersubstrat und Verfahren zur Herstellung

■ DE 50 2006 008 141.5-08; ■ EP 1 915 777 B1 (FR|GB)

High energy, low energy density, radiation-resistant optics used with micro-electronical devices

■ CN 100380138 C; □ EP 1 642 158 A1; □ KR 10-2007-0013987; ■ US 6,891,655 B2

Ionenselektiver Feldeffekttransistor und Verfahren zum Herstellen eines ionensensitiven Feldeffekttransistors

■ DE 503 04 800.3-08; ■ EP 1 601 957 B1 (CH)

Ionensensitiver Feldeffekttransistor und Verfahren zum Herstellen eines ionensensitiven Feldeffekttransistors

■ DE 502 02 661.8-08; ■ DE 502 13 303.1-08; ■ EP 1 436 607 B1; ■ EP 1 583 957 B1; ■ US 7,355,200 B2

Ion-sensitive field effect transistor and method for producing an ion-sensitive field effect transistor

■ US 7,321,143 B2

Method and Apparatus for Controlling Deformable Actuators

□ EP 1 520 201; ■ US 7,424,330

Method and apparatus for controlling exposure of a surface of a substrate

■ DE 603 33 398.2; ■ EP 1 616 211 B1 (NL); ■ JP 4188322; ■ US 6,956,692 B2

Method and Apparatus for Microlithography

■ US 6,624,880 B2

Method for detecting an offset drift in a Wheatstone measuring bridge

■ US 7,088,108 B2

Method for generating a micromechanical structure

■ US 7,940,439 B2

Method for Structuring a Device Layer of a Substrate

■ US 8,199,390 B2

Method for the compensation of deviations occurring as a result of manufacture in the manufacture of micromechanical elements and their use

■ US 7,951,635 B2

Method of fabricating a micromechanical structure out of two-dimensional elements and micromechanical device

■ US 7,929,192 B2

Micromechanical Device

□ US 2013/0301101 A1; ■ US 7,078,778 B2

PATENTE

PATENTS

Micromechanical device with adjustable resonant frequency by geometry alteration and method for operating same

■ US 7,830,577 B2

Micromechanical Element

□ US 2011/0261431 A1

Micromechanical element and sensor for monitoring a micromechanical element

■ US 8,379,283 B2

Micromechanical element which can be deflected

□ US 2008/0284078 A1

Microoptic reflecting component

■ US 7,490,947 B2

Micro-optical element having a substrate at which at least one vertical step is formed at an optically effective surface, a method for its manufacture and uses

■ DE 60 2007 018 826.1; □ EP 2 089 773 A1

Mikroelektromechanisches Translationsschwingersystem

□ DE 10 2010 029 072 A1

Mikromechanisches Bauelement

■ DE 501 12 140.4-08; ■ EP 1 410 047 B1; □ WO 2012/095185 A1

Mikromechanisches Bauelement mit einstellbarer Resonanzfrequenz

■ DE 503 11 766.8-08; ■ EP 1 613 969 B1

Mikromechanisches Bauelement mit einstellbarer Resonanzfrequenz durch Geometrieänderung und Verfahren zum Betreiben desselben

■ CN ZL200710160893.6; ■ DE 10 2007 001 516 B3

Mikromechanisches Bauelement mit erhöhter Steifigkeit und Verfahren zum Herstellen desselben

■ DE 11 2007 003 051 B4

Mikromechanisches Bauelement mit Schwingkörper

■ (AT|CH|FR|GB|ITNL) 1 123 526; ■ DE 598 04 942.8-08; ■ EP 1 123 526 B1

Mikromechanisches Bauelement mit Temperaturstabilisierung und Verfahren zur Einstellung einer definierten Temperatur oder eines definierten Temperaturverlaufes an einem mikromechanischen Bauelement

□ CN 101301992 A; ■ US 8,147,136 B2

Mikromechanisches Bauelement mit verkippten Elektrodenkämmen

■ CN 101284642 B; ■ DE 10 2008 012 825 B4; ■ US 7,466,474 B2

Mikromechanisches Bauelement zur Modulation von elektromagnetischer Strahlung und optisches System mit demselben

■ DE 10 2007 047 010 B4

Mikromechanisches Bauelement, mikromechanisches System, Vorrichtung zum Einstellen einer Empfindlichkeit eines mikromechanischen Bauelements, Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen Bauelements

■ CN 101301991 B; ■ US 7,679,152 B2

Mikromechanisches Element

□ DE 10 2010 028 111 A1

PATENTS

Mikromechanisches Element und Verfahren zum Betreiben eines mikromechanischen Elements

■ DE 10 2008 049 647 B4

Mikromechanisches Element, Verfahren zu seiner Herstellung und seine Verwendung

■ CN 101139080 B

Mikromechanisches optisches Element mit einer reflektierenden Fläche sowie dessen Verwendung

■ CN ZL 200610098825.7; □ DE 10 2005 033 800 A1; ■ US 7,369,288 B2

Mikromechanisches System mit Temperaturstabilisierung

■ DE 10 2008 013 098 B4

Mikrooptische Anordnung

■ DE 50 2005 013 490.7; ■ EP 1 717 631 B1; ■ US 7,301,690 B2

Mikrooptisches Element mit einem Substrat, an dem an einer optisch wirksamen Oberfläche mindestens eine Höhenstufe ausgebildet ist, Verfahren zu seiner Herstellung und Verwendungen

■ DE 10 2006 057 567 B4

Mikrooptisches reflektierendes Bauelement

■ CN 1982201 B; ■ DE 10 2006 059 091 B4

Miniaturisiertes Fouriertransformspektrometer

□ EP 1 637 850 A

Objective

■ US 8,526,126 B2

Objektiv

□ DE 10 2010 040 030 A1

Optical apparatus of a stacked design, and method of producing same

■ US 8,045,159 B2

Optical device comprising a structure for avoiding reflections

■ CN 101281295 B

Optische Interferenzanordnung zur Einkopplung von elektromagnetischer Strahlung in einen photonischen Kristall oder Quasikristall

□ DE 10 2009 030 338 A1

Optische Linse mit fluidisch variabler Brennweite und Verfahren zum Herstellen derselben

□ DE 11 2010 005 674 T5

Optische Vorrichtung in gestapelter Bauweise und Verfahren zur Herstellung derselben

□ DE 10 2008 019 600 A1

Optisches Bauelement mit einem Aufbau zur Vermeidung von Reflexionen

■ DE 10 2008 012 810 B4; ■ US 7,760,414 B2

Optisches System

□ DE 10 2010 039 255 A1

Optoelektronisches Bauelement mit einer Leuchtdiode und einem Lichtsensor

■ DE 503 06 813.6-08; ■ EP 1 597 774 B1

PATENTS

Oszillierend auslenkbares mikromechanisches Element und Verfahren zum Betreiben des Elementes

■ DE 11 2006 003 849 B4; ■ US 7,932,788 B2

Portable electronic device, external basic device, method for coupling the portable electronic device to an external basic device and using the external basic device for coupling the portable electronic device

□ US 2013/0236192 A1

Portables elektronisches Gerät, externes Basisgerät, Verfahren zur Ankopplung des portablen elektronischen Geräts an ein externes Basisgerät und Verwendung des externen Basisgeräts zur Ankopplung des portablen elektronischen Geräts

□ DE 10 2010 043 154 A1; □ WO 2012/055706 A1

Position sensor

■ US 8,605,293 B2

Positionssensor

□ DE 10 2010 029 818 A1

Projection apparatus for scanningly projection

■ US 7,847,997 B2

Projektionsvorrichtung

■ DE 501 05 156.2; ■ EP 1 419 411 B1 (BE|FR|GB|NL); ■ US 6,843,568 B2

Projektionsvorrichtung zum scannenden Projizieren

■ CN ZL 2008 1 0083459.7; □ DE 10 2007 011 425 A1

Quasi-Statische Auslenkvorrichtung für Spektrometer

■ DE 502 10 665.4-08; ■ EP 1 474 666 B1

Radiation generation device for generating electromagnetic radiation having an adjustable spectral composition, and method of producing same

■ US 8,351,032 B2

Readerantenne für einen Einsatz mit RFID-Transpondern

■ DE 10 2008 017 490 B4

Reduction of the dynamic deformation of translational mirrors using inertial masses

□ US 2012/0099175 A1

Reduzierung der dynamischen Deformation von Translationsspiegeln mit Hilfe von trägen Massen

□ DE 10 2009 033 191 A1; □ WO 2011/003404 A1

RFID-Abtastsystem ohne äußere Energieversorgung zur Abfrage des strukturellen Befindens

□ DE 11 2009 004 421 T5

Scanner und Verfahren zum Betreiben eines Scanners

■ DE 10 2005 002 190 B4; ■ US 7,469,834 B2

Scanning Device

□ WO 2013/110665 A1

Schutzstruktur für Halbleitersensoren

□ DE 10 2006 052 863 A1; ■ US 7,728,363 B2

Self-powered RFID sensing system for structural health monitoring

□ US 2012/0068827 A1

PATENTS

Semiconductor substrate and methods for the production thereof

■ US 8,357,944 B2

SLM height error compensation method

□ KR 10-2009-0065477

Spectral Decomposition Device and Manufacturing the same

□ US 2012/0236382 A1

Spektralzerlegungsvorrichtung und Herstellung derselben

□ DE 10 2010 040 768 A1

Spektrometer

■ DE 502 08 089.2-08; ■ EP 1 474 665 B1; ■ US 7,027,152 B2; ■ US 7,034,936 B2

Spiegelobjektiv

■ DE 10 2008 027 518 B3

Strahlungserzeugungsvorrichtung zum Erzeugen einer elektromagnetischen Strahlung mit einer einstellbaren spektralen Zusammensetzung und Verfahren zur Herstellung derselben

□ DE 10 2009 046 831 A1

Substrat, das zumindest bereichsweise an einer Oberfläche mit einer Beschichtung eines Metalls versehen ist, sowie dessen Verwendung

■ DE 10 2005 048 774 B4

Torsion spring for micromechanical applications

■ US 8,511,657 B2

Torsionsfeder für mikromechanische Anwendungen

■ CN 1896557 B; ■ DE 10 2005 033 801 B4

Torsionsfederelement für die Aufhängung auslenkbarer mikromechanischer Elemente

■ CN 101426717 B; ■ DE 11 2006 003 854 B4

Verbinder zur leitungsungebundenen Signalübertragung

■ DE 10 2012 212 254 B3

Verfahren und Strukturierung einer Nuttschicht eines Substrats

■ CN 101597021 B1; □ DE 10 2008 026 886 A1

Verfahren zum Herstellen eines Bauelementes mit einem beweglichen Abschnitt

■ CN ZL 2006 1 0005939.2; ■ DE 10 2005 002 967 B4; ■ US 7,396,740 B2

Verfahren zum Korrigieren der Oberflächenform eines Elements

■ EP 2 054 750 B1 (BE|NL); ■ JP 4777460

Verfahren zur Bestimmung von Parametern einer Proximity-Funktion, insbesondere für die Korrektur des Proximity-Effektes bei der Elektronenstrahlithographie

■ DE 10 2009 049 787 B4

Verfahren zur Erfassung einer Offsetdrift bei einer Wheatstone-Meßbrücke

■ DE 10 2004 056 133 B4; ■ DE 50 2005 000 638.0-08; ■ EP 1 586 909 B1

Verfahren zur Erhöhung der Speicherhaltezeit von haftstellenbasierten nichtflüchtigen Halbleiterspeicherzelle

□ DE 10 2010 024 861 A1

PATENTS

Verfahren zur Erzeugung einer dreidimensionalen mikromechanischen Struktur aus zweidimensionalen Elementen und mikromechanisches Bauelement

■ DE 10 2008 012 826 B4

Verfahren zur Erzeugung einer mikromechanischen Struktur

■ CN 101279712 B; ■ DE 10 2008 013 116 B4

Verfahren zur Erzeugung einer mikro-mechanischen Struktur aus zweidimensionalen Elementen und mikromechanisches Bauelement

■ CN 101279711 B

Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils

■ DE 10 2004 015 142 B3; ■ EP 1 714 172 B1 (NL); ■ JP 4832423

Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils mittels oberflächenstrukturierender Laserbearbeitung

■ EP 2 003 474 B1 (NL)

Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils mittels oberflächenstrukturierender Laserbearbeitung

■ EP 1 714 172 B1

Verfahren zur Kompensation herstellungsbedingt auftretender Abweichungen bei der Herstellung mikromechanischer Elemente und deren Verwendung

■ DE 10 2006 043 388 B3

Verfahren zur Strukturierung einer Schicht unter Einsatz einer Hartmaske

□ DE 10 2010 035 602 A1

Vorrichtung und Verfahren zum Erzeugen einer Abbildung

■ DE 10 2004 050 351 B3; ■ US 7,465,051 B2

Vorrichtung und Verfahren zum Häusen mikromechanischer Systeme

□ DE 10 2007 001 518 A1

Vorrichtung und Verfahren zur Bildprojektion und / oder Materialbearbeitung

■ DE 503 05 392.9-08; ■ EP 1 652 377 B1

Vorrichtung und Verfahren zur Durchführung einer berührungslosen Messung am Inhalt eines Behälters

■ DE 10 2010 043 131 B4

Vorrichtung und Verfahren zur Steuerung oder Regelung eines oszillierend auslenkbaren mikromechanischen Elements

■ US 7,977,897 B2

Vorrichtung zum Entwerfen eines mikromechanische Bauelements mit angepasster Empfindlichkeit, Verfahren zur Herstellung eines mikromechanischen Bauelements und eines mikromechanischen Systems

■ DE 10 2007 021 920 B4

Washbares Elektronik-Flachsystem mit freien Anschlusskontakten zur Integration in ein textiles Material oder Flexmaterial

■ DE 10 2007 002 323 B4

Zeilenkamera für spektrale Bilderfassung

■ DE 10 2006 019 840 B4; ■ US 7,728,973 B2

VERÖFFENTLICHUNGEN

PUBLICATIONS

Beyer, B.; Griese, D.; Schirrmann, C.; Pfeifer, R.; Kahmann, S.; Hild, O.-R.; Leo, K.

Small molecule bulk heterojunction organic solar cells with coumarin-6 as donor material

In: Thin solid films 536 (2013), June 1, pp. 206-210

Blasl, M.; Hartwig, H.; Bornhorst, K.; Costache, F.

Optical guiding and loss mechanisms in electro-optically induced waveguides based on isotropic phase liquid crystals

CLEO/EUROPE – IQEC 2013, München, Präsentation

Blasl, M.; Hartwig, H.; Bornhorst, K.; Costache, F.

Optical modulator based on electro-optically induced waveguides

DPG-Frühjahrstagung der Sektion AMOP 2013, Hannover, Paper Q43.62

Bogdanowicz, J.; Gilbert, M.; Innocenti, N.; Koelling, S.; Vanderheyden, B.; Vandervorst, W.

Light absorption in conical silicon particles

In: Optics Express, Vol. 21 (2013), No. 3, pp. 3891-3896

Bunce, C.

Micro mirror array activities at the Fraunhofer IPMS Dresden

International Students and Young Scientists Workshop »Photonics and Microsystems«, 2013, St. Marienthal, Vortrag

Costache, F.; Blasl, M.; Bornhorst, K.; Hartwig, H.; Schenk, H.

Wafer Level Electro-optical Waveguides with Phase-modified Liquid Crystals on Silicon Backplane

Proceedings of SPIE Vol. 8613 (2013), Vortrag

Costache, F.; Pawlik, B.; Schirrmann, C.; Bornhorst, K.

Nanoparticle electrostrictive polymer nanocomposite thin films with improved electromechanical properties

3rd International Conference on Materials and Applications for Sensors and Transducers, 2013, Prague, Czech Republic, Vortrag

Deicke, F.; Faulwaßer, M.; Schneider, T.

Multi-gigabit class optical wireless indoor communication

Wireless Congress 2013, Systems & Applications, Session 6

Deicke, F.

Optische drahtlose Kommunikation für High-Speed Datenlinks

Sächsische Fachtagung »Zukunftstechnologien zur Heimvernetzung«, 2013, S. 203-221

Despang, H. G.; Weder, A.; Pietzsch, M.; Heinig, A.; Fischer, W.-J.; Lindner, O.; Rentsch, W.; Paul, A.

A modular System for capacitive ECG-Acquisition

In: Biomedizinische Technik 58 (2013) Suppl. 1

Figueiro, T.; Browning, C.; Thornton, M. J.; Vannuffel, C.; Choi, K.-H.; Hohle, C.; Tortai, J.-H.; Schiavone, P.

Extreme Long Range Process Effects Characterization and Compensation

In : EMLC 2013 Conference Paper

Figueiro, T.; Saib, M.; Choi, K.-H.; Hohle, C.; Thornton, M. J.; Vannuffel, C.; Tortai, J.-H.; Schiavone, P.

Metrology Variability and its Impact in Process Modeling

In: SPIE Photomask Technology 2013 Conference Paper

Finn, A.; Lu, B.; Kirchner, R.; Thrun, X.; Richter, K.; Fischer, W.-J.

High aspect ratio pattern collapse of polymeric UV-nano-imprint molds due to cleaning

In: Microelectronic engineering, Vol. 110 (2013), pp. 112-118

PUBLICATIONS

Friedrichs, M.; List, M.; Müller, M.

Integration of Multi-level MOEMS Structure on CMOS for Spatial Light Modulators

Smart Systems Integration 2013, 7th International Conference & Exhibition on Integration Issues of Miniaturized Systems – MEMS, NEMS, ICs and Electronic Components, 8 p.

Gerlich, L.; Ohsiek, S.; Klein, C.; Geiß, M.; Friedemann, M.; Kücher, P.; Schmeißer, D.

Interface engineering for the TaN/Ta barrier film deposition process to control Ta-crystal growth

In: Microelectronic engineering, Vol. 106 (2013), pp. 63-68

Grüger, H.; Knobbe, J.; Pügner, T.; Schenk, H.

Design and characterization of a hybrid-integrated MEMS scanning grating spectrometer

Proceedings of SPIE Vol. 8616 (2013) Paper 86160L

Grüger, H.; Pügner, T.; Knobbe, J.; Schenk, H.

First application close measurement applying the new hybrid integrated MEMS spectrometer

Proceedings of SPIE Vol. 8726 (2013) Paper 872609

Heinig, A.; Weder, A.; Fischer, W.-J.

Herstellung textilverstärkter Verbundbauteile mit strukturintegrierten Sensornetzwerken

MikroSystemTechnik Kongress 2013 : Von Bauelementen zu Systemen, S. 291-294

Heiß, M.; Hildebrandt, R.

Antenna Design for a UHF RFID Sensor Tag inside a Switchgear

43rd European Microwave Conference, EuMC 2013, Proceedings, S. 128-131

Heiß, M.; Hildebrandt, R.

High-Temperature UHF RFID Sensor Measurements in a Full-Metal Environment

European Conference on Smart Objects, Systems and Technologies (Smart SysTech), 2013, Erlangen, Konferenzbeitrag

Janschek, K.; Sandner, T.; Schroedter, R.; Roth, M.

Adaptive Prefilter Design for Control of Quasistatic Microscanners

6th IFAC Symposium on Mechatronic Systems – Mechatronics, 2013, Hangzhou, China, pp. 197-206

Janschek, K.; Schroedter, R.; Sandner, T.

Flatness-Based Open Loop Command Tracking for Quasistatic Microscanners

ASME Dynamic Systems & Control Conference (DSCC), 2013, Stanford University, CA, USA, Paper WeAT3.1

Kalkouski, U.; Lukat, K.

Influence of copper on the diffusion length of the minority carriers in devices based on n-type Si/SiO₂

In: Microelectronics reliability 53 (2013), No. 9-11, pp. 1342-1345

Kimme, S.; Sandner, T.; Graf, A.; Todt, U.; Czarske, J.

Actuation Principles for Hybrid Two-Dimensional Quasistatic Micro Scanning Mirrors

OPTO 2013, Nürnberg, Proceedings, pp. 22-27

Koch, J.; Seidel, K.; Weinreich, W.; Riedel, S.; Chiang, J.-C.; Beyer, V.

Optimized electrode and interface for enhanced reliability of high-k based metal-insulator-metal capacitors

In: Microelectronic engineering, Vol. 109 (2013), pp. 148-151

Koelling, S.; Innocenti, N.; Bogdanowicz, J.; Vandervorst, W.

Optimal laser positioning for laser-assisted atom probe tomography

(International Field Emission Symposium (IFES) <53, 2013, Tuscaloosa/Ala.>)

In: Ultramicroscopy, Vol. 132 (2013), pp. 70-74

PUBLICATIONS

Koelling, S.; Richard, O.; Bender, H.; Uematsu, M.; Schulze, A.; Zschaetzsch, G.; Gilbert, M.; Vandervorst, W.

Direct imaging of 3D atomic-scale dopant-defect clustering processes in ion-implanted silicon

In: Nano Letters, Vol. 13 (2013), No. 6, pp. 2458-2462

Kuligk, A.; Nguyen, C. D.; Löhr, D.-A.; Beyer, V.; Meinerzhagen, B.

Accurate and efficient physical simulation of program disturb in scaled NAND flash memories

In: Institute of Electrical and Electronics Engineers -IEEE-: ULIS 2013, 14th International Conference on Ultimate Integration on Silicon: Incorporating the Technology Briefing Day; 19-21 March 2013, Coventry. New York, NY: IEEE, 2013, pp. 157-160

Langa, S.; Drabe, C.; Herrmann, A.; Ludewig, T.; Rieck, A.; Flemming, A.; Kaden, C.

Wafer level vacuum packaging of micro-mirrors with buried wiring

Conference on Wafer Bonding for Microsystems, 3D- and Wafer Level Integration (WaferBond), 2013, Stockholm, Sweden, Poster

Langa, S.; Drabe, C.; Kunath, C.; Dreyhaupt, A.; Schenk, H.

Wafer level vacuum packaging of scanning micro-mirrors using glass-frit and anodic bonding methods

Proceedings of SPIE Vol. 8614 (2013) Paper 86140F

Langa, S.; Utsumi, J.; Ludewig, T.; Drabe, C.

Room temperature bonding for vacuum applications: climatic and long time tests

In: Microsystem Technologies 19 (2013), No. 5, pp. 681-687

Lapisa, M.; Zimmer, F.; Stemme, G.; Gehner, A.; Niklaus, F.

Heterogeneous 3D integration of hidden hinge micromirror arrays consisting of two layers of monocrystalline silicon

In: Journal of micromechanics and microengineering 23 (2013), No. 7, Art. 075003

Martin, D.; Grube, M.; Weinreich, W.; Müller, J.; Weber, W.M.; Schröder, U.; Riechert, H.; Mikolajick, T.

Mesoscopic analysis of leakage current suppression in $ZrO_2/Al_2O_3/ZrO_2$ nano-laminates

In: Journal of applied physics, Vol. 113 (2013), No. 19, Art. 194103, 8 pp.

Martin, D.; Yurchuk, E.; Müller, S.; Müller, J.; Paul, J.; Sundquist, J.; Slesazeck, S.; Schlösser, T.; van Bentum, R.; Trentzsch, M.; Schröder, U.; Mikolajick, T.

Downscaling ferroelectric field effect transistors by using ferroelectric Si-doped HfO_2

In: Raffay, Q.: Selected extended papers from ULIS 2012 Conference: 13th edition of the Ultimate Integration on Silicon Conference, held in Grenoble, 05.-07. 03. 2012. Amsterdam: Elsevier, 2013. (Solid-state electronics 88.2013), pp. 65-68

Mueller, S.; Müller, J.; Hoffmann, R.; Yurchuk, E.; Schlosser, T.; Boschke, R.; Paul, J.; Goldbach, M.; Herrmann, T.; Zaka, A.; Schroeder, U.; Mikolajick, T.

From MFM capacitors toward ferroelectric transistors: Endurance and disturb characteristics of HfO_2 -based FeFET devices

In: IEEE transactions on electron devices, Vol. 60 (2013), No. 12, pp. 4199-4205

Mueller, S.; Müller, J.; Schroeder, U.; Mikolajick, T.

Reliability characteristics of ferroelectric Si: HfO_2 thin films for memory applications

In: IEEE transactions on device and materials reliability, Vol. 13 (2013), No. 1, pp. 93-97

Müller, J.; Boscke, T. S.; Muller, S.; Yurchuk, E.; Polakowski, P.; Paul, J.; Martin, D.; Schenk, T.; Khullar, K.; Kersch, A.; Weinreich, W.; Riedel, S.; Seidel, K.; Kumar, A.; Arruda, T. M.; Kalinin, S. V.; Schlosser, T.; Boschke, R.; van Bentum, R.; Schroeder, U.; Mikolajick, T.

Ferroelectric hafnium oxide: A CMOS-compatible and highly scalable approach to future ferroelectric memories

In: Electron Devices Meeting (IEDM), 2013 IEEE International pp. 10.8.1-10.8.4

Noack, A.; Poll, R.; Fischer, W.-J.; Zaunseder, S.

QRS pattern recognition using a simple clustering approach for continuous data

Electronics and Nanotechnology (ELNANO), IEEE XXXIII International Scientific Conference, 2013, Kiev, Ukraine, pp. 228-232

PUBLICATIONS

Noack, A.; Zimmerling, M.; Pietzsch, M.; Poll, R.

SmartVital – Advanced Cardiac Health Monitoring

European Conference in eHealth and Telemedicine in Cardiovascular Prevention and Rehabilitation (ETCPR), 2013, Bern, Schweiz, Präsentation

Noack, A.; Zimmerling, M.; Pietzsch, M.; Weder, A.

Validation of a Heart Beat Clustering Algorithm for an Ambulant Holter Monitoring Device

Automed 2013, Tagungsband, pp. 50-51

Päßler, S.; Noack, A.; Poll, R.; Fischer, W.-J.

Validation of the Use of Heart Rate Variability Measurements during Meal Intake in Humans

Computing in Cardiology 2013, Proceedings, pp. 999-1002

Paul, Jan; Rudolph, M.; Riedel, S.; Thrun, X.; Wege, S.; Hohle, C.

Evaluation of an advanced dual hard mask stack for high resolution pattern transfer

(Conference »Advanced Etch Technology for Nanopatterning« <2, 2013, San Jose / Calif.>)

In: Zhang, Y.: Advanced Etch Technology for Nanopatterning II: 23 - 27 February 2013, San Jose, California. Bellingham, WA: SPIE, 2013. (Proceedings of SPIE 8685), Paper 86850V

Pawlik, B.; Schirrmann, C.; Bornhorst, K.; Costache, F.

Electrostrictive polymer – inorganic nanoparticle nanocomposites for actuator applications

Conference »Euro Intelligent Materials«, 2013, Kiel, Poster

Pawlik, B.; Schirrmann, C.; Bornhorst, K.; Costache, F.

Strain-enhanced nano-particle electrostrictive polymer blends for actuator applications

Proceedings of SPIE Vol. 8687 (2013) Paper 86870Z

Pietzsch, M.; Weder, A.

Ein mobiles System zur herzschlaggenauen Überwachung von Blutdruck und Stressniveau

Design-&Elektronik-Entwicklerforum »Electronics Goes Medical« 2013, Tagungsunterlagen, 10 S.

Richter, T.

PICOSUN P-300B ALD batch reactor achieves record particle levels and uniformities at Fraunhofer IPMS

Press Releases auf www.picosun.com

Riedl, T.; Kirchner, A.; Eymann, K.; Shariq, A.; Schlesiger, R.; Schmitz, G.; Ruhnnow, M.; Kieback, B.

Elemental distribution, solute solubility and defect free volume in nanocrystalline restricted-equilibrium Cu-Ag alloys

In: Journal of Physics. Condensed Matter, Vol. 25 (2013), No. 11, Art. 115401, 9 pp.

Rückerl, F.; Kielhorn, M.; Tinevez, J.-Y.; Heber, J.; Heintzmann R.; Shorte, S.

Micro mirror arrays as high-resolution, spatial light modulators for photoactivation and optogenetics

Proceedings of SPIE Vol. 8586 (2013) Paper 85860U

Sah, R. E.; Kirste, L.; Kirmse, H.; Mildner, M.; Wilde, L.; Kopta, S.; Knöbber, F.; Krieg, M.; Cimalla, V.; Lebedev, V.; Ambacher, O.

Crystallographic texture of submicron thin aluminum nitride films on molybdenum electrode for suspended micro and nanosystems

In: ECS journal of solid state science and technology : jss, Vol. 2 (2013), No. 4, pp. P180-P184

Sandner, T.; Grasshoff, T.; Schwarzenberg, M.; Schenk, H.; Tortschanoff, A.

Hybrid assembly of micro scanner arrays with large aperture and their system integration

Smart System Integration 2013, Amsterdam, Niederlande, proceedings, 8 S.

VERÖFFENTLICHUNGEN

PUBLICATIONS

Sandner, T.; Grasshoff, T.; Schwarzenberg, M.; Schenk, H.; Tortschanoff, A.

Quasistatic microscanner with linearized raster scanning for an adaptive 3D-laser camera

Proceedings of SPIE Vol. 8616 (2013), Vortrag

Sandner, T.; Grasshoff, T.; Schwarzenberg, M.; Schenk, H.

Quasi-static microscanner with linearized scanning for an adaptive 3D-laser camera

IEEE/LEOS, Optical MEMS and Nanophotonics, OMN 2013, Kanazawa, Japan, Proceedings, pp. 103-104

Sandner, T.; Grasshoff, T.; Schwarzenberg, M.; Schenk, H.

Quasi-static microscanner with linearized scanning for an adaptive 3D-laser camera

OPTO 2013, Nürnberg, Proceedings, pp. 28-33

Sandner, T.; Kimme, S.; Grasshoff, T.; Todt, U.; Graf, A.; Tulea, C.; Lenenbach, A.; Schenk, H.

Micro-scanning mirrors for high-power laser applications in laser surgery

IEEE/LEOS, Optical MEMS and Nanophotonics, OMN 2013, Kanazawa, Japan, Proceedings, pp. 83-84

Sandner, T.

Micromechanical Scanning Mirrors and their Potential for Future OCT-Systems

Conference OTN4MLS 2013 – Optical Techniques and Nano-Tools for Material and Life Sciences, Dresden, 2013, Vortrag

Sauer, S.; Kirsten, S.; Storck, F.; Grätz, H.; Marschner, U.; Ruwisch, D.; Fischer, W.-J.

A medical wireless measurement system for hip prosthesis loosening detection based on vibration analysis

In: Sensor & Transducers Journal 18 (2013), Special Issue, pp. 134-144

Sauer, S.; Türke, A.; Weder, A.; Fischer, W.-J.

Inkjet printed humidity threshold monitoring sensor solution with irreversible resistance change for passive RFID applications

IEEE Sensors 2013, Proceedings, pp. 721-724

Schroeder, U.; Mueller, S.; Müller, J.; Yurchuk, E.; Martin, D.; Adelman, C.; Schloesser, T.; van Bentum, R.; Mikolajick, T.

Hafnium Oxide Based CMOS Compatible Ferroelectric Materials

In: ECS J. Solid State Sci. Technol. 2013 volume 2, issue 4, N69-N72

Schroeder, U.; Martin, D.; Müller, J.; Yurchuk, E.; Mueller, S.; Adelman, C.; Schloesser, T.; van Bentum, R.; Mikolajick, T.

Hafnium Oxide Based CMOS Compatible Ferroelectric Materials

In: ECS Trans. 2013 volume 50, issue 4, 15-20

Schroedter, R.; Roth, M.; Sandner, T.; Janschek, K.

Modellgestützte Bewegungsführung von quasistatischen Mikroscannern

Fachtagung Mechatronik 2013, Aachen, Tagungsband, ISBN 3-86130-958-0, pp. 141-146

Seifert, R.; Moraes, I. R. de; Scholz, S.; Gather, M. C.; Lüsse, B.; Leo, K.

Chemical degradation mechanisms of highly efficient blue phosphorescent emitters used for organic light emitting diodes

In: Organic Electronics 14 (2013), Nr. 1, pp. 115-123

Sinreich, R.; Merten, A.; Molina, L.; Volkamer, R.

Parameterizing radiative transfer to convert MAX-DOAS dSCDs into near-surface box-averaged mixing ratios

In: Atmospheric Measurement Techniques : AMT 6 (2013,), No. 6, pp. 1521-1532

Steidel, K.; Choi, K.-H.; Freitag, M.; Gutsch, M.; Hohle, C.; Seidel, R.; Thrun, X.; Werner, T.

Influence of high-energy electron irradiation on ultra-low-k characteristics and transistor performance

In: Tong, W. M.: Alternative Lithographic Technologies V: 24 - 28 February 2013, San Jose, California. Bellingham, WA: SPIE, 2013. (Proceedings of SPIE 8680), Paper 86801A

PUBLICATIONS

Teng, L.; Plötner, M.; Türke, A.; Adolphi, B.; Finn, A.; Kirchner, R.; Fischer, W.-J.

Nanoimprint assisted inkjet printing to fabricate sub-micron channel organic field effect transistors

In: Microelectronic engineering 110 (2013), pp. 292-297

Thrun, X.; Choi, K.-H.; Freitag, M.; Gutsch, M.; Hohle, C.; Paul, J.; Rudolph, M.; Steidel, K.

15 days electron beam exposure for manufacturing of large area silicon based NIL master

In: Microelectronic engineering, Vol. 110 (2013), pp. 119-122

Thrun, X.; Choi, K.-H.; Hanisch, N.; Hohle, C.; Steidel, K.; Guerrero, D.; Figueiro, T.; Bartha, J. W.

Effects on electron scattering and resist characteristics using assisting underlayers for e-beam direct write lithography

In: Somervell, M. H.: Advances in Resist Materials and Processing Technology XXX: 24 - 28 February 2013; San Jose Convention Center and San Jose Marriott, California. Bellingham, WA: SPIE, 2013. (Proceedings of SPIE 8682), Paper 86820Z

Tortschanoff, A.; Baumgart, M.; Holzmann, D.; Lenzhofer, M.; Sandner, T.; Kenda, A.

Compact optical position feedback scheme for MOEMS mirrors

In: Microsystems Technologies, 2013, online, 7 S.

Tortschanoff, A.; Holzmann, D.; Lenzhofer, M.; Sandner, T.; Kenda, A.

Closed-loop control driver for quasi-static MOEMS mirrors

Proceedings of SPIE Vol. 8616 (2013) Paper 861619

Tress, W.; Merten, A.; Furno, M.; Hein, M.; Leo, K.; Riede, M.

IPMS Correlation of absorption profile and fill factor in organic solar cells: The role of mobility imbalance

In: Advanced energy Materials 3 (2013), No. 5, pp. 631-638

Unamuno, A.; Friedrichs, M.; Jeroch, W.; Grüger, H.

Characterization of a mid-volume fabrication process for CMUT development

International Ultrasonics Symposium, International Symposium on the Applications of Ferroelectrics, Joint International Frequency Control Symposium, European Frequency and Time Forum, 2013, Prague, Czech Republic, Poster

Unamuno, A.

New Applications for ultrasound technology through CMUTs

EPoSS 2013: Geared up for Horizon 2020: Smart Systems Satisfying Societal Needs, Meeting Market Requirements & Exploiting Cross-Cutting Technologies, Vortrag

Vasilev, B.; Bott, S.; Rzehak, R.; Bartha, J. W.

Pad roughness evolution during break-in and its abrasion due to the pad-wafer contact in oxide CMP

In: Microelectronic engineering, Vol. 111 (2013), pp. 21-28

Vasilev, B.; Bott, S.; Rzehak, R.; Liske, R.; Bartha, J. W.

A method for characterizing the pad surface texture and modeling its impact on the planarization in CMP

In: Microelectronic engineering, Vol. 104 (2013), pp. 48-57

Weder, A.; Geller, S.; Heinig, A.; Tyczynski, T.; Hufenbach, W.; Fischer, W.-J.

A novel technology for the high-volume production of intelligent composite structures with integrated piezoceramic sensors and electronic components

In: Sensors and Actuators A 202 (2013), pp. 106-110

Weder, A.; Geller, S.

Angepasste Piezosensorelektronik und integrierte drahtlose Sensornetzwerke zur Herstellung intelligenter Leichtbauteile

MikroSystemTechnik Kongress 2013 : Von Bauelementen zu Systemen, S. 540-543

PUBLICATIONS

Weder, A.; Pietzsch, M.; Zimmerling, M.; Fischer, W.-J.

A wearable system for non-invasive beat-to-beat blood pressure estimations

IEEE Sensors 2013 Conference, 2013, Baltimore, Maryland, USA, Poster

Weinreich, W.; Rudolph, M.; Koch, J.; Paul, J.; Seidel, K.; Riedel, S.; Sundqvist, J.

High-density capacitors for SiP and SoC applications based on three-dimensional integrated metal-insulator-metal structures

In: Institute of Electrical and Electronics Engineers -IEEE-: ICICDT 2013, International Conference on IC Design & Technology. Proceedings: University of Pavia, Italy, May, 29th-31st, 2013. New York, NY: IEEE, 2013, pp. 227-230

Weinreich, W.; Shariq, A.; Seidel, K.; Sundqvist, J.; Paskaleva, A.; Lemberger, M.; Bauer, A. J.

Detailed leakage current analysis of metal-insulator-metal capacitors with ZrO_2 , $ZrO_2/SiO_2/ZrO_2$, and $ZrO_2/Al_2O_3/ZrO_2$ as dielectric and TiN electrodes

(Workshop on Dielectrics in Microelectronics (WoDiM) <17, 2012, Dresden>)

In: Journal of vacuum science and technology B. Microelectronics and nanometer structures, Vol. 31 (2013), No. 1, Art. 01A109, 9 pp.

Weinreich, W.; Tauchnitz, T.; Polakowski, P.; Drescher, M.; Riedel, S.; Sundqvist, J.; Seidel, K.; Shirazi, M.; Elliott, S. D.; Ohsiek, S.; Erben, E.; Trui, B.

TEMAZ/O-3 atomic layer deposition process with doubled growth rate and optimized interface properties in metal-insulator-metal capacitors

In: Journal of vacuum science and technology A. Vacuum, surfaces and films, Vol. 31 (2013), No. 1, Art. 01A123

Weinreich, W.; Wilde, L.; Müller, J.; Sundqvist, J.; Erben, E.; Heitmann, J.; Lemberger, M.; Bauer, A. J.

Structural properties of as deposited and annealed ZrO_2 influenced by atomic layer deposition, substrate, and doping

In: Journal of vacuum science and technology A. Vacuum, surfaces and films, Vol. 31 (2013), No. 1, Art. 01A119, 9 pp.

Wilke, U.; Czarske, J.; Sandner, T.; Fischer, A.

Bildgebende und zeitlich hochauflösende Messungen von instationären Strömungsphänomenen mittels FM-DGV und einem Mikroscoannerspiegel

Lasermethoden in der Strömungsmesstechnik – 21. Fachtagung, München, 2013, Nr. 5 (8S.) ISBN 978-3-9805613-9-6

Yurchuk, E.; Müller, J.; Knebel, S.; Sundqvist, J.; Graham, A. P.; Melde, T.; Schröder, U.; Mikolajick, T.

Impact of layer thickness on the ferroelectric behaviour of silicon doped hafnium oxide thin films

In: Spiga, S.: E-MRS 2012 Symposium L: Novel Functional Materials and Nanostructures for innovative non-volatile memory devices: 14-17 May 2012, Strasbourg, France. Amsterdam: Elsevier, 2013. (Thin solid films 533.2013), pp. 88-92

Zhou, D. Y.; Xu, J.; Li, Q.; Guan, Y.; Cao, F.; Dong, X. L.; Müller, J.; Schenk, T.; Schröder, U.

Wake-up effects in Si-doped hafnium oxide ferroelectric thin films

In: Applied Physics Letters, Vol. 103 (2013), No. 19, Art. 192904, 4 pp.

ACADEMIC THESES

Dissertations	Dissertationen
Berndt, Dirk	Optische Kalibrierung von diffraktiven Mikrospiegelarrays Technische Universität Dresden; Betreuender Hochschullehrer und Erstgutachter: Prof. Hubert Lakner, Zweitgutachter: Prof. Wilfried Mokwa, Mentor: Jörg Heber
Weder, Andreas	Entwurf anwendungsspezifischer drahtloser Körpernetzwerke zur Vitalparameterübertragung Technische Universität Dresden; Betreuender Hochschullehrer und Erstgutachter: Prof. Wolf-Joachim Fischer, Zweitgutachter: Prof. Henrich
Weinreich, Wenke	Herstellung und Charakterisierung ultradünner ZrO₂-basierter Schichten als Isolatoren in Metall-Isolator-Metall Kondensatoren Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg; Betreuender Hochschullehrer und Erstgutachter: Prof. Heiner Rüssel, Zweitgutachter: Prof. Wolfgang Barka
Master Theses	Masterarbeiten
Bachmann, Alexander	Analyse und Optimierung des Wissensmanagement in Forschung und Entwicklung Wilhelm Büchner Hochschule Darmstadt; Betreuer: Dr. Frank Deicke
Eisermann, René	Technologische Entwicklung und Charakterisierung von Siliziumnitrid-Wellenleitern Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg; Erstgutachter: Prof. Schenk
Gujjeti, Pruthvi Raj	Development of a FPGA (ZYNQ) based Imaging system for High Speed data transmission via USB 3.0 (Super Speed) Hochschule Bremen (FH); Betreuer: Christian Gerwig
Kapitalam, Lakshmi Kumar	Drive a MEMS-Micro Scanning Mirrors based Laser Projection System using an Embedded Hardware Platform Universität Bremen; Betreuer: Dr. Uwe Schelinski
Knopf, Alexander	Integriert-optischer Frequenzschieber auf der Basis von Phasenmodulatoren Brandenburgische Technische Universität Cottbus - Senftenberg; Erstgutachter: Prof. Schenk
Koch, Johannes	Optimierung der Zuverlässigkeit und elektrischen Eigenschaften high-k-basierter MIM-Kondensatoren, TU Bergakademie Freiberg; Betreuer: Dr. Wenke Weinreich
Nitzsche, Mario	Konzeption und Realisierung eines Lichtmodulators auf Basis eines Spiegelarrays Technische Universität Dresden; Betreuer: Dr. Steffen Sinning
Schneider, Tobias	Transceiver-Entwicklung für optische High-Speed-Datenübertragung Beuth Hochschule für Technik Berlin (FH); Betreuer: Dr. Frank Deicke
Siegemund, Martin	Entwicklung einer betriebssystemgestützten Firmware für die Umsetzung eines USB-Tunnels mittels Giga-IR Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH); Betreuer: Dr. Frank Deicke
Steinke, Philipp	Optimierung eines nasschemischen Reinigungs- und Ätzprozesses an Ultra-Low-k-Strukturen im Back-End-of-Line für die Halbleitertechnologie Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH); Betreuer: Dr. Benjamin Uhlig

WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

ACADEMIC THESES

Wislicenus, Marcus **Optimierung eines Kobalt-MOCVD-Prozesses zur Herstellung von Kupferdiffusionsbarrieren**
Westfälische Hochschule Zwickau; Betreuer: Dr. Romy Liske

Diploma Theses Diplomarbeiten

Kimme, Simon **Konzeptioneller Bauelemententwurf eines quasistatischen Mikrosanners mit Hybridantrieb und großer Spiegelapertur zur hochdynamischen und präzisen zweidimensionalen Strahlpositionierung**
Technische Universität Dresden; Betreuer: Dr. Thilo Sandner

Kleinschmidt, Sebastian **Entwicklung von Bildverarbeitungsalgorithmen zur Bewertung der Fitness von Banknoten**
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH); Betreuer: Mario Grafe

Mroß, Andreas **Charakterisierung und Weiterentwicklung von Modulationsschaltungen von Laserdioden für Laserprojektion**
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH); Betreuer: Hans-Georg Dallmann

Roth, Matthias **Ein Beitrag zur Regelung von quasistatischen Mikroskannern zur hochdynamischen und präzisen Strahlpositionierung**
Technische Universität Dresden; Betreuer: Dr. Thilo Sandner

Scheibner, Christian **Effiziente Datenverarbeitung in einem RFID-Sensorsystem**
Technische Universität Dresden; Betreuer: Dr. Ralf Hildebrandt

Bachelor Theses Bachelorarbeiten

Barth, Robert **Entwurf, Systemkonzipierung und Realisierung einer Ansteuerung für 2D-Mikroskannerspiegel**
Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH); Betreuer: Dr. Markus Schwarzenberg

Sobek, Paul **Erstellung einer Bibliothek zur Ansteuerung eines 24bit EKG-ASIC in C basierend auf einem existierenden Softwareframework**
Technische Universität Ilmenau; Betreuer: Marcus Pietzsch

ANFAHRT

HOW TO REACH US

ROAD CONNECTION (EXPRESSWAY)

Follow expressway A4, from exit "Dresden-Flughafen" drive in direction Hoyerswerda along H.-Reichelt-Straße, which runs into the Grenzstraße. Maria-Reiche-Straße is the first road to the right after Dörnichtweg.

To the site "Center Nanoelectronic Technologies CNT" exit expressway A4 at "Dresden-Flughafen" (81b) towards Dresden-Airport. Turn right at the crossway Herman-Reichelt-Straße/Flughafen-Straße. Follow Flughafen-Straße which leads into Karl-Marx-Straße. Turn right at the crossway Karl-Marx-Straße/Königsbrücker Landstraße. Turn left at the second stop-light (access Infineon Süd) and go to building 48.

FLIGHT CONNECTION

After arriving at airport Dresden use either bus 80 to bus stop "Puttbuser Weg" or take city railway S-Bahn to station Dresden-Grenzstraße and walk about 400 m further along Grenzstraße.

To the site "Center Nanoelectronic Technologies CNT" you may use bus line 77 from Dresden-Airport directly to Infineon Nord. From here it is a 5 minute-walk to building 48.

STRASSENVERBINDUNG (AUTOBAHN)

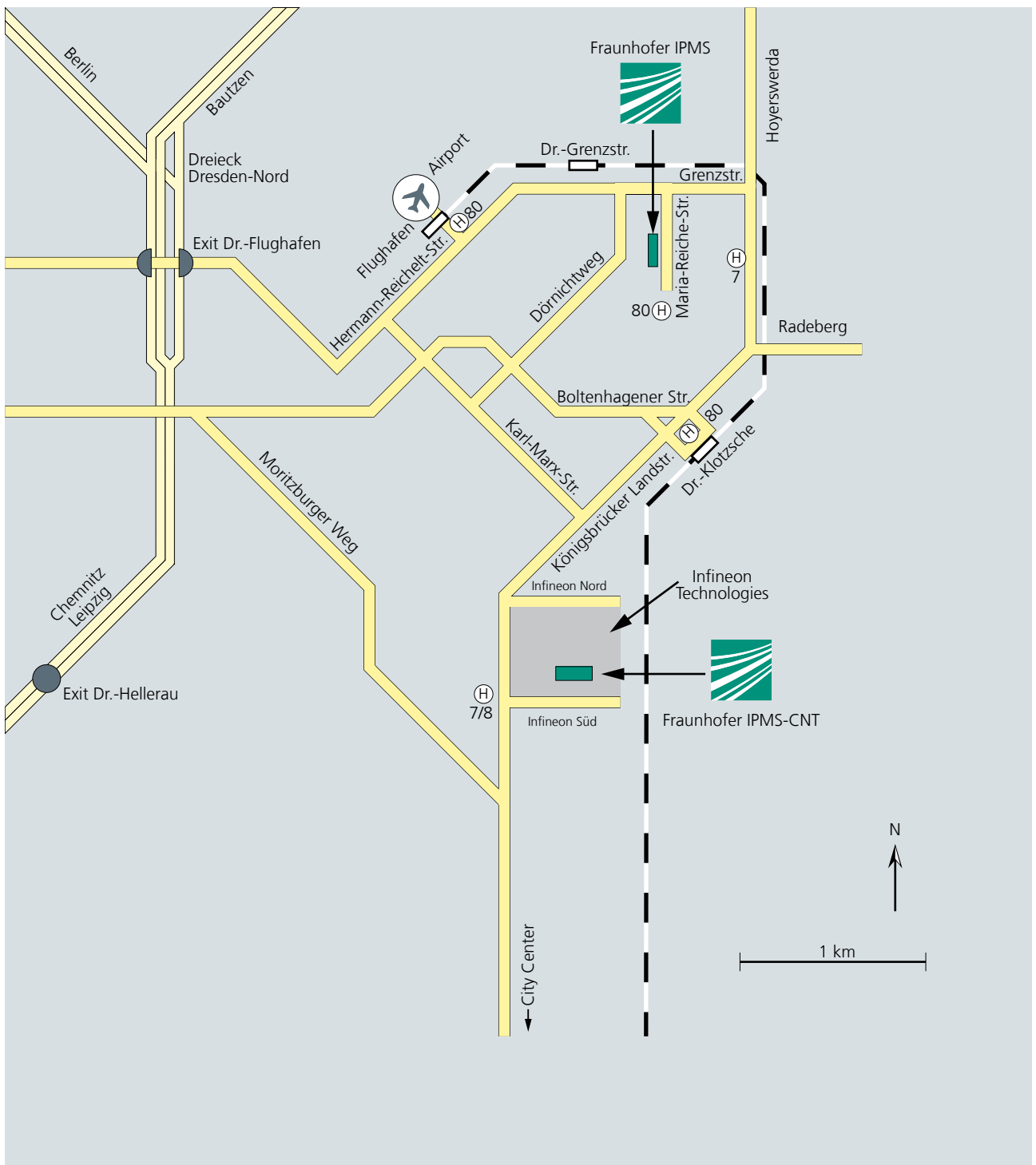
Über die Autobahn A4 an der Anschlußstelle »Dresden-Flughafen« abfahren. Die Hermann-Reichelt-Straße in Richtung Hoyerswerda nutzen. Diese mündet in die Grenzstraße. Die Maria-Reiche-Straße ist die erste Abzweigung rechts nach dem Dörnichtweg.

Zum Standort »Center Nanoelectronic Technologies CNT« über die Autobahn A4 Ausfahrt »Dresden-Flughafen« (81b) abfahren in Richtung Dresden Flughafen. Rechts in die Flughafenstraße abbiegen, diese mündet in die Karl-Marx-Straße. Biegen Sie erneut rechts auf die Königsbrücker Landstraße, folgen Sie dieser bis zur zweiten Ampelkreuzung und biegen links in die Einfahrt Infineon Süd zum Gebäude 48.

FLUGVERBINDUNG

Nach der Ankunft im Flughafen Dresden entweder den Bus 80 bis zur Haltestelle »Puttbuser Weg« nehmen oder mit der S-Bahn eine Haltestelle bis Dresden-Grenzstraße fahren und etwa 400 m die Grenzstraße weiter laufen.

Zum Standort »Center Nanoelectronic Technologies CNT« nutzen Sie die Buslinie 77 vom Flughafen direkt zu Infineon Nord. Von da aus sind es 5 Minuten zum Gebäude 48.





WEITERE INFORMATIONEN

MORE INFORMATION

DR. MICHAEL SCHOLLES

Tel. +49 351 / 8823 - 201

Fax +49 351 / 8823 - 266

info@ipms.fraunhofer.de

SOCIAL MEDIA



www.facebook.com/FraunhoferIPMS



www.twitter.com/FraunhoferIPMS



www.xing.com/companies/fraunhoferipms

IMPRESSUM

EDITORIAL NOTES

© Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS,
Dresden 2014

RECHTE

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur mit
Genehmigung der Institutsleitung.

GESTALTUNG

Fraunhofer IPMS

ÜBERSETZUNG

Fraunhofer IPMS; Proverb oHG, Buxtehude

DRUCK

Union Druckerei Dresden GmbH, Dresden

FOTOS

Fraunhofer-Gesellschaft;
Jürgen Lösel/VISUM;
Sven Döring/FOCUS
Maximilian Drescher

© Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems IPMS,
Dresden 2014

COPYRIGHTS

All rights reserved. Reproduction requires the
permission of the Director of the Institute.

LAYOUT

Fraunhofer IPMS

TRANSLATION

Fraunhofer IPMS; Proverb oHG, Buxtehude

PRINT

Union Druckerei Dresden GmbH, Dresden

PHOTOS

Fraunhofer-Gesellschaft;
Jürgen Lösel/VISUM;
Sven Döring/FOCUS
Maximilian Drescher

