

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

**2014**



---

**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](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de](http://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 04  
Fax: +49 351 / 26 07 - 30 05  
E-Mail: [contact@ipms.fraunhofer.de](mailto:contact@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de](http://www.ipms.fraunhofer.de)

---

**FRAUNHOFER-PROJEKTGRUPPE MESYS**

---

Anschrift: Fraunhofer IPMS an der  
BTU Cottbus-Senftenberg  
Dr. Klaus Schimmanz  
Postfach 101344  
D-03046 Cottbus  
Telefon: +49 355 / 69 24 83  
E-Mail: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de](http://www.ipms.fraunhofer.de)

---

**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](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de](http://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 04  
Fax: +49 351 / 26 07 - 30 05  
Email: [contact@ipms.fraunhofer.de](mailto:contact@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de](http://www.ipms.fraunhofer.de)

**FRAUNHOFER PROJECT GROUP MESYS**

---

Address: Fraunhofer IPMS at  
BTU Cottbus - Senftenberg  
Dr. Klaus Schimmanz  
P.O. Box 101344  
03046 Cottbus  
Phone: +49 355 / 69 24 83  
Email: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de](http://www.ipms.fraunhofer.de)



Prof. Dr. Hubert Lakner



-----  
**PREAMBLE**  
-----

Dear Readers, Friends and Partners of the Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems,

Once again, our Institute can look back on a successful year. In 2014, we were able to finance a little more than half of our 30 million euro operating expenses through industry research contracts for an overall positive result as in previous years. We have worked together with many of our customers and strategic partnerships have been established. We thank you for this vote of confidence and hope that you will successfully cooperate with the Fraunhofer IPMS in the future.

In order to remain appealing to current customers and to attract new clients in the future, we must continue to develop even further. Selected news from our areas of business as well as results from publicly funded projects are presented in detail in this annual report.

For more than ten years, you have known our Institute to be a competent partner for the research, development and pilot fabrication of MEMS components, modules and systems particularly for photonic applications. With the expansion of our portfolio through the integration of the Center Nanoelectronic Technologies (CNT), we have gained access to new customers and application fields. CNT capabilities such as the use of new materials in microelectronics and others also benefit long-established fields of work at the Institute. By the end of 2014, the economical and organizational integration of the CNT was almost fully complete. The Institute certification according to DIN EN ISO 9001 standard was also

-----  
**VORWORT**  
-----

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

unser Institut blickt erneut auf ein erfolgreiches Jahr zurück. Wir konnten bei einem positiven Jahresergebnis wie in den Vorjahren über die Hälfte unseres operativen Aufwands von mehr als 30 Millionen Euro im Jahr 2014 durch Vertragsforschung aus der Industrie gegenfinanzieren. Mit vielen Kunden arbeiten wir seit geraumer Zeit zusammen. Strategische Partnerschaften haben sich etabliert. Wir danken Ihnen für dieses uns gegenüber ausgesprochene Vertrauen und hoffen, dass Sie auch zukünftig mit dem Fraunhofer IPMS kooperieren.

Natürlich bedarf es der kontinuierlichen Weiterentwicklung, um für aktuelle wie zukünftige Kunden attraktiv zu sein und zu bleiben. Ausgewählte Neuheiten aus unseren Geschäftsfeldern sowie Ergebnisse aus öffentlichen Förderprojekten werden in diesem Jahresbericht ausführlich dargestellt.

Seit mehr als zehn Jahren kennen Sie unser Institut als kompetenten Partner für die Forschung, Entwicklung und Pilotfertigung von MEMS-Komponenten, Modulen und Systemen, insbesondere für photonische Anwendungen. Mit der Erweiterung unseres Portfolios durch die Integration des »Center Nanoelectronic Technologies« (CNT) erschließen wir neue Anwendungsfelder. Von den Fähigkeiten des CNT u.a. zur Verwendung neuer Materialien in der Mikroelektronik profitieren auch die schon länger etablierten Arbeitsfelder des Instituts. Insgesamt ist mit Ende des Jahres 2014 die Integration des CNT inhaltlich, wirtschaftlich sowie organisatorisch fast vollständig abgeschlossen. Nicht zuletzt konnten wir im Jahr 2014 die Zertifizierung des Instituts gemäß



der Norm DIN EN ISO 9001 auf das CNT ausdehnen.

Um diese positiven Ergebnisse des Jahres 2014 in der Zukunft fortschreiben zu können, müssen wir kontinuierlich neue Themenfelder erschließen. Hier sind wir auf öffentliche Förderung angewiesen. Das Fraunhofer IPMS hat sich daher im Jahr 2014 intensiv mit Anträgen an den jeweils ersten Antragsrunden der neuen EU-Förderinstrumente Horizon 2020 und ECSEL beteiligt. Wir freuen uns, Ende des Jahres die Zusage der Fördergeber für jeweils zwei Projekte in Horizon 2020 und in ECSEL erhalten zu haben. Besonders letztere werden in den Folgejahren in sogenannten Pilotlinien die Partnerschaften mit der lokalen Halbleiterindustrie intensivieren und so neue Möglichkeiten für das Institut und damit Sie als Kunden schaffen.

Ein Alleinstellungsmerkmal des Fraunhofer IPMS ist es, seinen Kunden nicht ausschließlich Forschung und Entwicklung, sondern im eigenen Reinraum auch Pilotfertigung anbieten zu können. Um hier wettbewerbsfähig zu bleiben, werden wir in nächster Zukunft die Umstellung auf Anlagen zur Prozessierung von 200mm-Wafern durchführen müssen. Im Jahre 2014 wurden dazu schon weitgehende Planungen vorgenommen. Wir rechnen für 2015 mit der Freigabe der notwendigen Mittel für deren Umsetzung. Prämisse während der dann folgenden Umstellung ist es, die Auswirkungen für unsere Kunden so gering wie möglich zu halten.

Wir sind zuversichtlich, dass wir mit Ihnen gemeinsam als unseren Kunden, Förderern und Partnern mit viel Engagement und weiterhin ausgezeichneten Leistungen diese Herausforderungen meistern werden.

Ihre Hubert Lakner und Harald Schenk

expanded to include the CNT.

In order to carry the positive results of 2014 into the future, the Institute must continue to develop emerging fields. For such projects, we are dependent upon public funding. Therefore, the Fraunhofer IPMS was intensively involved in preparing and submitting proposals for the first application rounds of the new EU funding instruments „HORIZON 2020“ and ECSEL. We are delighted to have received at the end of the year the pledge for funding for two projects in „HORIZON 2020“ and ECSEL respectively. The project funded by ECSEL in particular will intensify partnerships with the local semiconductor industry in the coming years with so-called pilot lines to provide new opportunities for both the Institute and you as customers.

It is a unique characteristic of the Fraunhofer IPMS to offer our customers not only research and development, but rather to also provide pilot production in our own microsystems technology cleanroom. In order to remain competitive, we must convert the plants for the processing of 200mm wafers in the near future. In 2014, extensive planning for the conversion was carried out and we expect the necessary funding to be released in 2015. It is our intention to keep customer impact as low as possible during the conversion period.

Together with you, our customers, sponsors and partners, we are confident that we will overcome these upcoming challenges with continued dedication and excellent performance.

Hubert Lakner and Harald Schenk



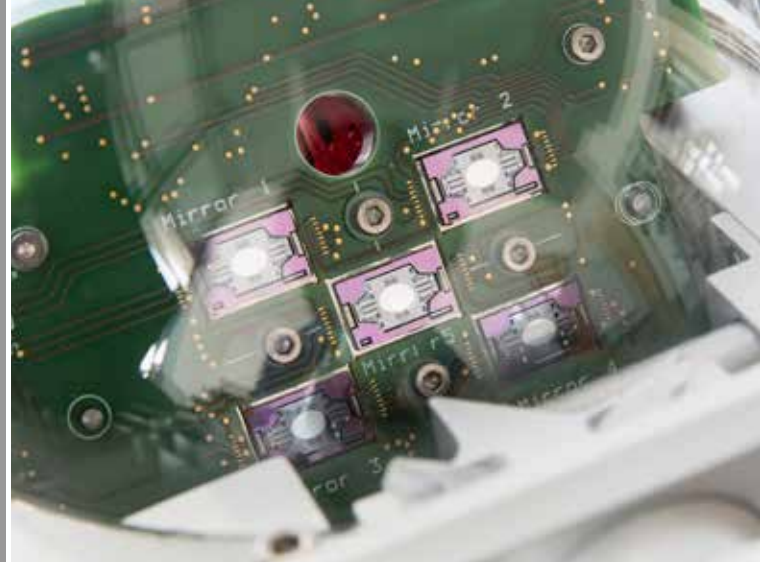


## CONTENTS

Preamble. . . . .	2
The Fraunhofer IPMS in Profile. . . . .	6
Fraunhofer-Gesellschaft. . . . .	8
Fraunhofer IPMS in Figures . . . . .	10
Advisory Board . . . . .	11
Memberships and Networks . . . . .	12
Scientific Excellence. . . . .	14
<b>Applications and Business Fields . . . . .</b>	<b>16</b>
Active Micro-optical Components and Systems . . . . .	18
Spatial Light Modulators . . . . .	22
Sensor and Actuator Systems . . . . .	24
Wireless Microsystems. . . . .	28
Center Nanoelectronic Technologies CNT . . . . .	32
<b>MEMS Technologies Dresden . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>Center Nanoelectronic Technologies . . . . .</b>	<b>44</b>
<b>Highlights. . . . .</b>	<b>50</b>
Completed Public Projects . . . . .	52
Fraunhofer IPMS Successful with Proposals for European Microelectronics Funding . . . . .	58
Initial Success under Horizon 2020 . . . . .	59
Prof. Lakner Advises European Commission on Strategic Issues in Micro and Nanoelectronics . . . . .	60
Theranostic Implants - Development of Key Technologies for Medicine . . . . .	62
Dresden Delegation Promotes Cooperation with Microelectronics Region of Grenoble. . . . .	63
Innovations at Trade Shows and Conferences . . . . .	64
Dresden Long Night of Science at the "Micro Nano North" Location . . . . .	65
BASF and Fraunhofer Develop Microelectronics Process Chemicals . . . . .	66
CNT Secures Research Location with Infineon Technologies Dresden . . . . .	67
Fraunhofer Bessel Award-winner Researching at the Fraunhofer IPMS . . . . .	68
Research Meets Industry: 4th Industry Partner Day at the Fraunhofer IPMS-CNT . . . . .	69
Fraunhofer Science Campus 2014 in Dresden . . . . .	70
Fraunhofer IPMS-CNT certified according to ISO standard . . . . .	71
<b>Knowledge Management . . . . .</b>	<b>72</b>
Patents . . . . .	74
Publications. . . . .	81
Academic Theses. . . . .	88

◀ Wafer processing in the clean room.

MEMS scanner array. ▶



---

## INHALT

---

Vorwort . . . . .	2
Das Fraunhofer IPMS im Profil . . . . .	6
Fraunhofer-Gesellschaft . . . . .	8
Fraunhofer IPMS in Zahlen . . . . .	10
Kuratoren . . . . .	11
Mitgliedschaften und Netzwerke . . . . .	12
Wissenschaftliche Exzellenz . . . . .	14
<b>Anwendungen und Geschäftsfelder . . . . .</b>	<b>16</b>
Aktive Mikrooptische Komponenten und Systeme . . . . .	18
Flächenlichtmodulatoren . . . . .	22
Sensor- und Aktorsysteme . . . . .	24
Drahtlose Mikrosysteme . . . . .	28
Center Nanoelectronic Technologies CNT . . . . .	32
<b>MEMS Technologies Dresden . . . . .</b>	<b>36</b>
<b>Center Nanoelectronic Technologies . . . . .</b>	<b>44</b>
<b>Höhepunkte . . . . .</b>	<b>50</b>
Abgeschlossene öffentliche Projekte . . . . .	52
Fraunhofer IPMS mit Anträgen zur europäischen Mikroelektronikförderung erfolgreich . . . . .	58
Erste Erfolge bei Horizon 2020 . . . . .	59
Prof. Lakner berät Europäische Kommission in Strategiefragen der Mikro- und Nanoelektronik . . . . .	60
Theranostische Implantate – Entwicklung von Schlüsseltechnologien für die Medizin . . . . .	62
Dresdner Delegation fördert Kooperation mit Mikroelektronikregion Grenoble . . . . .	63
Neuheiten auf Fachmessen und Konferenzen . . . . .	64
Dresdner Lange Nacht der Wissenschaften am Standort »Micro Nano Nord«. . . . .	65
BASF und Fraunhofer entwickeln Prozesschemikalien für die Mikroelektronik . . . . .	66
CNT sichert Forschungsstandort mit Infineon Dresden . . . . .	67
Fraunhofer-Bessel-Preisträger forscht am Fraunhofer IPMS . . . . .	68
Forschung trifft Industrie: 4. Industry Partner Day am Fraunhofer IPMS-CNT . . . . .	69
Fraunhofer-Wissenschaftscampus 2014 in Dresden . . . . .	70
Fraunhofer IPMS-CNT nach ISO-Standard zertifiziert . . . . .	71
<b>Wissensmanagement. . . . .</b>	<b>72</b>
Patente . . . . .	74
Veröffentlichungen . . . . .	81
Wissenschaftliche Arbeiten . . . . .	88



### THE FRAUNHOFER IPMS IN PROFILE

---

The Fraunhofer IPMS with its 300 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. More than 50 percent of our annual operating expense of 32 million euros is financed by direct commissions from industry.

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 m<sup>2</sup> (15,000 ft<sup>2</sup>) 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 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 m<sup>2</sup> 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 300 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. Mehr als die Hälfte unseres jährlichen operativen Aufwands von 32 Millionen Euro wird durch Vertragsforschung aus der Industrie gegenfinanziert.

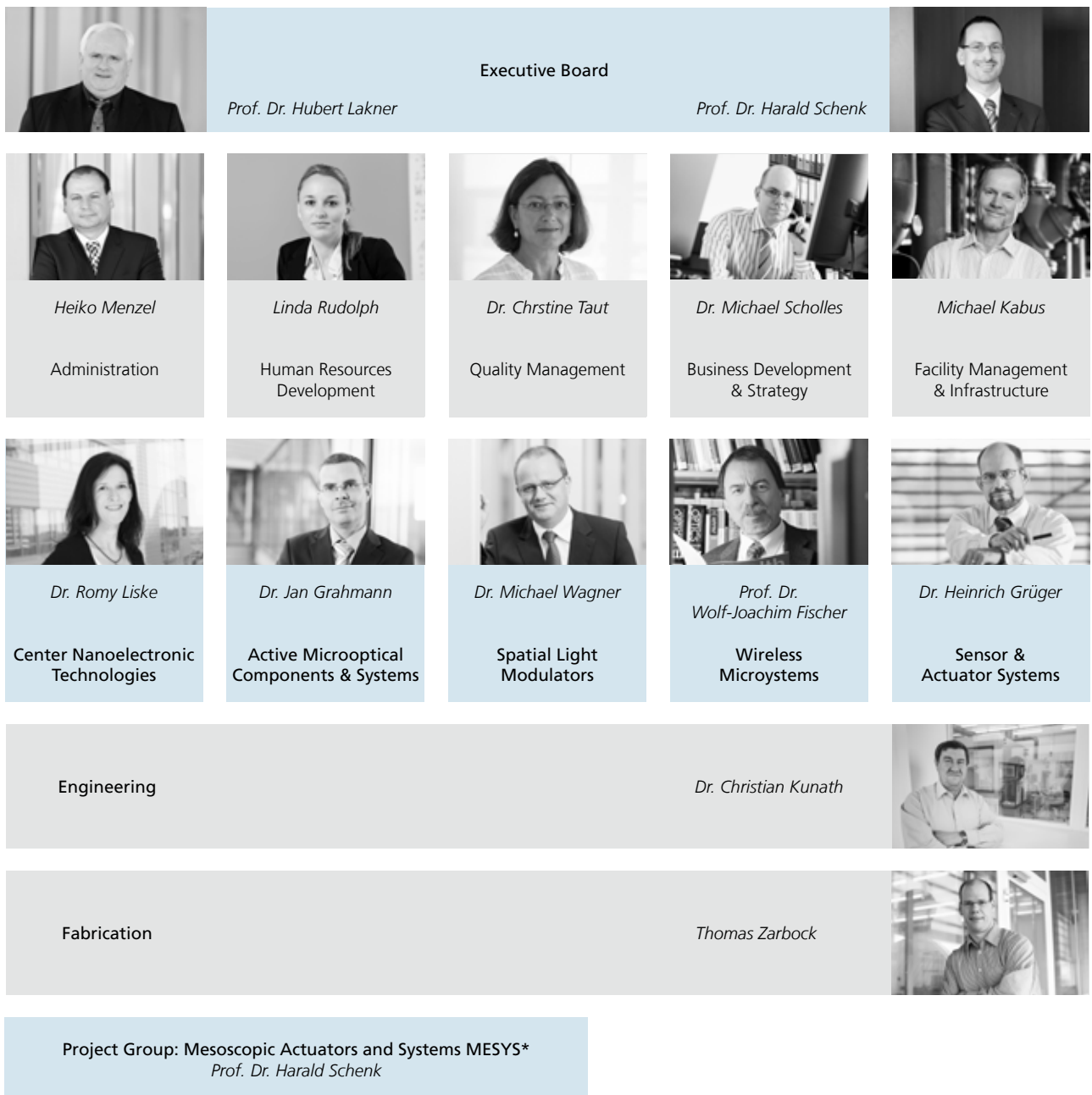
Auf dem Gebiet der mikromechanischen und photonischen Mikrosysteme bieten wir Komplettlösungen vom Konzept über das Bauelement bis zum kompletten System an. Dies schließt Muster- und Pilotfertigung im eigenen 1500 m<sup>2</sup> (15000 ft<sup>2</sup>) Reinraum (Klasse 4 nach ISO 14644-1) mit qualifizierten 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 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 m<sup>2</sup> 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

---

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

At present, the Fraunhofer-Gesellschaft maintains 66 institutes and research units. The majority of the nearly 24,000 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of more than 2 billion euros. Of this sum, around 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, enabling the institutes to work ahead on solutions to problems that will not become acutely relevant to industry and society until five or ten years from now.

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.

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

#### FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

---

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

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 66 Institute und Forschungseinrichtungen. Knapp 24.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2 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, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

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

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



---

## 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 345 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. Vorsitzender des Verbundes ist Prof. Dr. Hubert Lakner.

---

## 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 345 million euros.

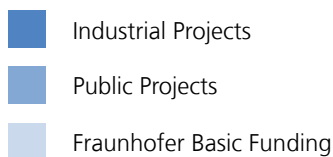
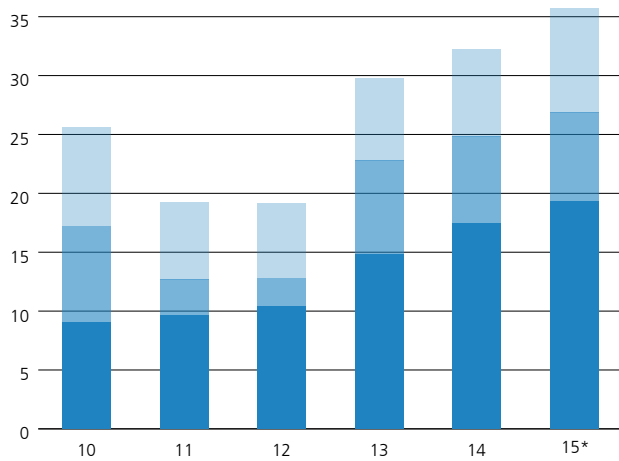
The group is able to provide future-oriented research and application-oriented developments, in particular, for innovative small- and medium-sized enterprises that will help them gain a decisive competitive edge. The Fraunhofer Group for Microelectronics supports its customers from technology to the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

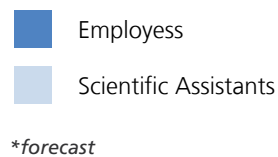
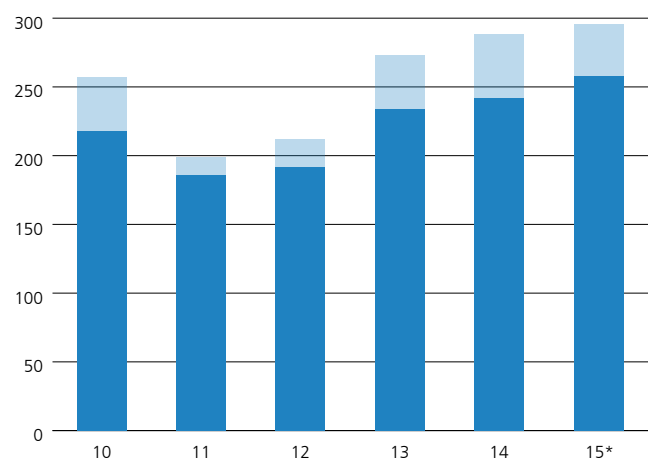
## FRAUNHOFER IPMS IN ZAHLEN

# FRAUNHOFER IPMS IN FIGURES

BUDGET (IN MLN EUR)



EMPLOYEES



BREAKDOWN OF PROJECT REVENUES AS PERCENTAGES OF THE OPERATING BUDGET

(since 2013 with Center Nanoelectronic Technologies)

	2010	2011	2012	2013	2014	2015*
Industry	35,5%	51,1%	54,4%	51,3%	54,7%	51,6%
Public Revenues	31,8%	14,0%	8,8 %	15,0 %	20,0 %	25,0 %
Total	67,4%	65,5%	67,2%	78,6%	80,3%	73,0%
Employees	257	199	212	279	292	297





---

KURATOREN

ADVISORY BOARD

---

**MR'in Dr. Annerose Beck**

*Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, Head of Division*

**Prof. Dr. Alex Dommann**

*EMPA Swiss Federal Laboratories for Materials Science and Technology, Head of Department  
»Materials meet Life«*

**Prof. Dr. Steffen Großmann**

*TU Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Dean*

**Dirk Hilbert**

*Landeshauptstadt Dresden, Deputy Mayor,  
Head of Department of Economic Development*

**Prof. Dr. Thomas Mikolajick**

*NaMLab gGmbH,  
Scientific Director*

**MinRat Peter G. Nothnagel**

*Saxony Economic Development Corporation,  
Managing Director*

**Dr. Jürgen Rüstig**

*TechConsult, independent consultant*

**Dr. Ronald Schnabel**

*VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und Feinwerktechnik (GMM), Managing Director*

**Jürgen Berger**

*VDI/VDE Innovation + Technik GmbH,  
Division Manager*

**Prof. Dr. Gerald Gerlach**

*TU Dresden, Institut für Festkörperelektronik,  
Director*

**Konrad Herre**

*Plastic Logic GmbH, COO,  
Chairman of the advisory board*

**Prof. Dr. Jörg-Uwe Meyer**

*MT2IT GmbH & Co. KG,  
General Manager*

**Prof. Dr. Wilfried Mokwa**

*RWTH Aachen, Institut für Werkstoffe der Elektrotechnik,  
Director*

**Dr. Axel Preuße**

*Globalfoundries Dresden Module One LLC & Co. KG,  
GF Fellow*

**Dr. Hermann Schenk**

*Schenk Industry Consulting, Managing Director*

**Dr. Norbert Thyssen**

*Infineon Technologies Dresden GmbH & Co OHG,  
Director*

## MITGLIEDSCHAFTEN UND NETZWERKE

# MEMBERSHIPS AND NETWORKS



Association for Automatic Identification and Mobility



---

## KOOPERATIONEN DES FRAUNHOFER IPMS

---

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 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aktiv am Erfahrungsaustausch und fördern Know-how-Transfer, enge wirtschaftliche Beziehungen und Innovationskraft.

Eine enge Zusammenarbeit besteht seit Jahren nicht nur mit verschiedenen Branchenverbänden wie zum Beispiel dem Silicon Saxony, sondern auch mit anderen Fraunhofer-Instituten. So organisiert sich das Fraunhofer IPMS mit fachlich verwandten Instituten im Verbund Mikroelektronik (siehe Seite 9 dieses Berichts), um gemeinsam am FuE-Markt aufzutreten oder kooperiert mit dem Geschäftsfeld WMS in der Fraunhofer-Allianz Ambient Assisted Living AAL mit Abteilungen anderer Institute, um Geschäftsfelder des Gesundheitsmarktes gemeinsam zu bearbeiten.

Darüber hinaus bündelt das Fraunhofer IPMS seine Kompetenzen mit zahlreichen anderen Instituten im Rahmen einer zweckgebundenen Förderung von FuE-Projekten durch die Fraunhofer-Gesellschaft mit dem Ziel, eine marktorientierte wissenschaftlich/technisch anspruchsvolle Vorlufforschung zu ermöglichen. Zu diesen Fraunhofer-internen Programmen gehören auch die so genannten Leitprojekte, die direkt vom Präsidenten eingesetzt werden und Projektvolumina von bis zu 10 Millionen Euro über eine Projektlaufzeit von vier Jahren bereitstellen. Im Jahr 2014 startete das Fraunhofer IPMS gemeinsam mit zehn weiteren Fraunhofer-Einrichtungen das Leitprojekt »Theranostische Implantate« (siehe dazu Seite 62 dieses Berichts).

---

## FRAUNHOFER IPMS COOPERATIONS

---

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 not only with business associations such as Silicon Saxony but also with other Fraunhofer institutes. Within the Fraunhofer Group for Microelectronics (please also see page 9 of this report) the Fraunhofer IPMS collaborates with institutes working in related subject areas, in order to foster a joint presence on the R&D market. Also, the business unit WMS is cooperating with departments of other institutes within the framework of the Fraunhofer Alliance for Ambient Assisted Living to find mutual solutions for the health care market.

In addition, Fraunhofer IPMS shares its expertise with numerous institutions as part of its dedicated support for R&D projects within the Fraunhofer society which aim to make demanding market-oriented scientific/technical preliminary research possible. These Fraunhofer internal programs also include so-called lead projects which are designated directly by the President and provide project volumes of up to 10 million euros over a four-year project period. In 2014, together with ten other Fraunhofer institutes, Fraunhofer IPMS launched the "Theranostic Implants" lead project (see page 62 auf this report).

## WISSENSCHAFTLICHE EXZELLENZ

# SCIENTIFIC EXCELLENCE

### DRESDEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

---

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. Hubert Lakner and Business Unit manager, Prof. 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<sup>EFF</sup> 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. Harald Schenk holds a professorship for micro and nanosystems.

### 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. Hubert Lakner und Geschäftsfeldleiter Prof. 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<sup>EFF</sup> 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. Harald Schenk eine Professur 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 – Senftenberg. Die gemeinsame Forschergruppe soll eine außeruniversitäre Forschungseinrichtung in der Lausitz auf den Weg bringen.

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 1<sup>st</sup> October 2012 under the chairmanship of Prof. Schenk. It will use the laboratories and facilities of BTU Cottbus – Senftenberg for an initial term of five years. The joint research group is intended to launch a non-university research institute in Lusatia (Lausitz).



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

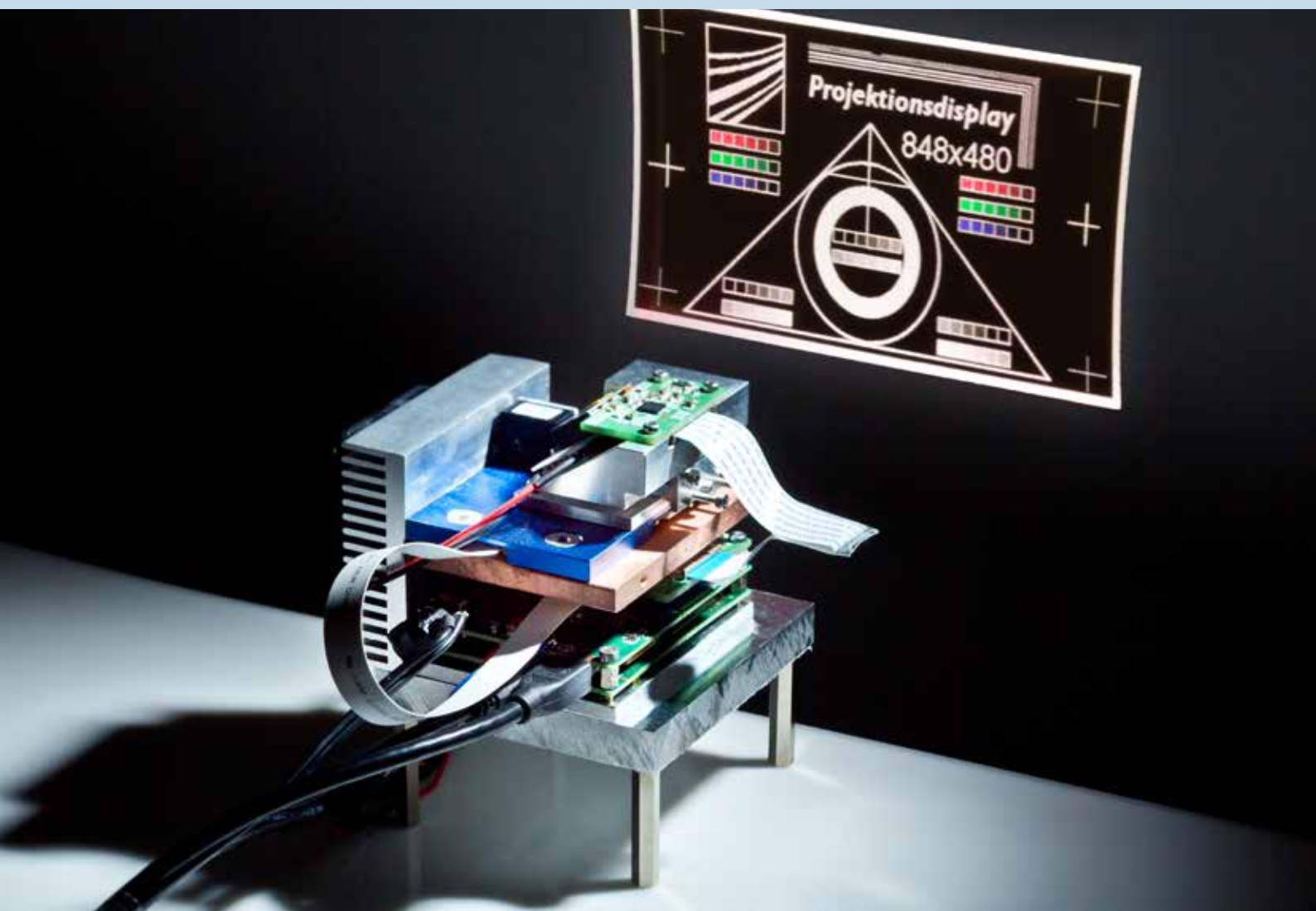
Prof. Dr. Harald Schenk

---

---

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 100 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](http://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.

## 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 100 kHz. Die Anwendungsbreite erstreckt sich von Strichcode-Lesesystemen über die 3D-Messtechnik bis hin zur Laserprojektion, Spektroskopie und Fokusbereitschaftenmodulation. Interessenten haben die Möglichkeit, über eine Internetplattform ([www.micro-mirrors.com](http://www.micro-mirrors.com)) kundenspezifische Scanner schnell und kostengünstig für ihre Evaluierung zu beziehen. Neben den resonanten Scannern werden auch quasistatisch auslenkbare Mikroscoopers 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.



◀◀ MEMS laser projection unit based on LinScan technology.

Optical scan head with integrated  
MEMS scanning mirror array. ▶



### MEMS-BASIERTE 3D-LASERSCANTECHNOLOGIE

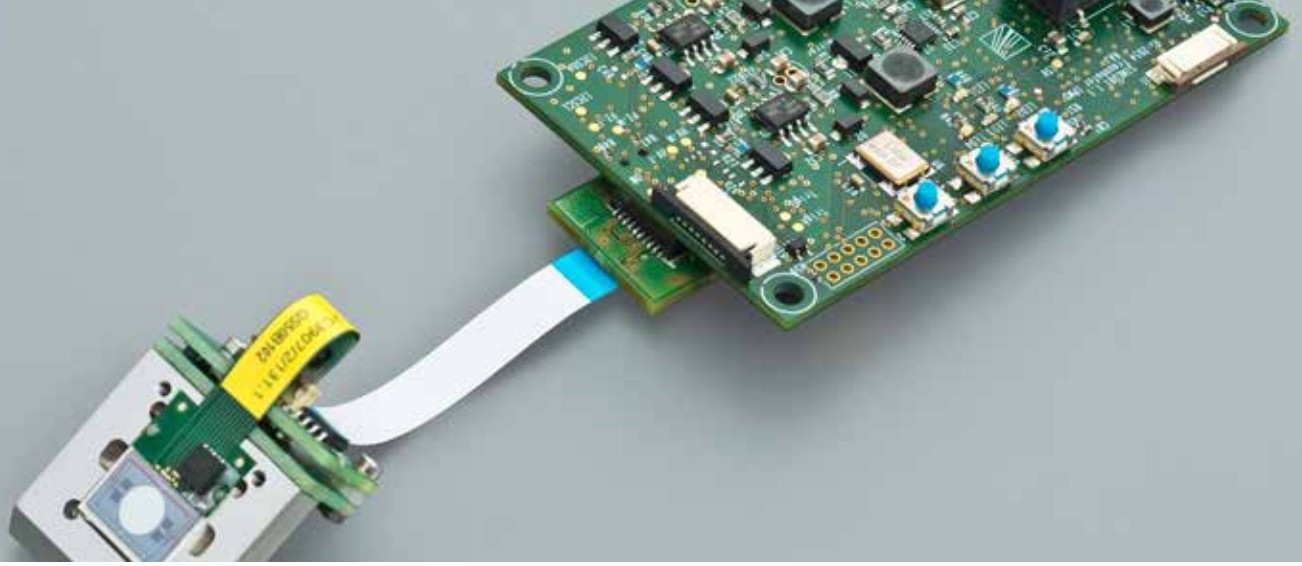
Fraunhofer-Forscher haben einen 3D-Laserscanner entwickelt, der nach dem Vorbild des menschlichen Auges die Fähigkeit hat, sich auf wesentliche Bildausschnitte zu konzentrieren, um diese mit entsprechend höherer Auflösung zu erfassen. Das System ist von Umgebungslicht unabhängig und liefert in Echtzeit hochwertige 3D-Informationen auch über größere Entfernungen hinweg.

Das Geschäftsfeld AMS steuerte eine neuartige MEMS-Scantechnologie als Hardware-Schlüsselkomponente bei. Die Spiegelmechanik lenkt dabei den zeitlich modulierten Sendestrahл über das zu messende Objekt. Das dort gestreute Licht des Sendestrahls wird über mehrere synchron zum Sender bewegte Empfangsspiegel auf einen Photodetektor abgebildet und die Entfernung des Objektes anhand der gemessenen Phasen- oder Pulslaufzeit des empfangenen Lichtes bestimmt. Das Scansystemkonzept basiert auf einem in vertikaler Richtung resonant scannenden 1D-MEMS-Array, welches mittels eines konventionellen elektrodynamischen Antriebs geschwenkt beziehungsweise gedreht werden kann. Durch Einsatz von 22 Empfangsspiegeln mit Einzelaperturen von  $8,4 \times 2,3 \text{ mm}^2$  und integrierter Spiegelpositionssensorik konnte der optische Füllfaktor deutlich erhöht und so Messungen auch aus Entfernungen bis ca. 30 m ermöglicht werden. Im Gegensatz zu kamerabasierten Techniken liegt die Stärke der Laserscantechnologie in ihrer Unabhängigkeit von stark unterschiedlichen Lichtverhältnissen, die sie für Anwendungen im Außenbereich prädestiniert. Die extrem hohe Scangeschwindigkeit von 1,6 kHz erlaubt Aufnahmen quasi in Echtzeit und so auch die Erfassung sich bewegender Objekte wie zum Beispiel Flugzeugen auf Landebahnen.

### MEMS-BASED 3D LASER SCANNING

Fraunhofer researchers have developed a 3D laser scanner that can just as the human eye focus on key sections of an image and capture them with a correspondingly higher resolution. The system functions independently of ambient light and delivers high-quality 3D information in real time, even over greater distances.

The business unit AMS was responsible for a novel MEMS scanning technology needed as the key hardware component. Its reflector mechanism directs the time-modulated transmission beam over the object that is to be measured. The light of the transmission beam that is dispersed over that area is shown on a photo-detector using several receiving reflectors that move synchronous to the beam, and the distance of the object is determined using the measured phase or pulse run time of the light that is received. The scanning system concept is based on a 1D MEMS array that performs resonant scanning in a vertical direction, which can be pivoted and rotated with a conventional electro-dynamic drive. The team was able to significantly increase the visual fill factor with the use of 22 receiving reflectors with individual apertures of  $8.4 \times 2.3 \text{ mm}^2$  and integrated reflector position sensors, and made it possible to perform measurements from distances of up to 30 meters. In contrast to camera-based technologies, the strength of the technology is its ability to disregard the presence of different light conditions, which predestines it for outside applications. The extremely high scanning speed of the scanner of 1.6 kHz makes it possible to scan images almost in real time, and thus it is also suitable for scanning moving objects such as air planes on the runway.



## MEMS TECHNOLOGY FOR SPECTROSCOPY IN THE MEDIUM INFRARED RANGE

Environmental contamination, industrial accidents or terror attacks: there are many types of events that can put the health of humans and the environment at risk due to the leakage of hazardous substances. The assessment of and timely response to possible risks requires that the type and concentration of potentially hazardous substances can be qualitatively and quantitatively determined as quickly as possible. Spectroscopy, which involves the illumination of materials followed by an analysis of the intensity and spectral composition of the light that is affected by the sample, is predestined for this purpose. This is possible because the measurement process using electro-magnetic radiation represents a no-contact procedure and can also be applied to many different solid, liquid or gas-shaped materials as each molecule has its own unique infrared spectrum ("fingerprint"). The challenge for researchers is to combine this measurement technology into a robust and compact design, and enable it to cover the largest possible wavelength range in the medium infrared range, in order to identify the greatest number of relevant gases or more complex molecules.

To meet these requirements, Fraunhofer IPMS and 17 other project partners from nine countries are working on the development of a novel, handy variable frequency monochromatic light source for the medium infrared range as part of the European joint venture research project "MIRIFISENS – Mid Infrared Innovative Lasers for Improved Sensor of Hazardous Substances". It forms the technological basis for the development of handy spectrometers that can detect the concentration of different hazardous materials

## MEMS-TECHNOLOGIE FÜR DIE SPEKTROSKOPIE IM MITTLEREN INFRAROTBEREICH

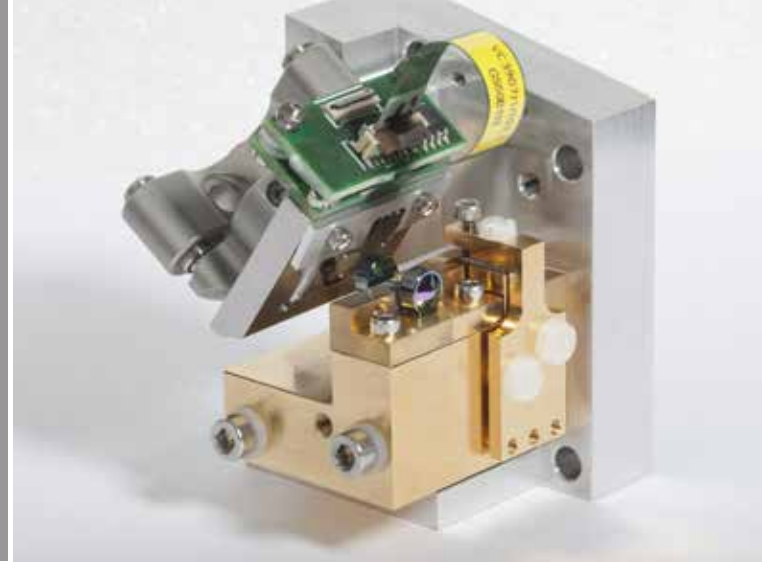
Umweltverschmutzung, Industrieunfälle oder auch Terroranschläge: es gibt viele Ursachen dafür, dass die Gesundheit von Mensch und Umwelt durch entweichende Giftstoffe in Gefahr gerät. Um mögliche Risiken einschätzen und rechtzeitig reagieren zu können, müssen Art und Konzentration potenziell gefährlicher Substanzen möglichst zeitsparend qualitativ und quantitativ bestimmbar sein. Die Spektroskopie, bei der Stoffe beleuchtet und Intensität und spektrale Zusammensetzung des von der Probe beeinflussten Lichts analysiert werden, ist hierfür prädestiniert. Denn die Messung mittels elektromagnetischer Strahlung ist berührungsfrei und, da jedes Molekül sein eigenes einzigartiges Infrarotspektrum (»Fingerabdruck«) hat, auf sehr viele verschiedene feste, flüssige oder gasförmige Stoffe anwendbar. Die Herausforderung für die Forscher besteht darin, die Messtechnik auf eine robuste kompakte Bauform zu bringen und dazu zu befähigen, im mittleren Infrarotbereich einen möglichst großen Wellenlängenbereich abzudecken, um so möglichst viele relevante Gase oder auch komplexere Moleküle identifizieren zu können.

Um diesen Anforderungen gerecht zu werden, arbeitet das Fraunhofer IPMS im Rahmen des Europäischen Verbundforschungsprojektes »MIRIFISENS – Mid Infrared Innovative Lasers for Improved Sensor of Hazardous Substances« mit 17 weiteren Projektpartnern aus neun Ländern gemeinsam an der Entwicklung einer neuartigen, handlichen, durchstimmbaren monochromatischen Strahlungsquelle für den mittleren Infrarotbereich. Diese bildet die technologische Grundlage für die Entwicklung handlicher Spektrometer, die in der Lage sind, die Konzentration verschiedener Gefahrstoffe schnell und vor

◀ MEMS diffraction grating with control electronics.

QCL module with integrated MEMS diffraction grating.

© Fraunhofer IAF. ▶

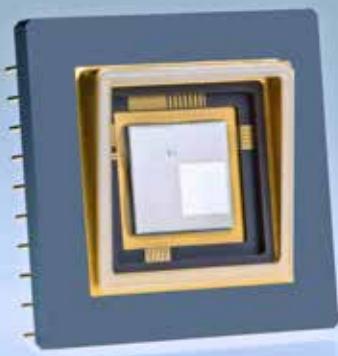


Ort zu ermitteln. Herzstück des Systems ist ein miniaturisierter Quantenkaskadenlaser (QCL), der am Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF in Freiburg entwickelt wird. Dieser deckt einen großen Bereich der für den spektroskopischen »Fingerabdruck« wichtigen Wellenlängen im mittleren Infrarot ab. Um das Licht des Quantenkaskadenlasers auf definierte Wellenlängen einstellen zu können, haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IPMS ein lichtstarkes Beugungsgitter mit 5 mm Durchmesser entwickelt. Das mikromechanisch gefertigte Beugungsgitter agiert dabei als durchstimmbarer externer Resonator des Quantenkaskadenlasers. Es erlaubt das Durchfahren der Laserwellenlänge mit einer Frequenz von 1000Hz, mit einem Durchstimmbereich von bis zu 20 Prozent der Zentralwellenlänge.

Im Zeitmultiplex kann so die Probe mit unterschiedlichen Wellenlängen bestrahlt und mittels des »Fingerabdrucks« auf Art und Konzentration der Gefahrstoffe geschlossen werden. Die eingesetzte MEMS-Technologie hat überzeugende Vorteile: Elektrostatisch angetriebene MEMS-Gitterspiegel sind wesentlich kompakter als Galvanoscanner, verursachen so gut wie keine Geräusche und erlauben wegen ihres geringen Gewichts sehr hohe Scanfrequenzen. In der Kombination mit miniaturisierten Laserquellen sind sie ideal für die Integration in mobil einsetzbare, handliche Sensorsysteme, die einfache Messungen vor Ort oder auch eine Integration in industrielle Messtechnik in Produktions- und Verarbeitungsanlagen erlauben.

quickly on location. The heart of the system consists of a miniaturized quantum cascade laser (QCL), which is being developed by researchers of the Fraunhofer Institute for Applied Solid State Physics IAF in Freiburg. The QCL covers a large range of the wavelengths that are important for the spectroscopic "fingerprint" in the medium infrared range. To set the light of the QCL to the defined wavelengths, scientists at Fraunhofer IPMS developed a highly reflective diffraction grating with a diameter of 5mm as well as the belonging control electronics. The micro-mechanically manufactured diffraction grating acts as the quantum cascade laser's variable frequency external resonator. It allows for the tuning of laser wavelengths with a frequency of 1000Hz, with a variable frequency range of up to 20 percent of the central wavelength.

In this way, the sample can be irradiated with different wavelengths in the time multiplex, and conclusions can be drawn with regard to the type and concentration of the hazardous materials using the "fingerprint". The benefits of MEMS technology are convincing: Electrostatically-driven MEMS grating mirrors are much more compact than galvanometer scanners, make almost no sound and allow for very high scanning frequencies due to their low weight. In combination with miniaturized laser sources, they are ideal for integration into mobile handy sensor systems, simple measurements on location and for integration into industrial measurement technology at production and processing facilities.



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  $240 \times 200$  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  $240 \times 200$  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 Wiedergebearbeitung von Bildern verbessern. Weitere Anwendungsbereiche sind die Augenheilkunde, Astronomie und Mikroskopie sowie die räumliche und zeitliche Laserstrahl- und Pulsformung.



◀◀ Micromirror chip for enhanced microscopic imaging.

Optical characterization set-up. ▶



---

### OPTIMIERTER BETRIEB VON FLÄCHENLICHTMODULATOREN

---

Aus technologischer Sicht sind Flächenlichtmodulatoren (SLM) hochkomplexe Mikrosysteme mit Herausforderungen im Makro- bis Nanobereich: es werden große Bauelementabmessungen von mehreren Zentimetern erreicht; die Mikrospiegelgrößen liegen typischerweise im Bereich von etwa  $10\mu\text{m}$  und Parameter wie Spiegelrauheit/Ebenheit erfordern Nanometerpräzision. Fraunhofer IPMS konnte diesbezüglich in langjähriger Prozessentwicklung und -optimierung ein hohes technologisches MEMS-Know-How gewinnen.

Um optimale Ergebnisse in den Kundenanwendungen zu erreichen, wird die hohe SLM-Bauelementqualität durch hochentwickelte Konzepte für den idealen Chipeinsatz ergänzt. Für anspruchsvolle Anwendungen hat Fraunhofer IPMS Profilometrie-basierte MEMS-Prüfroutinen entwickelt, die genaue Informationen über jeden einzelnen Mikrospiegel eines Megapixel-SLM liefern. Kalibrierrountinen wurden implementiert, die Spiegelauslenkgenauigkeiten im Nanometerbereich erlauben (Berndt u. a. 2011, Proc. SPIE 8191, doi: 10.1117/12.899881). Darüber hinausgehend wird optische Subnanometer-Phasengenauigkeit zurzeit im Rahmen der Studie eines intensitätsbasierten Messansatzes und der Untersuchung von fortschrittlichsten Kalibrierungsverfahren behandelt. Eine räumlich aufgelöste Kontrastmess- und Kalibriertechnik wird entwickelt, mit deren Hilfe bereits hervorragende optische Kontrastwerte im Bereich von 10.000 erzielt werden (Sicker et al., 2015, Proc. SPIE 9375, doi:10.1117/12.2076921).

---

### OPTIMIZED OPERATION OF SPATIAL LIGHT MODULATORS

---

From a technological point of view, micromirror array based spatial light modulators (SLM) are highly complex micro systems with challenges ranging from macro to nano: Device dimensions are large, easily reaching several centimeters; the micromirror pitch is typically in the range of about  $10\mu\text{m}$  and parameters like mirror roughness/flatness even target the nanometer scale. Fraunhofer IPMS has gained a high technological MEMS expertise in many years of process development and optimization.

To reach optimal results in customer applications the high SLM device performance is complemented by sophisticated concepts for ideal chip operation. For high demanding applications Fraunhofer IPMS has developed profilometry based MEMS inspection routines which deliver precise information on each and every micromirror of multi-million-mirror SLMs. Calibration routines have been implemented that allow mirror deflection accuracies in the nanometer range (Berndt et al., 2011, Proc. SPIE 8191, doi: 10.1117/12.899881). Going even further, optical sub-nanometer phase accuracy is currently being addressed by the study of a specialized intensity-based measuring approach and the investigation of advanced calibration procedures. For example, a spatially resolved contrast measurement and calibration technique has been developed recently, demonstrating outstanding optical contrast values in the range of 10,000 (Sicker et al., 2015, Proc. SPIE 9375, doi:10.1117/12.2076921).



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 micro-scanning mirrors or commercially available detectors. Typical applications include retina scanning for mobile authentication (see page 25), 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 2014, activities in the field of capacitive micro-machined ultrasonic transducers (CMUTs) have been continued (see page 26). 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 Mikro-scannerspiegeln des Fraunhofer IPMS oder kommerziell verfügbaren Komponenten. Anwendungsfelder reichen vom Retina-Scanning zur mobilen Authentifizierung (siehe Seite 25) 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 2014 wurden die Aktivitäten zu kapazitiven mikromechanischen Ultraschallwandlern (CMUTs) weiterentwickelt (siehe Seite 26). 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.

◀◀ Prototype of a MEMS based retinal scanner for personal authentication.

New 10 euro bill at various wave length ranges. ▶



### TECHNOLOGIE ZUM TEST VON BANKNOTEN

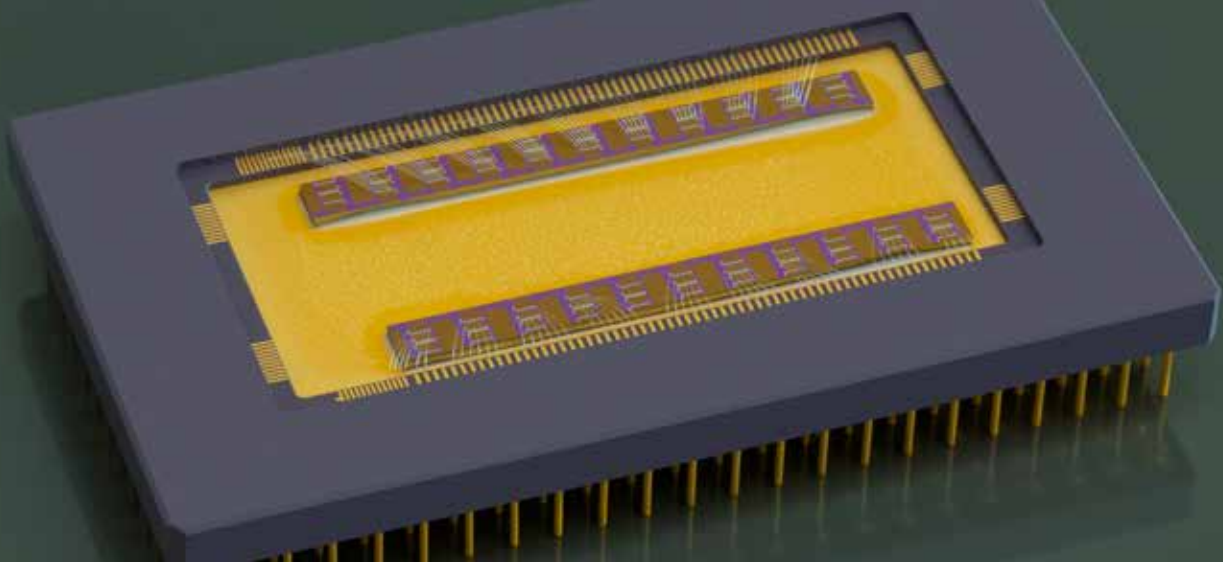
Im Jahr 2014 wurde ein neuer Zehn-Euro-Schein in Umlauf gebracht. Dank modifizierter Farben, neuer Wasserzeichen und einer Speziallackierung soll er robuster und vor Fälschungen noch sicherer sein. Doch auch für die neu gedruckten 4,3 Milliarden Banknoten kommt der Moment, wo die Scheine nicht mehr den Qualitätsanforderungen genügen und aus dem Verkehr gezogen werden müssen. Und das soll zukünftig nicht mehr nur an Banken oder streng kontrollierten Bankautomaten geschehen, sondern mehr und mehr auch zum Beispiel in Supermärkten oder Tankstellen. Hierfür mangelt es an automatischen, kompakten und kostengünstigen Lösungen.

Um Echtheit und Verwendbarkeit der Geldscheine sicherzustellen, hat sich das Fraunhofer IPMS im Europäischen Verbundprojekt EUROTHENTIC mit sechs Partnern aus sechs Ländern zusammengetan, ein Modul zu entwickeln, das Banknoten z.B. an der Kasse eines Supermarktes automatisch prüft und einzieht. Umgekehrt sollen die Banknoten auch als Wechselgeld wieder ausgegeben werden können. Das SAS-Team bringt dabei seine Kompetenz in der Bildfassung mit geeigneten Sensoren und moderne Verfahren der Signalverarbeitung ein. Neben der Integration einer zeilenförmigen Bildaufnahmeeinheit in ein elektromechanisches Kassettensystem zur Gewinnung der erforderlichen Bildinformationen während des Banknotentransports haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine leistungsfähige Steuer- und Verarbeitungselektronik in das Gesamtsystem eingebracht. Dabei übernehmen ein Mikroprozessor und die zugehörige Software die Auswertung der gewonnenen Bildinformation und liefern schon kurz nach der Eingabe eines Geldscheins die Information, ob dieser echt und fit ist.

### TECHNOLOGY FOR TESTING BANKNOTES

The new ten Euro banknote has been in circulation for 2014. It is supposed to be more robust and even more resistant to forgery thanks to modified colors, new watermarks and a special finish. But even these newly printed 4.3 billion banknotes will at some point reach a stage where they no longer meet the quality requirements and must be withdrawn from circulation. In the future, this withdrawal process will no longer take place at banks or strictly-controlled ATMs, but more and more in supermarkets or fuel stations. But this process is still hampered by a lack of automated, compact, and cost-effective solutions.

In an effort to warrant the authenticity and usability of banknotes, the Fraunhofer IPMS joined six partners from six countries as part of the European alliance project EUROTHENTIC, with the aim of developing a module that automatically checks and collects banknotes e.g. at the cash register of a supermarket. In turn, the system would also make it possible to give out the banknotes as change. The SAS team contributes its expertise in image scanning with suitable sensors and modern methods of signal processing to the image acquisition process. Besides the integration of a line-shaped image acquisition unit into an electro-mechanical cartridge system for obtaining the required image information during the banknote transport, the scientists also inserted high-performance control and processing electronics into the overall system. A micro-processor and associated software analyze the image information, and provide information as to whether the banknote is both authentic and "fit" shortly after the banknote is inserted into the system.



### NEW GENERATION OF ULTRASONIC SENSORS

---

Scientists at Fraunhofer IPMS have developed MEMS technologies throughout 2014 to fabricate Capacitive Ultrasonic Micromachined Transducers (CMUT). CMUTs can send and receive ultrasound in an energy efficient manner, are environmentally friendly, provide miniaturization capabilities, and expand the applications of ultrasound beyond today's state-of-the-art piezoelectric materials. The advantage of sensing principle is based on the propagation and evaluation of high frequency sound pulses, and enables contactless detection of objects with millimetric precision for a wide variety of materials regardless of their state, form and color, and in practically any environment.

Several designs of CMUTs have been developed at the institute covering the frequency range between 1 and 50 megahertz. CMUTs are basically MEMS structures consisting of two opposing electrodes. One of the electrodes is static and the other deflectable. There is an insulating layer and a gap between the two electrodes. As an emitter, an electric signal is applied between the electrodes which deflects the movable electrode and generates an acoustic wave. The inverse energy transformation, acoustic to electric, is used with CMUTs to sense ultrasound waves. Microelectronic technologies such as surface micromachining or wafer bonding processes are used for the fabrication of CMUTs, enabling a monolithic integration of the CMUTs with CMOS ASICs. In addition, CMUTs provide greater sensitivity and broader frequency ranges than the established piezo based transducers.

---

### ULTRASCHALLSENSOREN DER NÄCHSTEN GENERATION

---

Wissenschaftler des Fraunhofer IPMS haben im Jahr 2014 Herstellungstechnologien der Mikrosystemtechnik weiterentwickelt, um kapazitive Ultraschallwandler als MEMS-basierte Strukturen – so genannte CMUTs, Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducers – herzustellen. Der Einsatz von CMUTs zur Ultraschallerzeugung und -erkennung ermöglicht energiesparende, umweltfreundliche und kompakte messtechnische Systeme und könnte zukünftig etablierte, auf piezoelektrischen Materialien beruhende Technologien ergänzen und neue Einsatzgebiete erschließen. Das Geheimnis des verwendeten physikalischen Prinzips: die Ausbreitung und Detektion hochfrequenter, für den Menschen nicht hörbarer Schallimpulse zur berührungslosen, millimetergenauen Erfassung von Objekten funktioniert zuverlässig für unterschiedlichste Materialien unabhängig von Aggregatzustand, Form und Farbe unter fast allen Umständen und in praktisch jeder Umgebung.

Die am Institut entwickelten CMUT-Elemente mit Abmessungen zwischen 10 und 100 Mikrometern arbeiten mit Frequenzen zwischen 1 und 50 Megahertz. Sie können sowohl Ultraschall senden als auch empfangen, indem sie durch Verschiebung der beweglichen Elektrode elektrische in akustische Energie umwandeln oder umgekehrt. Bei der Herstellung werden oberflächenmikromechanische Prozesse oder Waferbondverfahren eingesetzt. Da diese leicht an Standard-CMOS-Technologien angepasst werden können, bieten CMUTs die Möglichkeit, auf Waferlevel mit CMOS-Schaltungen kombiniert zu werden. Daneben haben CMUTs gegenüber den etablierten Piezos den Vorteil einer höheren Empfindlichkeit, einem erweiterten Frequenzbereich und einer großen Variabilität des Wandlerdesigns.



◀ CMUT chip on a ceramic carrier.

Biogas plant containing demonstrator system. ▶



---

### ONLINE-MESSSYSTEM FÜR BIOGASANLAGEN

---

Biogas, das aus organischen Abfällen erzeugt wird, ist eine wertvolle erneuerbare Energiequelle. Es wird durch einen biologischen Prozess produziert, bei dem organische Substanzen durch anaerobe Zersetzung zerlegt werden, um Biogas und Gärrückstände zu bilden. Eines der Hauptforschungsfelder in diesem Bereich ist die Entwicklung von fortschrittlichen Verfahren für die Optimierung und Kontrolle von Biogasanlagen. Die Parameter, die dabei typischerweise engmaschig kontrolliert werden, sind die Methankonzentration im Biogas sowie die Temperatur und der pH-Wert des Gärsubstrats. Diese Informationen sind allerdings unzureichend, um den Prozess zu kontrollieren, da sie einen Prozessausfall nicht voraussagen, sondern ihn nur diagnostizieren können. Zuverlässiger ist es, das Konzentrationsprofil flüchtiger Fettsäuren im Gärsubstrat regelmäßig zu bestimmen. Dies erlaubt nicht nur den Prozessverlauf zu überwachen, sondern auch eine Übersäuerung vorherzusagen und zu vermeiden.

Im Projekt »AD-WISE« wurde deswegen an der Entwicklung eines Online-Messsystems für Biogasanlagen gearbeitet, das den anaeroben Vergärungsprozess maximieren und gleichzeitig den Prozess stabil halten soll. Das Fraunhofer IPMS hat dafür ein optisches Demonstratorsystem entwickelt, mit dem die Konzentration von flüchtigen Fettsäuren direkt im Gärsubstrat gemessen werden kann. Mit diesen Informationen können Biogasanlagenbetreiber in Zukunft ihre Anlagen optimieren, die Biogasproduktion steigern und Prozessausfälle verhindern.

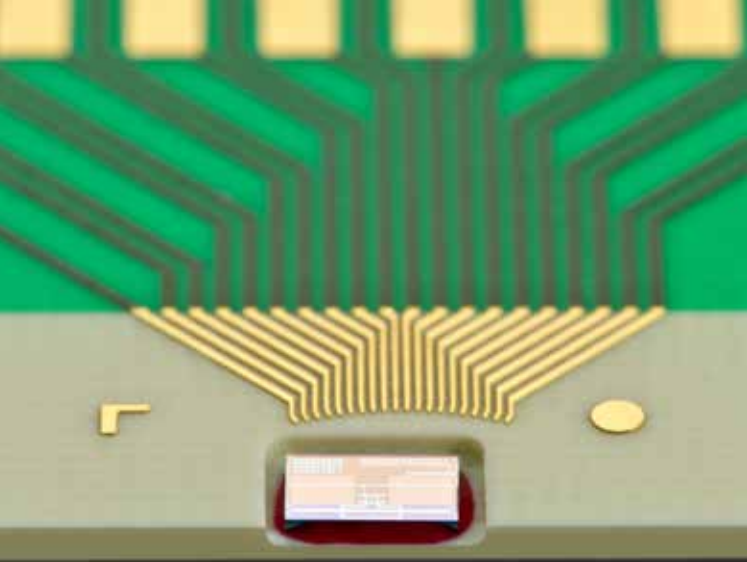
---

### ON-LINE MONITORING SYSTEM FOR BIOGAS PLANTS

---

Biogas generated from organic waste is a valuable renewable energy source. It is generated by a biological process where the organic matter is degraded to form biogas and a digestate by means of anaerobic digestion. One of the main research topics within this matter is the development of advanced methods for the optimization and control of biogas plants. Typically, the parameters controlled on-line are the methane concentration in biogas as well as the temperature and pH value of the digestate. However, this information does not suffice to control the process, since these parameters do not predict but merely diagnose a process malfunction. Among all proposed parameters, the most reliable one is the volatile fatty acids profile (VFAP), because it allows checking not only the state of the process but also predicting and avoiding an acidification of the fermenting substrate.

Within the project "AD-WISE" researchers worked on the development of an on-line system for biogas plants to optimize the anaerobic digestion process and maximize biogas production while maintaining process stability. Fraunhofer IPMS developed an optical demonstrator system to measure the VFAP directly in the fermenting substrate. With this information on VFAP, plant operators can now optimize the feeding of the plant, increase biogas production and avoid process stops.



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 Gigabit 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 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 intra-corporal 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 Gigabitbereich 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.

Prototype of the implantable device. ▶



---

### MINIMALINVASIVE BEHANDLUNG VON WIRBELSÄULENVERKRÜMMUNGEN BEI KINDERN

---

Idiopathische Adoleszentskoliose (AIS) führt zu einer sichtbaren Wirbelsäulenverkrümmung und betrifft zwischen zwei bis drei Prozent der Kinder und Jugendlichen im Alter von 10 bis 16 Jahren. Gängige Behandlungsmethoden wie Versteifung durch ein Korsett oder Operation weisen gesundheitsschädigende Nebenwirkungen für den Patienten auf. Das Fraunhofer IPMS arbeitete als Teil eines Europäischen Konsortiums im Projekt »StimulAIS« über zwei Jahre an einer schonenden, alternativen Therapieform für AIS-Patienten, die auf Elektrostimulation der tiefen paraspinalen Rotatoren Muskeln beruht. Das Ziel des Projekt war es, ein kompaktes, implantierbares und programmierbares Gerät für die Behandlung von AIS zu entwickeln, das nicht nur in der Lage ist, den Krümmungsverlauf zu stoppen, sondern auch ihn durch Mikroelektrostimulation mit einem programmierbaren Stimulationsprotokoll und einer Echtzeit-Anpassung des Stimulus zu korrigieren.

Das Geschäftsfeld WMS war sowohl für die Elektronikentwicklung des Implantats inklusive des Lesegeräts für die Datenübertragung und des drahtlosen Ladegeräts als auch für die Entwicklung der Betriebssoftware zuständig. Die Elektronik erlaubt die Konfiguration mehrerer Stimulationspläne mit festgelegten Stimulationsmustern für die paraspinalen Muskeln. Das Gerät kann drahtlos von außerhalb durch ein Nahfeld-Transpondersystem (13.56 MHz) gesteuert werden, welches auch die aufgenommenen Daten überträgt. Das StimulAIS Projekt wurde durch die EU gefördert (Förderkennzeichen-Nr.: 315327).

---

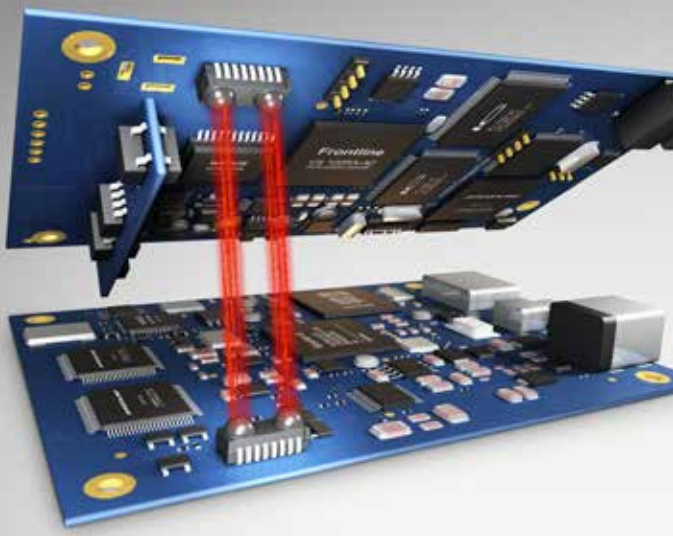
### MINIMALLY INVASIVE TREATMENT FOR SPINAL CURVATURE IN CHILDREN

---

Adolescent idiopathic scoliosis (AIS) is a condition that causes visual spinal curvature affecting between two and three percent in children aged between 10 and 16. Current treatments including bracing and surgery may result in detrimental side effects for patients. Based on research that suggests AIS is a musculoskeletal expression of a central nervous system disorder, the Fraunhofer IPMS as part of an European consortium worked more than two years on a compliant, alternative therapy within the project "StimulAIS" which relies on the muscular electro-stimulation of deep paraspinal rotator muscles. The project purpose was to develop a small, implantable and also programmable device for the treatment of AIS which will be capable not only of stopping progression of the curvature, but also correcting it through micro-electro-stimulation with a programmable stimulating protocol and a real-time stimulus adaptation.

The business unit WMS was responsible for both the development of the electronic components of the implantable device including the reader for data communication as well as the wireless charger and for the development of the operating software. The device's electronics allows for the configuration of stimulation schemas with defined stimulation patterns to the state of the paraspinal muscles. The device can be controlled from outside wirelessly based on a 13.56 MHz near field transponder system which also transmits the recorded data. The StimulAIS project has received funding from the European Union under Grant Agreement No 315327.





### LI-FI TECHNOLOGY FOR REAL-TIME WIRELESS COMMUNICATION

High data rates, robustness, low energy consumption, data security and network capability top the list of demands facing the entire manufacturing and processing automation environment of increasingly complex industrial systems that depend on reliable communication between rising numbers of sensors, machines and control units. Due to such challenges, the demand for an alternative to current wired field bus systems has grown tremendously. Compared to wear-prone and expensive special cables or slip rings, wireless systems offer movable or moving plant equipment components such as grip arms or lifting gear greater reliability and increased safety, allowing for faster setup and more flexibility. Optical wireless systems also provide a practical solution for situations in which it is extremely difficult or even impossible to use cables to connect sensors or actuators with control units, resulting in significant savings in installation and maintenance costs. In addition, optical wireless data transmission can replace wear-susceptible, high-frequency connectors on printed circuit boards to ensure reliable board-to-board communication of data rates up to 12.5 Gbit per second.

In 2014 the Fraunhofer IPMS has designed Li-Fi communication modules to replace wear-prone wired field bus systems and high frequency connectors. The Fraunhofer IPMS optical wireless technology enables data transmission at rates of up to 12.5 Gigabits per second over short distances and up to 1 Gigabit per second for longer distances up to 10 meters. First prototypes have already been presented to the public.

### LI-FI TECHNOLOGIE FÜR DIE DRAHTLOSE KOMMUNIKATION IN ECHTZEIT

Hohe Datenraten, Robustheit, geringer Energieverbrauch, Datensicherheit und Netzwerkfähigkeit: Die Anforderungen an den Austausch von Daten sind im gesamten Umfeld der Fertigungs- und Prozessautomatisierung, in der immer mehr Sensoren, Maschinen, Steuer- und Regeleinheiten miteinander kommunizieren, enorm. Mit diesen Anforderungen wächst die Nachfrage nach einem Ersatz der heute vorherrschenden drahtgebundenen Feldbussysteme. Denn drahtlose Systeme bieten insbesondere bei beweglichen oder bewegten Anlagenteilen eine höhere Zuverlässigkeit und Sicherheit als verschleißanfällige und teure Spezialkabel oder Schleifringe, ermöglichen einen schnelleren Aufbau und mehr Flexibilität. Auch sind sie immer dann gefordert, wenn das Verlegen einer Signalleitung von der Sensorik oder Aktorik zur Steuereinheit gänzlich unmöglich oder sehr aufwändig ist und sich so deutliche Kosteneinsparungen in Montage und Instandhaltung erzielen lassen. Zudem kann eine drahtlose Datenübertragung auch verschleißanfällige Hochfrequenz-Steckverbinder auf Leiterplatten ersetzen und so eine zuverlässige Board-to-Board-Kommunikation sicherstellen. Datenraten von bis zu 12,5 GBit pro Sekunde sind hier realisierbar.

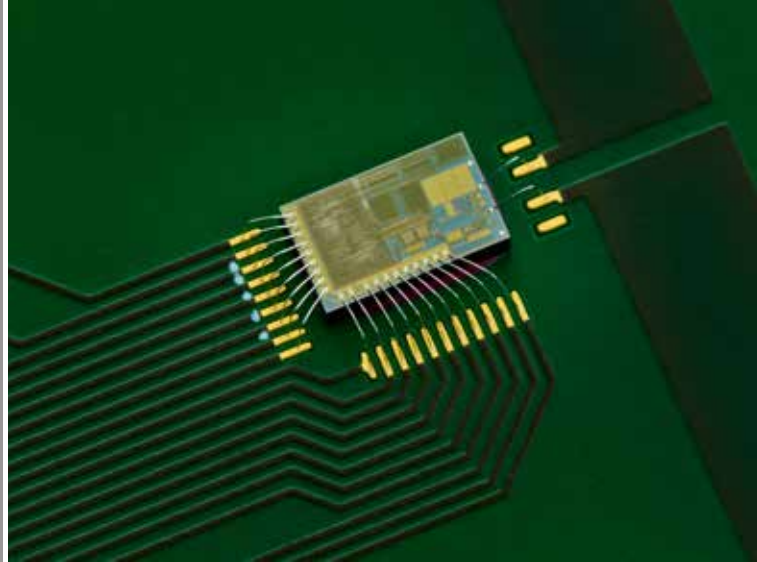
Das Fraunhofer IPMS hat im Jahr 2014 Li-Fi-Kommunikationsmodule weiterentwickelt, die verschleißanfällige drahtgebundenen Feldbussysteme oder Hochfrequenzsteckverbindungen ersetzen sollen. Die optische Technologie macht es möglich, Daten mit einer Geschwindigkeit von bis zu 12,5 Gigabit pro Sekunde auf kurzen Distanzen oder Entfernungen von bis zu 10 Metern bei einer Datenrate von bis zu 1 Gigabit pro Sekunde zu übertragen. Erste Prototypen wurden bereits der Fachöffentlichkeit vorgestellt.



◀◀ Li-Fi board-to-board communication.

◀ Multi-Gigabit Li-Fi hotspot.

RFID-UHF transponder chip. ▶



---

### RFID-SENSOR ZUR ERKENNUNG VON FEUCHTESCHÄDEN

---

Feuchtigkeit im Mauerwerk, hinter einer Trockenbauwand oder im Estrich ist nicht selten die Ursache für massive Bauschäden, raumhygienische Belastungen oder unnötig hohe Energiekosten. Turnusmäßige Kontrollen können hier helfen, Schadstellen oder Schimmelbefall rechtzeitig zu erkennen und aufwendige Reparaturen zu vermeiden. Für eine qualifizierte Feuchtemessung wird üblicherweise auf klassische gravimetrische Methoden gesetzt, welche allerdings die Entnahme von Proben erfordern und so die Bausubstanz beschädigen und außerdem wegen der notwendigen Probentrocknung im Labor zeitaufwendig sind.

Weitaus komfortabler wäre es, einen RFID-Transponder mit integriertem Feuchtesensor schon während der Bauphase an kritischen Stellen mit einzubauen. Diese liefern einfach, energieautark, berührungslos, vor Ort und in Echtzeit Ergebnisse. Die Sensoren sind dann bei Bedarf lebenslang messbereit, sobald ein Schreib-Lesegerät in Reichweite kommt und zum Auslesen der Daten die nötige Energie zur Verfügung stellt. Gemessen wird die Feuchte und die Temperatur. So kann auch der Taupunkt bestimmt werden. Das Fraunhofer IPMS hat erste Muster auf der Electronica vom 11.-14. November 2014 präsentiert. Die elektromagnetischen Systeme der UHF-(Ultra-High-Frequency-)Transponder sind für Anwendungen geeignet, bei denen Entfernungen von einigen Metern zu überbrücken sind. Dank der Flexibilität des Transpondersystems, das über eine integrierte I<sup>2</sup>C- oder SPI-Schnittstelle zum Anschluss beliebiger externer Sensoren verfügt und auch analoge Messwerte externer Sensoren verarbeiten kann, ist die Technologie für eine Vielzahl möglicher Anwendungen interessant.

---

### RFID SENSOR DETECTION OF MOISTURE DAMAGE

---

Moisture in walls, behind drywall or in floors is all too often the cause behind serious building damage, hygiene problems or unnecessarily high energy costs. Regular inspections can help to detect problem areas or mold in a timely manner and prevent expensive repairs. Typically, moisture is measured using classic gravimetric methods. However, these methods require samples to be taken and thus cause damage to the building substance, and also take a lot of time as the samples have to be dried in the lab.

It would be much more comfortable to built RFID transponders with an integrated moisture sensor into critical locations during the building phase. Those deliver real-time and contact-less results on location using their own energy source. The sensors would then be able to deliver measurements over their entire service life, as soon as a reading device is within range and provides the required energy for reading the data. The sensors measure moisture and temperature. This information can also be used to determine the dew point. At Electronica in Munich (11-14 November 2014) the Fraunhofer IPMS has presented first prototypes. The UHF (Ultra-High Frequency) electromagnetic transponder systems are suitable for applications that require measurements to be read over a distance of several meters. The Fraunhofer technology is an interesting option for many possible application areas thanks to the flexibility of the transponder system, which features an integrated I<sup>2</sup>C or SPI interface to connect to any external sensor and which can also process analog measurement values of external sensors.



Dr. Romy Liske

CNT's 800 m<sup>2</sup> clean room with industry standard equipment for 200/300 mm nanotechnology and semiconductor fabrication. ►

## 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 (ISO 14644-1 class 1000) are available for the integration of customer processes and sub-nanometer characterization. CNT's process modules are divided into three groups.

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 active elements. 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.

In its **Nanopatterning** 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.

## 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 (ISO 14644-1 Klasse 6) nach dem Industriestandard zur Verfügung. Die Prozessmodule des CNT werden dabei in drei Gruppen unterschieden.

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. Einen Schwerpunkt bildet dabei die Atomlagenabscheidung (ALD).

Der Bereich **Interconnects** fokussiert sich auf die zukunftsweisende Metallisierung und Miniaturisierung im Bereich der Verdrahtung aktiver Bauelemente. 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.

Mit der Arbeitsgruppe **Nanopatterning** 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.



---

### CNT ALS SCREENING-PLATTFORM

---

Bei der Herstellung von Mikro- und Nanoelektronik sind das Equipment, die Prozessparameter sowie die Verbrauchsmaterialien entscheidende Faktoren. Eine Prüfung bzw. Anpassung von neuen Produkten direkt in der Produktionsumgebung ist dabei jedoch häufig nicht möglich.

Das Fraunhofer IPMS-CNT bietet deshalb eine etablierte Testumgebung für Zulieferer, Materialentwickler und Anlagenhersteller unter Industriebedingungen und die Leistungsfähigkeit, neue Produkte vom Labor in den Industriemaßstab zu überführen. Unabhängige Evaluierungen, die komplette Versuchsreihenkontrolle durch erfahrene Wissenschaftler und eine Vielzahl von industriestandardisierten Vor- und Nachprozessierung mit direktem Wafer-Austausch (Short Loops) unter professionellem Kontaminationsmanagement ergänzen das Leistungsportfolio.

Für die Integration neuer Materialien, Prozesse und Konzepte stehen modernste Analyse- und Messmethoden zur Verfügung. Untersucht werden Schichtdicke, Uniformität, Filmmorphologie, chemische Zusammensetzung und Verunreinigung, elektrochemische Eigenschaften von Elektrolytlösungen und Zusätzen sowie die elektrische Charakterisierung von funktionellen Schichten und Schichtstapeln.

Gegenwärtige Anwendungen umfassen beispielsweise die Untersuchung von Nassätz- und Reinigungschemikalien, ECD-Zusätzen, die Elektrolyt- und Prozessevaluation, das Testen neuer Präkursoren für die ALD, die Einführung von Kobalt in die Dual Damascene-Technologie sowie die CMP-Prozessentwicklung und Verbrauchsmitteluntersuchung.

---

### CNT THE SCREENING PLATFORM

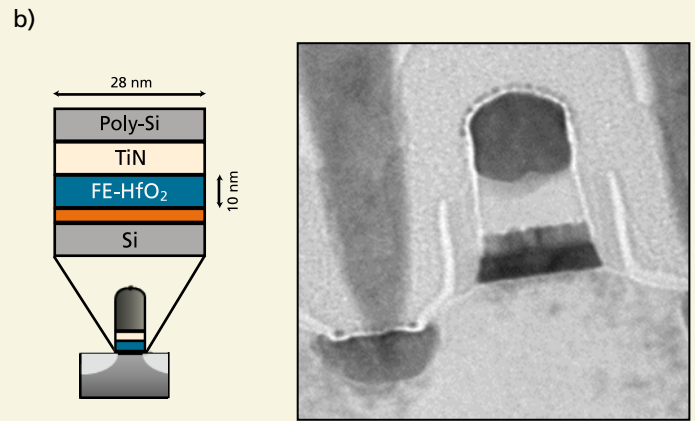
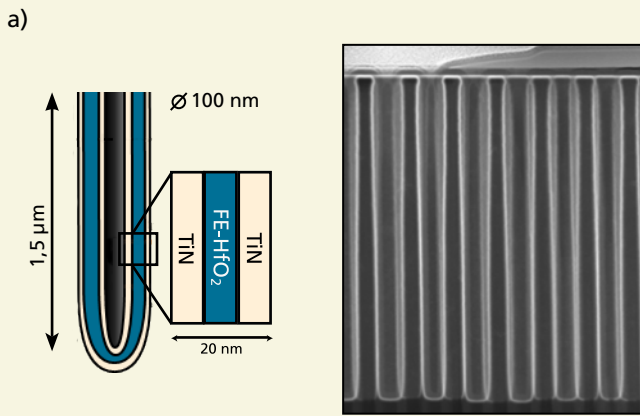
---

In manufacturing microelectronics and nanotechnology the equipment and the parameters of the processes and consumables are key factors. Often, however, a testing or an adaption of new products directly in the production environment is not possible.

The Fraunhofer IPMS-CNT offers an established test platform for suppliers, material developers and equipment manufacturers under industry conditions and the ability to transfer products from laboratory scale to industry scale. Independent evaluations and full experiment control by experienced process experts are offered. A variety of industry standard pre- and post-processing with direct exchange of wafers with production lines (short loops) under professional contamination management is available.

For the integration of new materials, processes and concepts a variety of measurement and analysis equipment can be offered. That includes measurements of layer thickness and uniformity, film morphology and structure, chemical composition and contamination, electrochemical monitoring of electrolyte solutions and additives as well as electrical characterization of functional layers and layer stacks.

Current applications include the screening for wet etch/clean chemicals, ECD additive, electrolyte and process evaluation, testing of new precursors for ALD, the introduction of cobalt in the dual damascene technology and CMP process development and consumable testing.



### MATERIAL INNOVATION IN FERROELECTRIC MEMORY TECHNOLOGIES

As a replacement for the conventional SRAM-DRAM Flash memory hierarchy, new smart phones and tablet computers demand fast and energy-efficient semiconductor memory. Current technologies use the electric, magnetic or caloric memory of selected materials. In the intensively researched area of ferroelectrics, recall abilities manifest themselves in atomic, electrically switchable dipoles. Electric control makes this technology the ideal switch for microelectronics.

Through confirmation of a ferroelectrical phase in  $\text{HfO}_2$ , our joint research with GLOBALFOUNDRIES and NaMLab expanded the group of materials that can be potentially used in ferroelectric memories for the first time with a CMOS-compatible, 3D-capable, production-oriented and scalable alternative. A combination of these attributes opens unprecedented scaling potential in both the fields of capacitor-based and transistor-based ferroelectric storage solutions.

2014 saw the 3D integration of a ferroelectric capacitor at the Fraunhofer IPMS (Fig. a) and the further development of a ferroelectric transistor through aggressive layer thickness and gate length scaling (Fig. b). The regained scaling potential of ferroelectric memory technologies and the ability to manufacture them, for the first time in a CMOS-compatible and cost-efficient manner, have been recognized with admission to the International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS).

### MATERIALINNOVATION BEI FERROELEKTRISCHEN SPEICHERTECHNOLOGIEN

Neue Smartphones und Tablet-Computer erfordern einen schnellen und energieeffizienten Halbleiterspeicher als Ersatz für die herkömmliche SRAM-DRAM-Flash Speicher-Hierarchie. Gegenwärtige Speichertechnologiekonzepte nutzen das elektrische, magnetische, oder kalorische Gedächtnis ausgewählter Materialien. Dieses Erinnerungsvermögen manifestiert sich bei den intensiv erforschten Ferroelektrika in atomaren, elektrisch schaltbaren Dipolen. Diese elektrische Ansteuerung macht sie zu einem idealen Schalter für die Mikroelektronik.

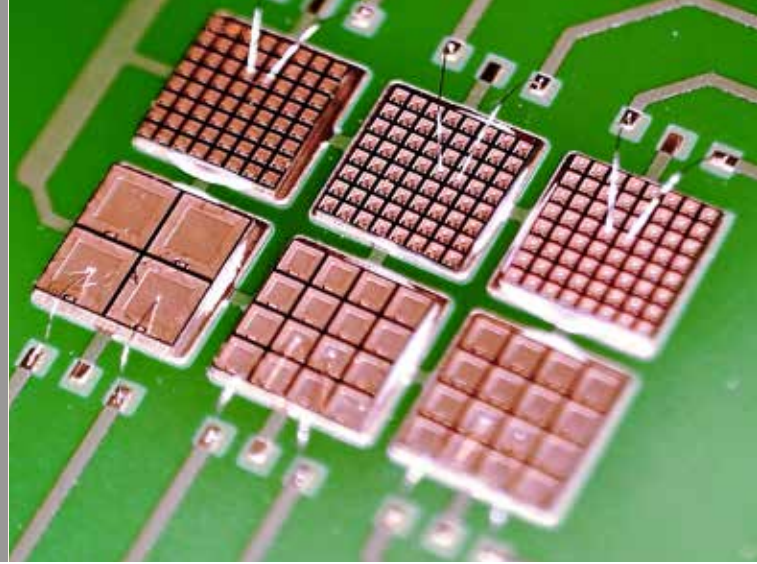
Durch den Nachweis einer ferroelektrischen Phase im  $\text{HfO}_2$  konnte im Forschungsverbund mit GLOBALFOUNDRIES und NaMLab der Kreis potentieller Materialien für den Einsatz in ferroelektrischen Speichern erstmalig um eine CMOS-kompatible, 3D-fähige, fertigungsnahe und skalierbare Alternative erweitert werden. Eine Kombination dieser Attribute eröffnet damit sowohl im Bereich der kondensatorbasierten, als auch im Bereich der transistorbasierten, ferroelektrischen Speicherlösungen ein bisher unerreichtes Skalierungspotential.

2014 erfolgte die 3D-Integration eines ferroelektrischen Kondensators am Fraunhofer IPMS (Abb. a) und die Weiterentwicklung eines ferroelektrischen Transistors durch aggressive Schichtdicken- und Gatelängenskalierung im Verbund (Abb. b). Durch das damit wiedererlangte Skalierungspotential ferroelektrischer Speichertechnologien sowie die Möglichkeit, diese erstmalig CMOS-kompatibel und kostengünstig zu fertigen, konnte eine Aufnahme in die International Technology Roadmap for Semiconductors (ITRS) erreicht werden.



- ◀ Schematic layout and TEM view of a ferroelectric  $\text{HfO}_2$  based 3D capacitors (a) respectively strongly scaled capacitor (b) for future, non-volatile memory applications.

High density capacitors with different capacitance ranges and size dimensions on circuit board connected by wire bonds. ▶



---

## ULTRAKOMPAKTE KONDENSATOREN

---

Der steigende Bedarf an miniaturisierten Systemlösungen erfordert eine zunehmende Verdichtung von verschiedenen Funktionsblöcken in ein einziges Chipgehäuse. Intelligente Lösungen für die Integration von passiven Bauelementen sind dafür notwendig, um eine platzintensive externe Verschaltung zu vermeiden. Weiterhin muss eine möglichst nahe Platzierung von Entkopplungskondensatoren vorgenommen werden, um das Übersprechen zwischen verschiedenen Stromversorgungsebenen zu unterdrücken.

In Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IZM-ASSID wurde ein ultrakompakter Kondensator mit diesen Eigenschaften für die direkte Chipgehäuseintegration entwickelt. Der Kondensator kann hinsichtlich Design und Eigenschaften sehr flexibel dem Kundenwunsch angepasst werden. Durch die Verwendung von high-k Materialien und spezieller Strukturierungsprozesse wird dabei ein sehr großer Bereich an Kapazitätswerten erzielt. Dieses Konzept wurde in einer Demonstrationsumgebung auf der Leitmesse für Komponenten, Systeme und Anwendungen Electronica 2014 erstmals präsentiert.

Neben der direkten Integration in das Chip-Gehäuse (»System in Package«) eignet sich der Kondensator auch für die Implementierung in High-End-Leiterplatten. Darüber hinaus findet diese Technologie in Interposer oder direkt in der Chip-Metallisierungsebene ihre Anwendung. Die Einsatzgebiete solcher Kondensatoren sind vielfältig und können beispielweise zur Signalfilterung in Nieder- und Hochfrequenzanwendungen, zur Entkopplung oder als Energiespeicher genutzt werden.

---

## ULTRA-COMPACT CAPACITORS

---

The growing demand for miniaturized system solutions requires more and more different functional blocks to be compacted into a single chip casing. Intelligent solutions for the integration of passive components are needed in order to avoid space-intensive external wiring. In addition, decoupling capacitors must be placed as close as possible to active circuitry in order to suppress crosstalk between different power supply levels.

An ultra-compact capacitor with the aforementioned characteristics for direct chip casing integration has been developed in cooperation with the Fraunhofer IZM-ASSID. The design and features of the capacitor can be flexibly adapted according to customer specifications. The use of high-k materials and special structuring processes makes it possible to achieve a high level of capacitance. This concept was first presented in a demonstration environment at the Electronica 2014, the leading trade fair for components, systems and applications.

In addition to the direct integration into chip casing (»System in Package«), the capacitor is also suitable for implementation in high-end circuit boards. This technology can be applied to interposers or directly at the chip metallization level. The areas of application for such capacitors are plentiful and can include, for example, signal filtering in low- and high-frequency applications, decoupling and energy storage.

---

---

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 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 single 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 über 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
<b>Deposition, Diffusion, Oxidation</b>		
PE-CVD	Undoped and doped SiO <sub>2</sub> (phosphorous, boron)	
	Undoped and doped a-Si:H (phosphorous, boron)	
LP-CVD	Silicon nitride	Passivation, membranes
	Poly-silicon	Trench fill, sacrificial layer
	Silicon oxide, oxinitride	Insulator, membranes
PVD Sputtering	Silicon nitride, low stress silicon nitride (200 MPa)	Dielectrical layer, membranes, masking layer
	Al, AlSiCu, Ti, TiN	Interconnections
	Ta, Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , HfO <sub>2</sub>	Chemical Sensors, dielectrical barriers and layers
	Al, TiAl, Al-Alloys	Mirror, hinges
Evaporation	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Optical coatings, barriers
	a-Si	Sacrificial layer
Oxidation	Thermal, SiO <sub>2</sub>	
<b>Etching</b>		
Dry Etch	Metal etch	Al / Al alloys
	Dielectrics & polysilicon etch	SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , 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 <sub>2</sub> , a-Si)	Surface micromachining (sticking free release of micro-structures) with high selectivity to Al / Al alloys
Wet Etch	Silicon oxide (NH <sub>4</sub> F-buffered HF)	
	Silicon nitride (phosphoric acid)	
	Aluminum (phosphoric & acetic acid)	
	Anisotropic Si etch (TMAH, KOH)	Grooves, membranes
	RCA clean	
<b>Bonding &amp; Dicing</b>		
Anodic and Adhesive Wafer Bonding	Glass (Pyrex, Borofloat)-silicon compound	Pressure Sensors
Wafer Dicing	Dicing of glass-silicon-compound	
<b>Metrology &amp; Inspection</b>		
Film Thickness Measurement		
Scanning Electron Microscope		
Atomic Force Microscope		
Ellipsometer		
X-Ray Diffractometer		
White Light Interferometer		
<b>Lithography</b>		
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		
<b>Surface and stack planarization</b>		
CMP	Si, SiO <sub>2</sub> , 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 Fraunhofer 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 m<sup>2</sup> 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 Prozessierung 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 Prozessierung vom Wafer über den Chip bis



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 cooperates 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 microsystems. 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

<b>Lithography</b>	Stepper	NSR-2205i 14E2   Nikon
	Mask Aligner	MA 150 BSA   SUSS
	Mask Aligner ■	MA 200 GEN 3   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
	<b>Deposition</b>	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 <sub>2</sub> O <sub>3</sub> ) ■		P-300   Picosun
PVD Sputtering (Al, TiAl, SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , a-Si, HfO <sub>2</sub> )		CS400   Von Ardenne
PVD Sputtering (Al, AlSiCu, Ti, TiN)		Sigma 204   Aviza
Evaporation (Al, SiO <sub>2</sub> )		PLS 570   Balzers
<b>Furnaces</b>	Horizontal Furnace Anneal	Inotherm
	Horizontal Furnace Oxide	Inotherm
	Horizontal Furnace POCl <sub>3</sub> Doping	Inotherm
	Horizontal Furnace Reflow	Inotherm
	RTA	Heatpuls 8108   Metron
<b>Dry Etch</b>	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) ■	System 1   Matrix
<b>Wet Etch and Cleaning</b>	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
<b>Chemical Mechanical Polishing (CMP)</b>	CMP (Silicon oxide, Polyimide, a-Si)	MIRRA   Applied Materials
	CMP (Silicon oxide, Poly-Si, a-Si)	nTrepid   Strasbaugh
	Scrubber	DSS 200 On Track   LAM
<b>Vapor Etch for MEMS Release</b>	Si Vapor Etch (XeF <sub>2</sub> )	X-SYS-3B:6   Xactix
	SiO <sub>2</sub> Vapor Etch (HF)	MEMS-CET system   Primaxx
<b>Analysis / Metrology</b>	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
	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.)

<b>Analysis / Metrology (cont.)</b>	White-light Interferometer	NV7300   Zygo
	Surface Scan	µScan   Nanofocus
	Vibrometer	MSV 300   Polytec
	Twymen-Green Interferometer	µPhase   Fisba
<b>Packaging</b>	Wafer Saw ■	DAD 651   Disco
	Bonder (Anodic and adhesive bonding)	SB6e   SUSS
	Bond Aligner	BA6   SUSS
	Dispenser	Schiller
<b>Wafer handling &amp; logistics</b>	Wafer Marking ■	IL 2000   Innolas
	Wafer Sorter ■	CTS 2015   SPS
	Carrier and Box Cleaner ■	CBC200   TSE-Systeme

## Capabilities Test and Characterization

Technology	Equipment	Properties
Mixed Signal Testing	M3670-Falcon/EG4090µ+ Advantest ■	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/EG4090µ Advantest ■	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, Endeveco	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	$E_{\text{ramp}}$ and $E_{\text{const}}$ (TDDB)	Breakdown field; Weibull plot; time/charge to breakdown
	$J_{\text{ramp}}$ ; $J_{\text{const}}$	Time/charge to breakdown; breakdown voltage; Weibull plot

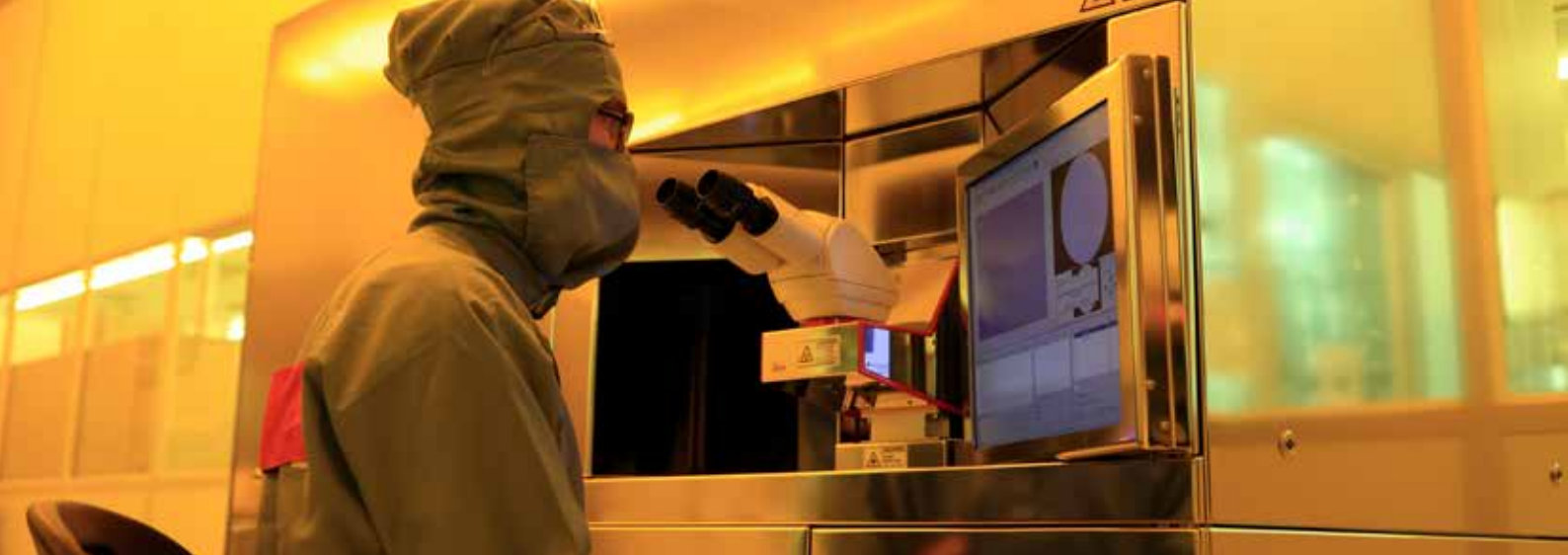
---

---

CENTER NANO ELECTRONIC TECHNOLOGIES

**CENTER  
NANO ELECTRONIC  
TECHNOLOGIES**





---

## 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 m<sup>2</sup> of clean room space (ISO 14644-1 class 6) and 200 m<sup>2</sup> 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 dadurch risikolos und schnell in die Prozessabläufe 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 m<sup>2</sup> Reinraumfläche (Klasse 6 nach ISO 14644-1) und 200 m<sup>2</sup> 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

<b>Thin Films / Deposition</b>	ALD / CVD Batch	A412   ASM
	ALD / CVD	ALD300   FHR
	ALD / CVD	Eureka 3000   Jusung
	ALD / CVD	Polygon 8300 (Pulsar)   ASM
	PEALD	FlexAL   Oxford Instruments
	PVD / CVD	Endura   AMAT
	Spin Coating	Cee Model 100 FX   Brewer Science
	<b>Nanopatterning</b>	Etch
Etch		Centura (Enabler, Axiom)   AMAT
Litho		SB3050DW   Vistec (50kV VSB)
Track		Cee 100x / 200x   Brewer Science
Track		Cleantrack ACT12   TEL
<b>Anneal</b>	Anneal	Helios XP   Mattson
	Cu Anneal	Formula   TEL
<b>Wet Processes</b>	WetEtch / Clean	FC3000 WetBench   DNS
	WetEtch / Clean	Semitool Raider SP   AMAT
<b>Metallization / CMP</b>	CMP	Reflexion LK   AMAT
	CMP Support	Mobile Slurry Distribution   Stangl
	ECD	Semitool Raider ECD   AMAT
<b>Analytics</b>	Atomprobe	LEAP 3000X Si   Imago
	Ellipsometry / Porosimetry	Sopra EP5   Semilab
	FIB	Strata 400   FEI
	FTIR	640-IR   Agilent
	Raman	InVia   Renishaw
	SEM	S5000   Hitachi
	TEM	Tecnai   FEI
	TXRF	Picofox S2   Bruker AXS
	ToF SIMS	ToFSIMS 300R   IonTof
	XRD	D8 Discover   Bruker AXS
<b>Metrology / Process Control</b>	AFM	X3D   Veeco
	CD-SEM	Verity 4i   AMAT
	Defect Detection	Aegis   NextIn
	Ellipsometry	Spectra FX100   KLA
	Microscope	INS3300   Vistec
	Particle Measurement	SP2   KLA
	Profiler	HRP340   KLA
	Resistivity Measurement	RS100   KLA
	Resistivity Measurement	WS-3000   Napson
	Review-SEM	SEM Vision   AMAT
	XPS	Theta300i   ThermoFischer
	XPS	VeraFlex   ReVera
	XRD / XRR	Metrix-F   Jordan Valley
<b>Electrical Characterization</b>	Automatic Prober	Precio   TEL
	Semiautomatic Prober	PA300   Suss Microtec

## Capabilities

THIN FILMS / DEPOSITION		
<b>ALD Oxide, Nitrides</b>		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , ZrO <sub>2</sub> , HfO <sub>2</sub> , TiO <sub>2</sub> , SrO, SrTiO <sub>x</sub> , Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , NiO	High-k, MIM, laminates, doped layers	FEoL
SiO <sub>2</sub> , SiN <sub>x</sub>	Liner, spacer	FEoL
<b>ALD Metal</b>		
TiN, TaN, NiN <sub>x</sub>	Electrode, gate, barrier	FEoL
<b>CVD</b>		
TiN, Ni		FEoL
a-Si, poly Si, SiGe (epitaxial)	Source / drain	FEoL
Co, CoN <sub>x</sub>	Barrier, liner, seed	BEoL
<b>PVD</b>		
Ta, TaN, Cu	Barrier, liner, seed	BEoL
<b>Spin-on</b>		
SiO <sub>2</sub> , low-k, Resist	Fill, hardmasks, dielectrics	FEoL/BEoL
NANOPATTERNING		
<b>Lithography</b>		
E-Beam (≤30 nm CD)	Direct write	FEoL / BEoL
Resist coating and development, top/bottom coating, special resists	Resist	FEoL / BEoL
<b>Plasma Etch</b>		
SiO <sub>2</sub> , SiN, BARC, SiON, a-C:H	Hardmasks	FEoL
SiO <sub>2</sub> , SiN, SiCN, low-k, ULK	Dielectrics	BEoL
Si, a-Si, poly-Si	Deep trench, TSV	FEoL
HfO <sub>2</sub> , ZrO <sub>2</sub> , HfZrO <sub>x</sub> , TiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	High-k, gate etch	FEoL
W, TiN, TaN, TaCN, poly-Si, Al	Electrodes	FEoL / BEoL
ANNEAL		
N <sub>2</sub> , NH <sub>3</sub> , Cl <sub>2</sub> , NF <sub>3</sub> , O <sub>2</sub>	Furnace	FEoL
N <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> , Ar	Furnace	BEoL
Soak anneal, spike anneal, forming gas anneals, RTO, RTN, silicidation	RTP	FEoL / BEoL
WET ETCH / CLEANING		
<b>Wet Etch</b>		
dHF, HotPhos	Oxide, nitride etch	FEoL
NH <sub>4</sub> OH	Silicon etch	FEoL
dHF	Oxide etch	BEoL
<b>Cleaning</b>		
SC1, SC2, dHF	RCA clean	FEoL
SPM, SOM, SOPM	Resist strip, organic removal	FEoL
All water based, solvent based cleaning chemicals	Resist strip, post etch clean	FEoL
METALLIZATION / CMP		
<b>Electroplating</b>		
Cu	Dual damascene, bumps, TSV	BEoL
Cu coupons		Lab
<b>CMP</b>		
Cu	Cu polish	BEoL
Ta, TaN, Co	Barrier polish	BEoL
SiO <sub>2</sub> , low-k, SiN	Oxide polish	FEoL / BEoL
SiO <sub>2</sub> , SiN	STI polish	FEoL / BEoL

## Capabilities (cont.)

ANALYTICS			
Transmission electron microscopy (TEM) + EDX & EELS			Lab
Focused ion beam (FIB)			Lab
Scanning electron microscopy (SEM)			Lab
Atom probe tomography (APT)			Lab
Total reflection X-Ray fluorescence spectroscopy (TXRF)			Lab
X-Ray diffraction (XRD) / X-ray reflectometry (XRR)			Lab
Raman spectroscopy			Lab
Fourier transformed infrared spectroscopy (FTIR)			Lab
Ellipsometry / Porosimetry (EP)			Lab
Time of flight secondary ion mass spectroscopy (ToF SIMS)			Lab
Confocal microscopy			Lab
METROLOGY / PROCESS CONTROL			
Review SEM / EDX	Particle and defect review, profile measurement		FEoL / BEoL
CD SEM	CD control, LER, process control		FEoL / BEoL
Optical microscopy	Optical inspection		FEoL / BEoL
3D-atomic force microscopy (AFM)	Trench profiles, CDs, roughness		FEoL / BEoL
Profilometry	Dishing & erosion, plating profiles		FEoL / BEoL
X-Ray photoelectron spectroscopy (XPS)	Elemental composition		FEoL / BEoL
X-Ray diffraction (XRD) / X-Ray reflectometry (XRR)	Phase analysis, film thickness		FEoL / BEoL
Spectroscopic ellipsometry (SE)	Film thickness		FEoL / BEoL
SP2 particle analysis	Particle measurements		FEoL / BEoL
Defect inspection for patterned wafers	Defect density measurements		FEoL / BEoL
Sheet resistance measurements (4 point)	Resistivity measurement		FEoL / BEoL
RELIABILITY / ELECTRICAL CHARACTERIZATION			
Electrical Characterization & Reliability			
Automated probing from minus 55°C to 200°C, low noise	PCM, reliability, failure analysis, microprobing		
Semiconductor device characterization	Transistors and passives		
RF-Parameter measurements, extraction of S-parameters	Parameter measurements of wafers / lots		
Electro impedance spectroscopy (EIS)	Electro-chemical method for k-value determination		
Fast capacitor process loop (MIS & MIM)	Material & ALD-process characterization and optimization		
Charge pumping investigation	Analysis of trap density		
TDDB / BTI analysis	Device reliability		
High-k / low-k material characterization with a fast dot-mask			
Non-volatile Memories (NVM)			
Charge-trap, floating-gate, Fe-RAM, RRAM, embedded and stand-alone NvM	Characterization and reliability from bit cell to Mbit array		
Optimization / characterization of memory operation parameters	Electrical memory failure analysis		
Program / erase characteristics	Disturb analysis (program, erase & read disturb)		
NVM reliability (cycle endurance, retention)	Special NVM and select device characterization		
SOFTWARE / DATA PROCESSING			
INSCALE®   Asetla Nanographics	Advanced E-Beam data preparation		
PCM setup readiness within one day: Automated test execution	Versatile test-specification interface		
Test equipment cross-linkage	Flexibility of tests and generation of high statistic		
Customized data interface	Fast and versatile customization of data formats		
Flexible and fast data-processing support with automated report	Characteristics, statistical analysis & wafer maps		
Central test execution and data collection			

---

---

HÖHEPUNKTE

# HIGHLIGHTS





## ABGESCHLOSSENE ÖFFENTLICHE PROJEKTE

# COMPLETED PUBLIC PROJECTS

### MARS

---

Duration: 01/2012 – 12/2014  
Provider of funds: BMBF

The aim of the project „MARS“ (Mobile Authentication using Retina Scanning) was to introduce a biometric authentication of the user based on a retina scan in a mobile device in everyday life. For that purpose, a system based on a scanning mirror was to be integrated into the personalized device, for example a mobile phone. At the same time, the device should also be used as a mobile virtual display which makes the projection of information onto the retina possible. In this way, personal data can be displayed without being seen by others. As a project partner, Fraunhofer IPMS was responsible for the development of the hardware of the retina scanner and for system integration, including MEMS scanning mirror, optical design, opto-mechanical concept and driving electronics.

### SENIOMOBIL

---

Duration: 11/2011 – 10/2014  
Provider of funds: BMBF

The older we get, the more our health deteriorates. For example, cognitive abilities such as concentration, perception, recollection or orientation decrease more and more. This restricts senior citizens, particularly their mobility – and thus their active participation in public and cultural life. In order to provide elderly people with specific help in maintaining their mobility, the Fraunhofer IPMS has developed the system

### MARS

---

Projektlaufzeit: 01/2012 – 12/2014  
Fördergeber: BMBF

Ziel des Projekts »MARS« (Mobile Authentifikation mittels Retina Scanning) war es, eine biometrische Authentifikation des Benutzers auf Basis eines Netzhautscans in einem mobilen Endgerät für den Alltag nutzbar zu machen. Dazu sollte in das personalisierte Gerät, z. B. ein Mobiltelefon, langfristig ein System basierend auf einem Scanner-Spiegel des Fraunhofer IPMS integriert werden. Gleichzeitig sollte das Gerät auch als mobiles virtuelles Display verwendet werden können, welches die Projektion von Informationen auf die Netzhaut ermöglicht. Auf diese Weise können persönliche Daten angezeigt werden, ohne dass Dritte diese einsehen können. Im Rahmen des Projekts war das Fraunhofer IPMS für die Entwicklung der Hardware des Retinascanners und für die Systemintegration zuständig. Dies schließt den verwendeten MEMS Scannerspiegel, das Optikdesign, die opto-mechanische Konstruktion sowie die Ansteuerlektronik ein.

### SENIOMOBIL

---

Projektlaufzeit: 11/2011 – 10/2014  
Fördergeber: BMBF

Mit zunehmendem Alter häufen sich zum einen gesundheitliche Beschwerden, zum anderen lassen auch kognitive Fähigkeiten, wie Aufmerksamkeit, Wahrnehmung, Erinnerung oder Orientierung, mehr und mehr nach. Dies schränkt Senioren besonders in ihrer Mobilität – und damit auch in der aktiven Teilnahme am öffentlichen und kulturellen Leben – ein. Um ältere Menschen gezielt bei der Aufrechterhaltung ihrer Mobilität zu

#### SENIOMOBIL:

Mobility assistant in the shape of a watch.

Functions are represented by icons. ▶



unterstützen, hat das Fraunhofer IPMS im Rahmen des Forschungsverbundprojekts »SenioMobil« das Systemdesign für einen Mobilitätsassistenten entwickelt, der Senioren durch eine hohe personalisierte Funktionalität, aber dennoch extrem einfache Bedienung ein größeres Sicherheitsgefühl im Alltag geben soll. Das übergeordnete Ziel war es, dem Nutzer möglichst wenige, dafür aber perfekt auf ihn zugeschnittene Basisfunktionen zur Verfügung zu stellen, ohne dass durch das Gerät eine Stigmatisierung erfolgt.

#### RUNSAFER

---

Projektlaufzeit: 09/2012 – 10/2014

Fördergeber: EU, FP7

Im Rahmen des Projekts »RUNSAFER« wurde ein Laufschuh-Prototyp entwickelt, der das Lauftraining maßgeblich verbessern soll. Ziel war es, Läufer mit einer neuartigen technischen Systemlösung bei der wirksamen Trainingskontrolle zu unterstützen, die über die reine Messung von Vitalparametern hinausgeht. Im Vergleich zu handelsüblichen Laufmessgeräten, ist dieses 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. Innerhalb des Projekts war das Fraunhofer IPMS sowohl für die Entwicklung des Mikrosystems als auch für die Energieversorgung des Schuhs und die drahtlose Übertragung der Messdaten verantwortlich.

design for a mobility assistant within the scope of the joint research project „SenioMobil“ that should give senior citizens a greater sense of security in everyday life through highly customized functions, whilst retaining an extremely simple operation. The overall goal was to provide users with the smallest possible number of basic functions that are nevertheless tailored to their specific needs, without the device having a stigmatizing effect.

#### RUNSAFER

---

Duration: 09/2012 – 10/2014

Provider of funds: EU, FP7

A prototype running shoe that would significantly improve running training has been developed as part of the "RUNSAFER" project. The aim was to support runners to monitor their training effectively with a novel technical system solution that goes beyond the mere measurement of vital parameters. Compared with other commercially available running monitors, this system is 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 it is hoped that running injuries can be avoided at an early stage. Within the project, Fraunhofer IPMS was responsible both for the development of the microsystem and for the energy supply to the shoe as well as for the wireless transmission of the readings.





◀ MIRIFISENS:  
Diffraction grating combined with a quantum cascade laser source.

ECG-HOME:  
Device with ECG. ▶

#### AD-WISE

---

Duration: 09/2012 – 11/2014  
Provider of funds: EU

Biogas generated from organic waste is a valuable renewable energy source. It is generated by a biological process where the organic matter is degraded to form biogas and a digestate by means of anaerobic digestion. Within the project "AD-WISE" researchers worked on the development of an on-line system for biogas plants to optimize the anaerobic digestion process and maximize biogas production while maintaining process stability. Fraunhofer IPMS developed an optical demonstrator system to measure the VFAP directly in the fermenting substrate. With this information on VFAP, plant operators can now optimize the feeding of the plant, increase biogas production and avoid process stops.

#### MIRIFISENS

---

Duration: 10/2012 – 09/2014  
Provider of funds: EU

As part of the European research project "MIRIFISENS" (Mid Infrared Innovative Lasers for Improved Sensor of Hazardous Substances) Fraunhofer IPMS and 17 other project partners worked on the development of a novel, handy variable frequency monochromatic light source for the medium infrared range. It forms the technological basis for the development of handy spectrometers that can detect the concentration of different hazardous materials quickly on location. The heart of the system consists of a miniaturized quantum cascade laser (QCL), which was developed

#### AD-WISE

---

Projektlaufzeit: 09/2012 – 11/2014  
Fördergeber: EU

Biogas, das aus organischen Abfällen erzeugt wird, ist eine wertvolle erneuerbare Energiequelle. Es wird durch einen biologischen Prozess produziert, bei dem organische Substanzen durch anaerobe Zersetzung zerlegt werden, um Biogas und Gärrückstände zu bilden. Im Projekt »AD-WISE« wurde an der Entwicklung eines Online-Messsystems für Biogasanlagen gearbeitet, das den anaeroben Vergärungsprozess maximieren und gleichzeitig den Prozess stabil halten soll. Das Fraunhofer IPMS hat dafür ein optisches Demonstratorsystem entwickelt, mit dem die Konzentration von flüchtigen Fettsäuren direkt im Gärsubstrat gemessen werden kann. So können Biogasanlagenbetreiber in Zukunft ihre Anlagen optimieren, die Biogasproduktion steigern und Prozessausfälle verhindern.

#### MIRIFISENS

---

Projektlaufzeit: 10/2012 – 09/2014  
Fördergeber: EU

Im Rahmen des Europäischen Verbundforschungsprojekts »MIRIFISENS« (Mid Infrared Innovative Lasers for Improved Sensor of Hazardous Substances) arbeitete das Fraunhofer IPMS mit 17 weiteren Partnern an der Entwicklung einer neuartigen, handlichen durchstimmbaren monochromatischen Strahlungsquelle für den mittleren Infrarotbereich. Diese bildet die technologische Grundlage für die Entwicklung handlicher Spektrometer, die in der Lage sind, die Konzentration verschiedener Gefahrstoffe schnell und vor Ort zu ermitteln. Herzstück des Systems ist ein miniaturisierter Quantenkaska-





denlaser (QCL), der vom Projektpartner Fraunhofer IAF in Freiburg entwickelt wurde. Um das Licht des Quantenkaskadenlasers auf definierte Wellenlängen einstellen zu können, haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IPMS ein lichtstarkes Beugungsgitter mit fünf Millimetern Durchmesser entwickelt. Dieses mikromechanisch gefertigte Beugungsgitter agiert dabei als durchstimmbarer externer Resonator des Quantenkaskadenlasers und erlaubt das Durchfahren der Laserwellenlänge mit einer Frequenz von 1000Hz und einem Durchstimmbereich von bis zu 20 Prozent der Zentralwellenlänge.

#### EKG-HOME

---

Projektlaufzeit: 02/2014 – 10/2014  
Fördergeber: Freistaat Sachsen

Um das Ausmaß von Herzrhythmusstörungen zu bewerten oder um seltene bzw. phasenweise auftretende Rhythmus- oder Durchblutungsstörungen des Herzens aufzuspüren, kommt typischerweise ein Langzeit-EKG zum Einsatz. Im Projekt »EKG-Home« hat das Fraunhofer IPMS die Firmware für sein aus einem vorangegangenen Projekt inhouse entwickeltes 3-Kanal-EKG-Gerät so implementiert, dass es nun auch für den Heimbereich unter Alltagsbedingungen genutzt werden kann. Dazu wurden auch die Auswertungsalgorithmen entsprechend angepasst. Der Patient erhält Feedback in Form einer Ampel und kann so selber einen Eindruck über seine Vitaldaten gewinnen. Eine grüne Ampel gibt Sicherheit, dass es keine auffälligen Messwerte gab, eine gelbe empfiehlt die Kontaktierung des Hausarztes bei der nächsten Gelegenheit, während eine rote Ampel eine ernst zu nehmende Auffälligkeit indiziert, die eine baldige Konsultation eines Arztes nahelegt.

by the project partner Fraunhofer IAF in Freiburg. To set the light of the QCL to the defined wavelengths, scientists at Fraunhofer IPMS developed a highly reflective diffraction grating with a diameter of five millimeters as well as the belonging control electronics. The micro-mechanically manufactured diffraction grating acts as the quantum cascade laser's variable frequency external resonator. It allows for the tuning of laser wavelengths with a frequency of 1000 Hz, with a variable frequency range of up to 20 percent of the central wavelength.

#### ECG-HOME

---

Duration: 02/2014 – 10/2014  
Provider of funds: Free State of Saxony

For analyzing the severity of cardiac arrhythmia or to detect rare or intermittent arrhythmia or circulation problems in the heart, a long-term ECG is used. Within the project "ECG-Home" Fraunhofer IPMS implemented a new firmware in the 3-channel ECG Recorder (former developed within another project inhouse) so that it can be used in a home setting under everyday conditions. Furthermore, evaluation algorithms have been adjusted accordingly. The patient gets feedback in terms of a traffic light and is able to obtain information about his oder her vital data. A green traffic light indicates the absence of conspicuous measurement values, whereas a yellow light recommends that the patient contacts the family physician and a red traffic light indicates a serious abnormality that should be checked by a doctor sooner rather than later.



◀ 300 mm CMP Equipment at Fraunhofer IPMS  
Center Nanoelectronic Technologies (CNT)

## ANGELA

---

Duration: 12/2012 – 10/2014  
Provider of funds: Free State of Saxony

In project ANGELA (angstrom scaled interaction oxide interfaces in sub-30 nm CMOS technologies: innovative processes for 300 mm facilities) various oxidation and deposition methods of silicon dioxide ( $\text{SiO}_2$ ) were examined including their effects on the entire HKMG stack. As a result, a promising plasma oxidation process and an atomic layer deposition process have been developed.

Furthermore, individual processes for the introduction of fluorine into HKMG stacks and structuring processes of the gate electrode have been characterized and refined. A thermal  $\text{NF}_3$  process was provided for integration tests on CMOS wafers and the effects on CMOS transistors were extensively studied. Significant process improvements were achieved in the project to improve future innovative CMOS manufacturing processes.

## BENGALOS

---

Duration: 01/2013 – 09/2014  
Provider of funds: Free State of Saxony

Project BENGALOS was focusing on technological solutions for challenges in the field metallization (back-end-of-line BEOL) for sub 30 nm CMOS applications, in particular the consideration of dielectrics especially in the field of ultra low-k dielectrics (ULK). CNT successfully investigated methods to repair the plasma-induced etching damage caused during the patterning of the ULK.

## ANGELA

---

Projektlaufzeit: 12/2012 – 10/2014  
Fördergeber: Freistaat Sachsen

Im Projekt ANGELA (Angströmskalige Interaktion oxidischer Grenzflächen in sub-30nm CMOS Technologien: innovative Prozesse auf 300 mm-Anlagen) wurden verschiedene Oxidations- bzw. Abscheidungsverfahren für Siliziumdioxid ( $\text{SiO}_2$ ) und deren Auswirkung auf den gesamten HKMG-Stapel untersucht. Es wurden sowohl ein vielversprechender Plasmaoxidationsprozess als auch ein Atomlagenabscheidungsprozess entwickelt.

Weiterhin wurden Einzelprozesse für das Einbringen von Fluor in HKMG-Stacks sowie Strukturierungsprozesse der Gate-Elektrode charakterisiert und weiterentwickelt. Der thermische  $\text{NF}_3$ -Prozess wurde für Integrationstests auf CMOS-Wafern bereitgestellt und Auswirkungen auf CMOS-Transistoren intensiv untersucht. Durch die Arbeiten konnten wesentliche Prozessverbesserungen abgeleitet werden, um zukünftige CMOS-Fertigungsprozesse innovativ verbessern zu können.

## BENGALOS

---

Projektlaufzeit: 01/2013 – 09/2014  
Fördergeber: Freistaat Sachsen

Das Ziel des Projekts BENGALOS war es technologische Lösungen für die Herausforderungen im Bereich Metallisierung (Back-End-of-Line: BEOL) für Sub 30 nm CMOS Anwendungen zu finden.

Der Fokus lag auf der Betrachtung des Dielektrikums insbesondere im Bereich der Ultra low-k Dielektrika (ULK). Es wurden erfolgreich Möglichkeiten untersucht,



die plasmabedingten Ätزشäden zu reparieren, die beim Strukturieren des ULK entstehen. Durch eine »In-Situ« Wiederherstellung des k-Wertes direkt nach dem Plasmaätzen, einen »Ex-Situ« Prozess nach der Nassreinigung und einen alternativen Integrationsansatz um den Ätزشaden komplett zu vermeiden, konnte dies bewiesen werden. Im Projektverlauf wurden außerdem verschiedene Chemikalien und Prozessparameter für den Nassreinigungs- und Ätzprozess nach der Strukturierung evaluiert um einen optimierten Prozessablauf zu gewährleisten.

#### EMERALD

---

Projektlaufzeit: 01/2012 – 08/2014  
Fördergeber: Freistaat Sachsen

Das Projekt EMERALD (Evaluierung von neuen Strukturierungsmethoden mittels Elektronenstrahl Lithographie und Nickel ALD) verfolgte das Ziel neue Ansätze für Kontaktloch (Via) Strukturierung in 28 nm CMOS Technologien zu untersuchen.

Dabei wurden verschiedene CVD und ALD-Prozesse zur Abscheidung von Nickel-Schichten analysiert, weiterentwickelt und hinsichtlich relevanter Eigenschaften charakterisiert. Weiterhin wurde die am Fraunhofer IPMS-CNT verfügbare maskenlose Strukturierungsmethode E-Beam Direktschreiben erstmalig im Bereich Backend of Line (BEoL) integriert, optimiert und für den 28 nm Knoten weiterentwickelt. Dadurch konnten neue potentielle Anwendungsmöglichkeiten in der CMOS Fertigung aufgezeigt werden.

Proven methods include an "in-situ" recovery of the k-value immediately after the plasma etching, an "ex-situ" process after wet cleaning and an alternative integration approach to avoid etching damage completely. To guarantee an optimized process flow various chemicals and process parameters for wet cleaning and wet etching after the patterning process were evaluated during the project.

#### EMERALD

---

Duration: 01/2012 – 08/2014  
Provider of funds: Free State of Saxony

The project EMERALD (Evaluation of new patterning methods using electron beam lithography and nickel ALD) pursued the goal of the investigation of new approaches for contact hole (Via) structuring in 28 nm CMOS technologies.

Various CVD and ALD processes for the deposition of nickel layers were analyzed, developed and characterized for relevant properties. For the first time, the maskless patterning technique e-beam direct write, available at Fraunhofer IPMS-CNT, has been integrated and optimized in the back-end-of-line (BEoL) area and developed further for the 28 nm node. Various potential applications in CMOS fabrication have been disclosed in this project.



# ECSEL Joint Undertaking

## FRAUNHOFER IPMS SUCCESSFUL WITH PROPOSALS FOR EUROPEAN MICROELECTRONICS FUNDING

ECSEL (Electronic Components and Systems for European Leadership) is the European funding instrument for the areas of micro and nanoelectronics within the European „HORIZON 2020“ framework program for research and innovation. Funding of 2.4 billion euros will be made available through the European Commission and member states over the coming years to strengthen research projects and pilot lines in the fields of microelectronics, embedded systems and smart systems. In the first application round of 2014, Fraunhofer IPMS and its partners were awarded two ECSEL pilot line projects. Both projects are scheduled to begin in spring of 2015.

Fraunhofer IPMS is working together with consortium coordinator X-FAB Dresden GmbH & Co. KG and eighteen other partners in the „ADMONT“ project aiming to build a distributed More-than-Moore (MtM) pilot line. MtM sensor technologies and OLED processing in combination with wafer-level CMOS processes and 3D integration will be coalesced into a production flow. Fraunhofer IPMS is responsible for activities relating to sensors and MEMS and will demonstrate new possibilities based on capacitive ultrasonic transducers, infrared thermopiles and RFID transponders. The „WAYTOGO FAST“ project proposes to establish a pilot line for the production of highly efficient systems on a chip (SoC) in so-called FD-SOI technology. Under the coordination of French semiconductor manufacturer ST Microelectronics, Fraunhofer IPMS-CNT will work closely with Globalfoundries and other small and medium-sized companies to develop technology modules for advanced FD-SOI chips.

## FRAUNHOFER IPMS MIT ANTRÄGEN ZUR EUROPÄISCHEN MIKROELEKTRONIKFÖRDERUNG ERFOLGREICH

ECSEL (Electronic Components and Systems for European Leadership) ist das europäische Förderinstrument für die Mikro- und Nanoelektronik im Europäischen Rahmenprogramm für Forschung und Innovation »HORIZON 2020«. Fördermittel von 2,4 Milliarden Euro, die sich Europäische Kommission und Mitgliedsstaaten teilen, sollen in den kommenden Jahren Forschungsvorhaben und Pilotlinien auf den Gebieten der Mikroelektronik, eingebetteten Systeme und »Smart Systems« unterstützen. Das Fraunhofer IPMS konnte in der ersten Antragsrunde im Jahr 2014 zwei ECSEL-Pilotlinien gemeinsam mit Partnern einwerben. Die offiziellen Projekt-Kick-offs sollen im Frühjahr 2015 stattfinden.

Im Projekt »ADMONT« ist das Fraunhofer IPMS gemeinsam mit Konsortialführer X-FAB Dresden GmbH & Co. KG und 18 weiteren Partnern am Aufbau einer verteilten More-than-Moore (MtM)-Pilotlinie beteiligt. MtM-Technologien für Sensoren und OLED-Verarbeitung in Kombination mit CMOS-Prozessen und 3D-Integration auf Wafer-Ebene werden zu einem Produktionsfluss vereint. Das Fraunhofer IPMS ist für Aktivitäten zu Sensoren und MEMS verantwortlich und wird die neuen Möglichkeiten anhand von kapazitiven Ultraschallwandlern, Infrarot-Thermopiles und RFID-Transpondern demonstrieren. Das Projekt »WAYTOGO FAST« zielt darauf ab, eine Pilotlinie für die Fertigung hocheffizienter Systeme auf Chipebene (SoC) in der sogenannten FD-SOI-Technologie zu etablieren. Unter Koordination des französischen Halbleiterunternehmens ST Microelectronics entwickelt das CNT in enger Zusammenarbeit mit Globalfoundries sowie kleinen und mittleren Unternehmen Technologiemodule für modernste FD-SOI-Chips.





# HORIZON 2020

---

## ERSTE ERFOLGE BEI HORIZON 2020

---

Horizon 2020 ist das in 2014 gestartete EU-Programm zur Unterstützung von Forschung und Innovation in Europa. Bis 2020 werden ca. 70 Milliarden Euro bereitgestellt, mit denen Investments der privaten Wirtschaft stimuliert werden sollen. Ziel ist es, Innovationen schnell vom Labor in den Markt zu transferieren und so die europäische Wettbewerbsfähigkeit zu sichern. Das Fraunhofer IPMS war in der ersten Antragsrunde zum Thema Informations- und Kommunikationstechnologie gemeinsam mit Partnern mit zwei Anträgen erfolgreich.

Das Projekt »CHEQUERS« (Compact High pErformance QUantum cascadE laseR Sensors, dt.: kompakte Hochleistungsquantenkaskadenlaser-Sensoren) zielt darauf ab, eine schnelle Fernerkennung von explosiven, giftigen oder sonstigen Gefahrstoffen im Umfeld von Terroranschlägen oder Industrieunfällen zu ermöglichen. Im Ergebnis sollen hochempfindliche Geräte im Taschenformat realisiert werden. Diese basieren auf aktiver hyperspektralen Bildaufnahme und -erkennung. Die Aufgabe des Fraunhofer IPMS ist die Entwicklung eines MEMS-Scannerspiegels zur Projektion und Bildgebung eines Quantenkaskadenlaserstrahls sowie die Optimierung des Scangitters zur Wellenlängenauswahl. Das Projekt »GateOne« unter Leitung der Firma BluMorpho und Beteiligung aller großen europäischen Einrichtungen der angewandten Forschung zielt darauf ab, die Markteinführung sogenannter Smart Systems in Europa durch KMUs zu beschleunigen. Dazu wird ein Portfolio an existierenden Technologien im Bereich Smart Systems erstellt, daraus mehr als 200 Produktideen generiert und diese anhand von Fallstudien unter Beteiligung von KMUs evaluiert. Die 50 vielversprechendsten Ideen werden in Demonstratoren überführt und stehen so für eine schnelle Markteinführung bereit.

---

## INITIAL SUCCESS UNDER HORIZON 2020

---

Horizon 2020, started in 2014, is the financial instrument of the European Union, aimed at supporting research and innovation in Europe. €70 billion of funding will be available over 7 years, in order to stimulate investments of the private sector. It promises innovations by taking great ideas from the lab to the market. Within the first call proposals regarding Information and Communication Technologies, Fraunhofer IPMS has successfully launched two projects together with its partners.

The project "CHEQUERS" (Compact High pErformance QUantum cascadE laseR Sensors) aims at rapid stand-off detection of explosive, toxic or otherwise hazardous materials related to terrorist attacks or industrial accidents. It will realize highly sensitive, handheld instruments based upon active hyperspectral imaging and detection. Fraunhofer IPMS is responsible for the development of a MEMS scanning mirror for projection and imaging of a quantum cascade laser beam as well as the optimization of the MEMS grating for wavelength selection. The mission of the project "GateOne" – coordinated by company BluMorpho and including all leading European organizations for applied research - is to accelerate smart systems adoption by European SMEs in facilitating their access to advanced technologies for the development of innovative and smart solutions. A portfolio of existing technologies for Smart Systems will be collected. This data will lead to more than 200 potential product ideas which will be subsequently evaluated based on business cases and reviewed by SMEs. For the 50 most promising ideas, product demonstrators will be created and will be ready for commercialization.



-----

### PROF. LAKNER ADVISES EUROPEAN COMMISSION ON STRATEGIC ISSUES IN MICRO AND NANOELECTRONICS

-----

Founded in 2013, the Electronics Leader Group (ELG) consists of eleven leading representatives from the microelectronics sector. Professor Huber Lakner, Managing Director of Fraunhofer IPMS and Chairman of the Fraunhofer Group for Microelectronics is among the list of ELG members aiming to make Europe a world-leading location for innovative micro and nanoelectronics. In February 2014, the ELG presented former Vice President of the European Commission Neelie Kroes with a detailed industrial strategy plan designed to enable Europe to double the economic value of semiconductor components production and conquer 60 percent of new electronics markets. The ELG has recommended that the EU concentrate primarily on the areas of the automotive and energy industries as well as industrial automation and safety in order to double the current production level of semiconductor components over the next ten years. Furthermore, focusing on sectors with a potential for high growth such as the „internet of things“ and developing markets for intelligent products and services of the future should lead Europe to achieve a 60 percent market share by 2020. Re-establishing a strong European presence in mobile and wireless communications is also being taken into consideration with Europe aiming to take 20 percent of the forecasted growth in these markets. The submitted plan marks the completion of the ELG electronics strategy for Europe. It lists specific goals for the European Commission, member states, regions, industry, universities and investors to be reached by the year 2020.

-----

### PROF. LAKNER BERÄT EUROPÄISCHE KOMMISSION IN STRATEGIEFRAGEN DER MIKRO- UND NANOELEKTRONIK

-----

Bereits im Jahr 2013 wurde die Electronics Leaders Group (ELG) gegründet, der 11 führende Vertreter aus der Mikroelektronikbranche angehören – unter ihnen auch der geschäftsführende Institutsleiter des Fraunhofer IPMS und Vorsitzende des Fraunhofer-Verbundes Mikroelektronik, Prof. Hubert Lakner. Ziel ist es, Europa zu einem weltweit führenden Standort für innovative Mikro- und Nanoelektronik zu machen. Dafür legte die Gruppe im Februar 2014 der damaligen Vizepräsidentin der Europäischen Kommission, Neelie Kroes, einen detaillierten industriepolitischen Strategieplan vor, wie Europa in den nächsten zehn Jahren bis zu 60 Prozent der neuen Elektronikmärkte erobern und den wirtschaftlichen Wert der Halbleiterkomponentenfertigung verdoppeln könnte. Die ELG empfiehlt der EU, sich schwerpunktmäßig auf die Bereiche Automobilindustrie, Energie, industrielle Automatisierung und Sicherheit mit dem Ziel zu konzentrieren, eine Verdopplung der heutigen Produktion in den kommenden zehn Jahren zu erreichen. Des Weiteren liegt der Fokus auf Bereichen mit hohen Wachstumsaussichten, wie dem »Internet der Dinge« und der Entwicklung von Märkten für intelligente Produkte und Dienste der Zukunft. Hierbei soll ein Marktanteil von 60 Prozent bis 2020 erreicht werden. Auch die Wiederherstellung einer starken Präsenz im Bereich der Mobilfunk- und Drahtloskommunikation ist angedacht. Europa strebt hier einen Anteil von 20 Prozent des prognostizierten Wachstums in diesen Märkten an. Der von der ELG vorgelegte Plan markiert den Abschluss einer Aktion der Elektronikstrategie für Europa. Er enthält konkrete Ziele, die bis 2020 von der Industrie, der Europäischen Kommission, den Mitgliedstaaten, Regionen, Universitäten und von Investoren

- ◀ Neelie Kroes, Vice-President of the European Commission received several Members of the Electronics Leaders Group.
- © European Commission

Official logo of the CATRENE program. ▶



verwirklicht werden sollen.

Zur Umsetzung der in der Industrie-Roadmap für Mikro- und Nanoelektronische Komponenten und Systeme beschriebenen Vision, Strategie und Implementierung ist Forschung, Entwicklung und Innovation auf dem Gebiet der Mikro- und Nanoelektronischen Systeme notwendig, verbunden mit einer teilweisen öffentlichen Förderung der Aktivitäten.

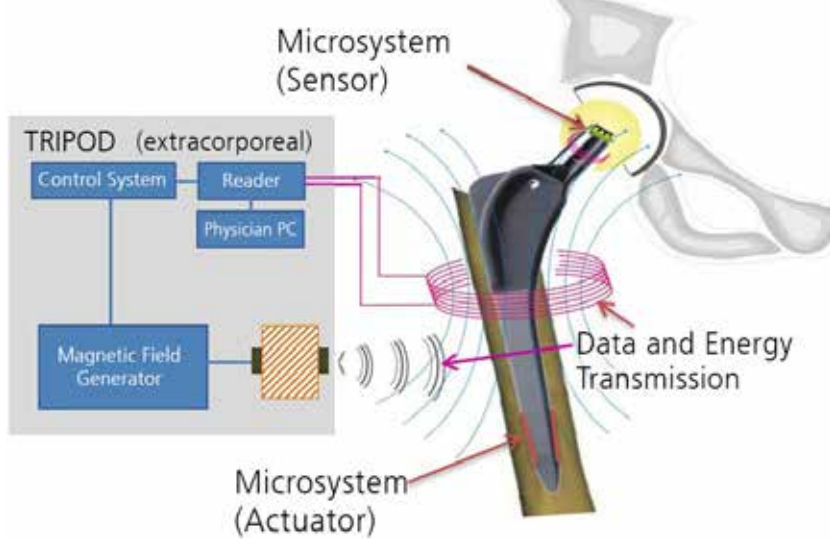
Die Industrie benötigt in Ergänzung zu ECSEL ein Förderprogramm, das Projekte unterstützt, die schnell geplant und so umgesetzt werden können, wie es die Anforderungen der Projektziele und die Partner verlangen. Daraus resultiert ein flexibles und agiles Programm, das Möglichkeiten identifiziert, schnellen Zugang zu nationalen Fördermöglichkeiten eröffnet und ein effektives Bewilligungsverfahren erlaubt. Diese Ziele wurden bislang durch das CATRENE-Programm adressiert, das als EUREKA-Cluster implementiert ist. Seit 2008 wurden zahlreiche Einzelprojekte erfolgreich bearbeitet. Prof. Lakner hat als langjähriges Mitglied des CATRENE-Boards die Ausrichtung des Programms entscheidend mitbestimmt. CATRENE läuft in 2015 aus, Prof. Lakner ist maßgeblich in die Planung des Nachfolgeinstruments involviert, das Anfang 2016 starten soll.

Mit Beginn des neuen Programms wird der Fokus der Projekte zunächst auf Anwendungen in den Bereichen Automotive, Gesundheit und Produktionstechnik liegen. Diese Themenfelder müssen jedoch aktuell noch zwischen der Industrie und öffentlichen Fördergebern abgestimmt werden. Das Fraunhofer IPMS ist bereit, sich mit seinen europäischen Partnern aus Industrie und Forschung an diesem neuen Programm zu beteiligen.

In order to support the vision, strategy and planned implementation contained in the roadmap for Micro- and Nano-Electronic Components and Systems, research, development and innovation in areas of micro- and nano-electronics based systems is required and needs partial public financing.

Industry needs a programme, complementary to ECSEL, which looks to support projects that can be set up quickly and implemented in a manner that matches the specific needs of the project objectives and the participants. A flexible and agile programme that will identify opportunities, quickly assess national governmental support and operate with a short, but effective, approval process is required. Those goals have been addressed so far by the CATRENE programme, implemented as a EUREKA cluster. Since 2008, numerous projects have been founded in order to support the goals described above. Prof. Lakner as a long term CATRENE board member has steered the direction of the CATRENE programme, which will phase out in 2015. Prof. Lakner is a member of a high level group that defines the aim of the CATRENE successor which will start at the beginning of 2016.

At the start of the new programme, the focus of projects will be on future applications in automotive, healthcare and production technologies. These focus areas are subject to assessment and revision in regular planned reviews between industry and public authorities. Fraunhofer IPMS is dedicated to submit proposals within this new funding scheme together with industrial and other partners from its European network.



◀ “Smart hip joint prosthesis”.

Dresden and Grenoble: two centers of the European semiconductor industry. ▶

### ----- THERANOSTIC IMPLANTS - DEVELOPMENT OF KEY TECHNOLOGIES FOR MEDICINE -----

Theranostic implants are complex, multifunctional medical products that can be implanted and combine diagnosis and therapy in one medical-technical system. The recording of specific vital parameters forms the diagnostic basis for the relevant therapeutic measures to be initiated. Theranostic implants have achieved a relevance for the whole of society that will lead to a major leap in innovations in medical technology. This is why the key project “THERANOSTIC IMPLANTS” was launched by the Fraunhofer Gesellschaft on July 1, 2014 that is aimed at bundling the technological possibilities to develop theranostic platforms.

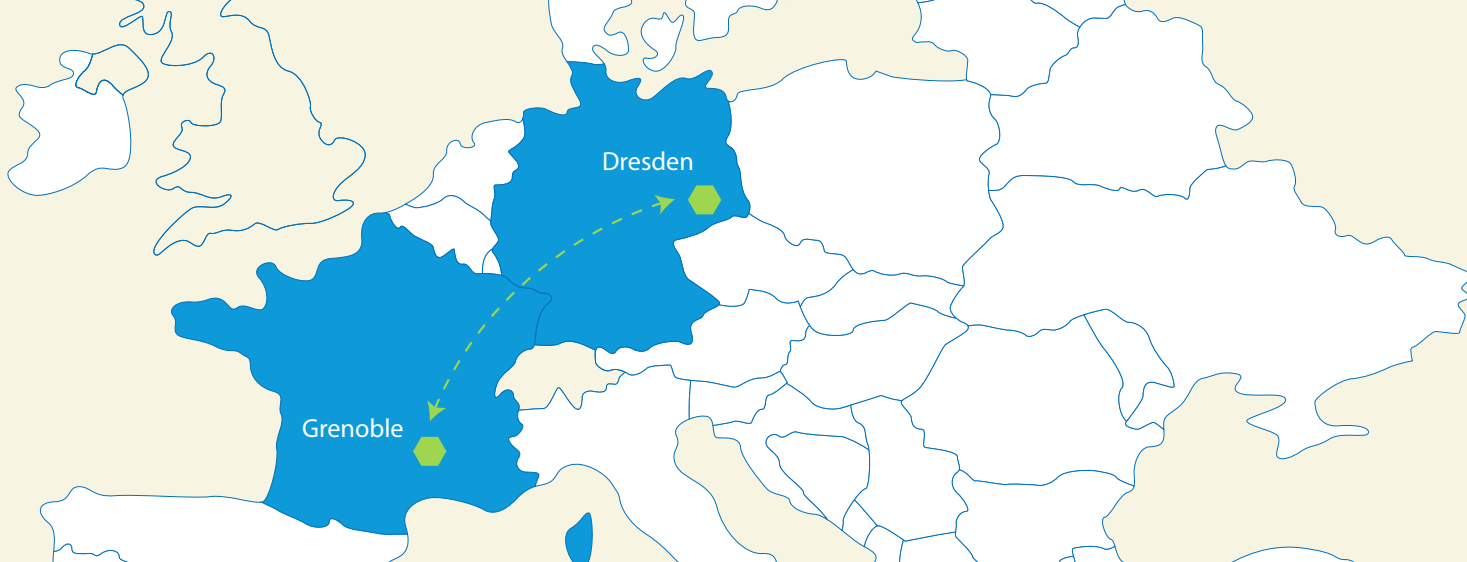
Alongside the Fraunhofer IPMS, a total of 12 further Fraunhofer institutes will be contributing their know-how and expertise. The goal is to assume a leading position in the key technologies that are important for theranostic implants. Within the scope of this key project, three demonstrators with a high relevance for the market are to be set up and tested as examples. One of these – the skeletal demonstrator – is being realized by the researchers at Fraunhofer IPMS. In this context a “smart hip joint prosthesis” is being developed that detects a possible loosening of hip joint implants and counteracts this both through suitable actuators as well as through the selective stimulus of bone growth. Furthermore, a cardiovascular and a neuro-muscular demonstrator are also being developed. This means that almost the entire field of currently relevant theranostic implants can be covered. The technology platform that will be created by this offers the preconditions needed to develop and produce modular medical technology components, systems and implants quickly in future.

### ----- THERANOSTISCHE IMPLANTATE – ENTWICKLUNG VON SCHLÜSSELTECHNOLOGIEN FÜR DIE MEDIZIN -----

Theranostische Implantate sind komplexe multifunktionale implantierbare Medizinprodukte, die Diagnostik und Therapie in einem System vereinen. Die Erfassung spezifischer Vitalparameter bildet die diagnostische Grundlage für die jeweilig eingeleitete therapeutische Maßnahme. Theranostische Implantate haben eine gesamtgesellschaftliche Relevanz erlangt, die zu einem Innovations-sprung in der Medizintechnik führen wird. Daher wurde am 1. Juli 2014 das Leitprojekt »THERANOSTISCHE IMPLANTATE« von der Fraunhofer-Gesellschaft gestartet, das die technologischen Möglichkeiten zur Entwicklung theranostischer Plattformen bündeln soll.

Insgesamt bringen hier neben dem Fraunhofer IPMS zwölf weitere Fraunhofer-Institute ihr Wissen und ihre Expertise ein. Ziel ist es, eine führende Position in den für theranostische Implantate wichtigen Schlüsseltechnologien einzunehmen. Im Rahmen dieses Leitprojekts sollen beispielhaft drei Demonstratoren mit hoher Relevanz zum Markt aufgebaut und getestet werden. Der skeletale Demonstrator wird von den Forscherinnen und Forschern des Fraunhofer IPMS umgesetzt. In diesem Rahmen wird eine »Smarte Hüftgelenksprothese« entwickelt, die eine mögliche Lockerung von Hüftgelenksimplantaten erfasst und dieser sowohl durch geeignete Aktoren als auch durch eine gezielte Anregung des Knochenwachstums entgegenwirkt. Darüber hinaus werden noch ein kardiovaskulärer und ein neuro-muskulärer Demonstrator entwickelt. Damit kann fast der gesamte Bereich derzeit relevanter theranostischer Implantate abgedeckt werden. Die so entwickelte Technologieplattform schafft die Voraussetzungen, zukünftig schnell und modular medizintechnische Komponenten, Systeme und Implantate zu entwickeln und zu fertigen.





-----  
**DRESDNER DELEGATION FÖRDERT KOOPERATION  
 MIT MIKROELEKTRONIKREGION GRENABLE**  
 -----

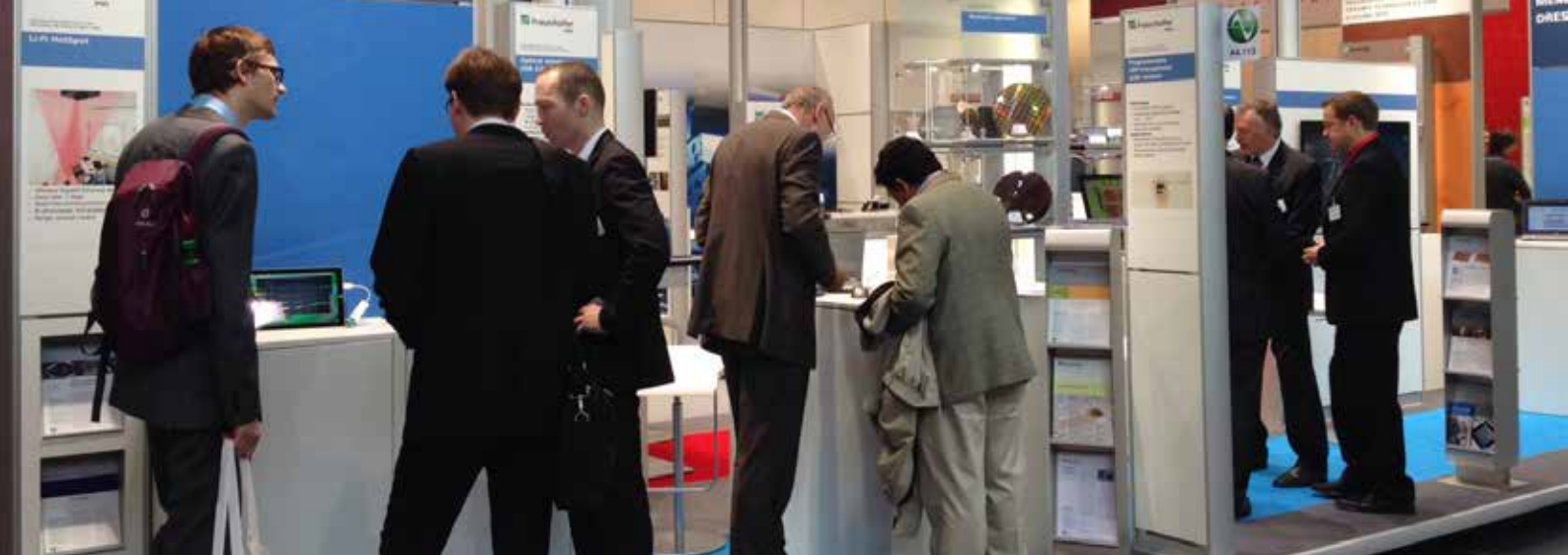
Ein Positionspapier zur Unterstützung der europäischen Strategie für Mikro- und Nanoelektronik wurde im Februar 2014 in Grenoble anlässlich einer Reise der sächsischen Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst, Frau Sabine von Schorlemmer unterzeichnet. Mit ihr reiste eine hochrangige Delegation des Silicon Saxony nach Grenoble, der auch Prof. Lakner in führender Rolle angehörte. Ziel der Reise war es, die enge Kooperation der beiden Zentren der europäischen Halbleiterindustrie, Dresden und Grenoble, zu bekräftigen. Auf der Ebene der großen Einrichtungen der angewandten Forschung wird über die Heterogeneous Technology Alliance (HTA), in der Prof. Lakner Board-Mitglied ist, bereits seit Jahren die Kooperation zwischen Deutschland/Sachsen, Frankreich/Grenoble, der Schweiz und Finnland gestärkt.

Mikro- und Nanoelektronik ist eine unverzichtbare Schlüsseltechnologie für Wachstum und Innovation in Europa. Sie trägt unmittelbar zur Wettbewerbsfähigkeit der europäischen Industrie bei. Des weiteren ist sie eine treibende Kraft für die Märkte der Zukunft wie Energie und Umwelt, Mobilität, Sicherheit und Gesundheit. Um diese Position Europas im globalen Wettbewerb aufrecht zu erhalten, ist es von großer Bedeutung, dass die europäische Halbleiterindustrie und die in Europa ansässigen relevanten Akteure der angewandten Forschung gegenüber der internationalen Konkurrenz mit einer einheitlichen Strategie auftreten. Diesem Ziel dient die »Silicon Europe Initiative«, in der die führenden Cluster der Mikro- und Nanoelektronik in Europa zusammengeschlossen sind. Insgesamt stehen die Netzwerke aus Sachsen, Frankreich, den Benelux-Staaten sowie Österreich für mehr als 800 Mitglieder (davon mehr als 75 Prozent KMUs) mit mehr als 150.000 Beschäftigten.

-----  
**DRESDEN DELEGATION PROMOTES  
 COOPERATION WITH MICROELECTRONICS  
 REGION OF GRENABLE**  
 -----

A position paper supporting the European strategy for micro and nanoelectronics was signed in February 2014 marking a visit of the Saxon State Minister for Science and Art, Sabine von Schorlemer to Grenoble. A high-level delegation from Silicon Saxony, in which Professor Hubert Lakner played a leading role, accompanied the minister on her trip to reaffirm the close cooperation between Dresden and Grenoble, the two centers of the European semiconductor industry. For years, the Heterogeneous Technology Alliance (HTA) between large, application-oriented research institutes for which Professor Lakner serves as a board member has been strengthening the Germany/Saxony, France/Grenoble, Switzerland and Finland collaboration.

Contributing directly to the competitiveness of European industry, the micro and nanoelectronic industry is an essential key technology for overall European growth and innovation. It is also a driving force for future markets in energy and environment, mobility, safety and health. In order for Europe to maintain its globally competitive position, it is extremely important that the European semiconductor industry and Europe-based institutes of applied research work together under a common strategy. This goal reinforces the "Silicon Europe Initiative" which unites European leaders in micro and nanoelectronics. Networks rooted in Germany (Saxony), France, Austria and the Benelux countries consist of more than 800 members (over 75 percent SME) with more than 150,000 employees.



## INNOVATIONS AT TRADE SHOWS AND CONFERENCES

In 2014, 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 19 national and international platforms as an exhibitor, such as Photonics West, Optical Fiber Communication, Sensor and Test, Sensors Expo & Conference, Optatec, Vision, Electronica and Medica.

For the first time we visited the "Photonix Expo & Conference" in Tokyo which is important for the Japanese market, as well as Europe's greatest and most established trade fair and conference for optical communication "ECOC" in Cannes, France. At these exhibitions innovations derived from project work were presented to the general public for the first time. At the Photonics West, OFC and ECOC Fraunhofer IPMS presented liquid crystal based demonstration models for the polarisation insensitive switching and modulating of optical signals. Also the topic "Capacitive Micromachined Ultrasound Transducers - CMUT" was very well received at three different events, the "Smart Systems Integration", "Sensor and Test" and "Sensors Expo". Various developments in scanner mirrors were the highlights at the Photonics West, Optatec and Vision, notably including a MEMS based retinal scanning system for biometric authentication. Last not least at the end of the year the business unit WMS presented developments in the fields of optical wireless communication, medical technology and programmable RFID sensor transponders at Electronica and Medica.

## NEUHEITEN AUF FACHMESSEN UND KONFERENZEN

Im Jahr 2014 besuchte das Fraunhofer IPMS wieder 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 19 nationalen und internationalen Plattformen wie der Photonics West, Optical Fiber Communication, Sensor und Test, Sensors Expo & Conference, Optatec, Vision, Electronica und Medica.

Erstmalig besucht wurden außerdem die für den japanischen Markt wichtige »Photonix EXPO & Conference« in Tokio, die Semicon West in San Francisco sowie Europas größte und etablierteste Messe und Konferenz für optische Kommunikation »ECOC« in Cannes, Frankreich. Neuheiten aus der Projektarbeit wurden dabei erstmals der breiten Öffentlichkeit vorgestellt. Auf der Photonics West, der OFC und ECOC präsentierte das Fraunhofer IPMS flüssigkristallbasierte Demonstratoren für das polarisationsunabhängige Schalten und Modulieren optischer Signale. Auch das Thema »Kapazitive Mikromechanisch hergestellte Ultraschallwandler CMUT« fand auf mehreren Messen Zuspruch, der »Smart Systems Integration«, »Sensor und Test« und »Sensors Expo and Conference«. Verschiedene Scannerspiegelentwicklungen waren außerdem die Highlights auf der Photonics West, Optatec und Vision, hervorzuheben darunter ein MEMS basierter Retinascaner für die Personenauthentifizierung. Schließlich präsentierte das Geschäftsfeld WMS Weiterentwicklungen aus den Bereichen der optischen drahtlosen Kommunikation, Medizintechnik und programmierbaren RFID-Sensor-Transpondertechnologie zum Jahresende auf der Electronica und Medica.

◀ Fraunhofer IPMS presentation at Electronica 2014.

Guided clean room tour at the "Long Night of Science". ▶



---

### DRESDNER LANGE NACHT DER WISSENSCHAFTEN AM STANDORT »MICRO NANO NORD«

---

»Mitmachen, Schlaumachen, Durchmachen!« Unter diesem Motto öffneten zur 12. Dresdner Langen Nacht der Wissenschaften am 4. Juli 2014 wieder Dresdner Hochschulen, außeruniversitäre Forschungseinrichtungen und wissenschaftsnahe Unternehmen ihre Gebäude, Labore und Hörsäle für die Öffentlichkeit. Mit dabei war wieder das Fraunhofer IPMS, das sich in den vergangenen Jahren zu einem der attraktivsten Veranstaltungsorte entwickelt hat. Gemeinsam mit Infineon Technologies, Globalfoundries, Von Ardenne und X-FAB erwarteten die knapp 900 Besucher am Standort »Micro Nano Nord« Ausstellungen auf mehreren Etagen, Vorträge, Mitmachaktionen für Kinder und geführte Reinraum-Touren.

Der Nachwuchs stand in diesem Jahr im Mittelpunkt: Extra für ihn führten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler eine Schnitzeljagd durch, bei der die Kinder vier »Prüfungen« wie »Wafer puzzeln« oder »Waferlaufen« bewältigen mussten. Ältere Schulkinder konnten darüber hinaus aus einem Elektronikbausatz mit Lötkolben ihr eigenes »photonisches System« bauen und behalten. Wer Lust hatte, durfte außerdem in einen Schutzanzug schlüpfen und vor einer Reinraumkulisse Fotomodell stehen. Zu guter Letzt bot das Fraunhofer IPMS in diesem Jahr erstmals eine Reinraumtour unter dem Titel »Faszination Reinraum« speziell für die Altersgruppe 10+ an. Dabei ging es weniger um fachspezifische Herstellungsprozesse oder Produkte, als vielmehr darum, was ein Reinraum ist, warum man ihn braucht und wie der Arbeitsalltag in einem Reinraum aussieht. Erwachsene fanden in zahlreichen Vorträgen und Ausstellungen Gelegenheit, in die Tiefen der Mikroelektronik einzutauchen.

---

### DRESDEN LONG NIGHT OF SCIENCE AT THE "MICRO NANO NORTH" LOCATION

---

»Mitmachen, Schlaumachen, Durchmachen!« (Join in, gen up, keep going!) This was the motto of the 12th Dresden Long Night of Science that was held on July 4, 2014, where Dresden universities, research institutions and research-oriented companies opened their buildings, laboratories and lecture theatres to the public. The Fraunhofer IPMS, which has developed into one of the most popular venues over the past few years, took part again. Together with Infineon Technologies, Globalfoundries, Von Ardenne and X-FAB, nearly 900 visitors to the "Micro Nano North" site could once again experience exhibitions on several floors, lectures, join-in activities for children and guided tours of the clean rooms.

The focus this year was on the younger generation: scientists had organized a paper chase especially for this target group during which the children had to complete four tests such as "wafer jigsaw" or "wafer run". Older school children were also able to build and keep their own "photonic system" with soldering irons from an electronic construction kit. Visitors could also slip into a protective suit and pose as a model in front of a clean room backdrop. And last but not least, the Fraunhofer IPMS offered this year for the first time, a tour of the clean rooms especially for the 10+ age group entitled "Fascination clean room". The emphasis was not so much on the technical manufacturing processes or products but rather to explain what a clean room actually is, what it is needed for and what everyday work in a clean room is like. Adults were able to delve deeper into the world of microelectronics in numerous lectures and exhibitions.



- ◀ Concentration series of copper electrolyte for the investigation of structure filling behavior for ECD applications.

### BASF AND FRAUNHOFER DEVELOP MICROELECTRONICS PROCESS CHEMICALS

BASF has established a facility dedicated to the development of process chemicals for the electrochemical metallization of semiconductor chips located in the clean room of the Fraunhofer Center for Nanoelectronic Technologies (CNT).

The core of this expansion lies in the modern production plant for the metallization of 300 mm wafers, which makes customer-oriented pilot production with innovative process chemicals possible. At CNT, the plant is integrated with all pre- and post-processes necessary for the production of copper interconnects. This integration and the close proximity to the nearby microelectronics industry provides excellent opportunities for research and development in real production conditions for all of the partners under one roof.

The joint development project is scheduled to run over a three-year period and are an important step toward meeting the ever-increasing demands placed on microchips in terms of functionality, speed and energy efficiency.

Widely used in the electronics industry, microchips can be found in computers, mobile phones and automotive electronic components. Production takes place on monocrystalline silicon wafers of 300 mm diameter within a pristine environment known as a clean room. The microchip wiring is produced by means of electrochemical copper deposition, a core competence of the Interconnects group at the Center Nanoelectronic Technologies.

### BASF UND FRAUNHOFER ENTWICKELN PROZESS-CHEMIKALIEN FÜR DIE MIKROELEKTRONIK

BASF hat am Fraunhofer IPMS-CNT eine Anlage zur Entwicklung von Prozesschemikalien für die elektrochemische Metallisierung von Halbleiterchips in Betrieb genommen. Kernstück der Erweiterung ist die moderne Produktionsanlage für die Metallisierung von 300 mm Wafern, die kundenorientierte Pilotfertigung mit innovativen Prozesschemikalien ermöglicht.

Die Anlage ist am CNT in sämtliche Vor- und Nachprozesse, die zur Herstellung von Kupferleitbahnen nötig sind, integriert. Diese Integration und die Nähe zur Mikroelektronikindustrie bieten hervorragende Möglichkeiten für die produktionsnahe Forschung und Entwicklung zusammen mit den Partnern unter einem Dach.

Die Entwicklungsarbeiten von BASF und dem Center for Nanoelectronic Technologies werden zunächst über einen Zeitraum von 3 Jahren stattfinden und sind ein wichtiger Schritt um den ständig steigenden Anforderungen an Mikrochips hinsichtlich Funktionalität, Schnelligkeit und Energieeffizienz gerecht zu werden.

Mikrochips finden eine breite Anwendung in der Elektronikindustrie wie zum Beispiel für Computer, Mobiltelefone und elektronische Bauteile im Automobilbereich. Die Fertigung erfolgt auf einkristallinen Siliziumscheiben mit typischerweise 300 mm Durchmesser innerhalb einer hochreinen Umgebung, sogenannten Reinräumen. Das Netzwerk aus Leiterbahnen in einem Mikrochip wird mittels elektrochemischer Abscheidung hergestellt, eine Kernkompetenz der Gruppe Interconnects am Center Nanoelectronic Technologies.



Pantelis Haidas (Infineon) and Prof. Hubert Lakner  
after signing the contract.

© Infineon Technologies Dresden



---

### CNT SICHERT FORSCHUNGSSTANDORT MIT INFINEON DRESDEN

---

Das Fraunhofer IPMS hat für sein Geschäftsfeld Center Nanoelectronic Technologies den bestehenden Miet- und Servicevertrag mit Infineon Technologies Dresden um fünf Jahre verlängert. Gleichzeitig haben die Vertragspartner ihre Absicht bekräftigt, auch künftig bei Forschungs- und Entwicklungsthemen zu kooperieren.

Durch die abgeschlossenen Verträge sichern beide Seiten langfristig eine der modernsten Forschungseinrichtungen im Bereich Mikroelektronik in Deutschland. Seit 2005 wird auf dem Gelände von Infineon in Dresden-Klotzsche in enger Kooperation mit Chipherstellern und Zulieferern an neuen Materialien und Prozessen unter Industriebedingungen geforscht. Mit diesen Vereinbarungen bestehen jetzt gute Voraussetzungen für das Fraunhofer IPMS, auch zukünftig Spitzenforschung für Partner und Kunden erbringen zu können und insbesondere mit Infineon gemeinsam neue Themen zu adressieren.

Wissenschaftsministerin Sabine von Schorlemer begrüßte es, dass für die künftige Entwicklung des Geschäftsfelds »Center Nanoelectronic Technologies« nunmehr beste und vor allem nachhaltige Voraussetzungen bestehen. Das führe zu einer weiteren Stärkung des Mikroelektronikstandortes Sachsen.

---

### CNT SECURES RESEARCH LOCATION WITH INFINEON TECHNOLOGIES DRESDEN

---

The Fraunhofer IPMS has extended the existing lease and service contract for its business unit Center Nanoelectronic Technologies with Infineon Technologies Dresden for five further years. At the same time both parties affirmed their intention of continuing to cooperate on research and development topics in the future.

By signing these contracts, both parties secure one of the most up-to-date research institutions in the field of microelectronics in Germany in the long term. Research has been going on into new materials and processes under industrial conditions since 2005 on the Infineon site in Dresden-Klotzsche in close cooperation with chip manufacturers and suppliers. These agreements create the best requirements for the Fraunhofer IPMS to provide long-term, top-class research for partners and customers in future, and in particular to address new problems together with Infineon.

The Minister of Science Sabine von Schorlemer said that she was delighted by the fact that the best, and above all long-term basis has been established for the future development of the business unit "Center Nanoelectronic Technologies". This will lead to a further strengthening of Saxony as a microelectronics location.



◀ Prof. Schenk and Dr. Piyawattanametha (right).

For the Industry Partner Day 100 representatives from the semiconductor industry came together in the Königsbrücker Straße office. ▶

#### FRAUNHOFER BESSEL AWARD-WINNER RESEARCHING AT THE FRAUNHOFER IPMS

---

As one of three award-winners, Dr. Wibool Piyawattanametha received the "Fraunhofer Bessel Research Prize" worth 45,000 euros. This prize honors internationally outstanding foreign scientists from all fields of applied research and gives them the opportunity to conduct a research project at a Fraunhofer institute of their choice.

Dr. Piyawattanametha works in Thailand at the Chulalongkorn University Medical School, where he is in charge of the Center for Imaging, and is also the Director of the Laboratory for Integrated Biosensors at the National Electronics and Computer Technologies Center and head of a study group at Stanford University. He works in the field of diagnostic cancer research and develops compact, confocal microscopes that allow an in-vivo optical assessment of cells and that can also be integrated in endoscopes on account of their small size. These systems use scanner mirrors for the optical deflection of the laser beam. In order to further advance his research in this field, we will be welcoming Mr. Piyawattanametha as a guest scientist in our institute later this year to establish a field of application for imaging systems in cancer diagnosis at the Fraunhofer IPMS.

#### FRAUNHOFER-BESSEL-PREISTRÄGER FORSCHT AM FRAUNHOFER IPMS

---

Als einem von drei Preisträgern wurde Dr. Wibool Piyawattanametha der mit 45 000 Euro dotierte »Fraunhofer-Bessel-Forschungspreis« verliehen, mit dem international herausragende ausländische Wissenschaftler aus allen Gebieten der angewandten Forschung ausgezeichnet werden und die Möglichkeit erhalten, ein Forschungsprojekt an einem Fraunhofer-Institut ihrer Wahl durchzuführen.

Dr. Piyawattanametha forscht in Thailand an der Chulalongkorn University Medical School, wo er das Center für Bildgebung leitet, und ist zudem Direktor des Labors für integrierte Biosensoren am National Electronics and Computer Technology Center und Leiter einer Arbeitsgruppe an der Stanford University. Er arbeitet auf dem Gebiet der diagnostischen Krebsforschung und entwickelt kompakte konfokale Mikroskope, die in-vivo eine optische Begutachtung von Zellen erlauben und wegen ihrer geringen Größe auch in Endoskope integriert werden können. Diese Systeme nutzen Scannerspiegel zur optischen Ablenkung des Laserstrahls. Wir freuen uns sehr, Dr. Piyawattanametha zu einem späteren Zeitpunkt in diesem Jahr als Gastwissenschaftler an unserem Institut begrüßen zu dürfen. Mit seiner Hilfe soll für das Fraunhofer IPMS das Anwendungsgebiet »Bildgebende Systeme zur Krebsdiagnostik« erschlossen werden.



---

#### FORSCHUNG TRIFFT INDUSTRIE: 4. INDUSTRY PARTNER DAY AM FRAUNHOFER IPMS-CNT

---

Unter dem Thema »Nanoelectronic Technologies for Future Smart Systems« trafen sich am 6. Februar 2014 in der Außenstelle Königsbrücker Straße rund 100 Vertreter der Halbleiterbranche und politische Entscheider zum wissenschaftlichen Austausch zwischen angewandter Forschung und Industrie.

Eröffnet wurde das Programm durch Dr. Manfred Horstmann von Globalfoundries mit dem Vortrag »Cooperation is Key – R&D Perspectives at Globalfoundries Dresden«. Im Anschluss führten internationale Referenten wie Martin M. Frank (IBM USA) oder Malgorzata Jurczak (IMEC Belgien) durch die Agenda. Das Programm wurde durch Vortragende des Fraunhofer IPMS komplettiert und mit einer Führung durch die Reinräume und Labore des Center Nanoelektrische Technologien (CNT) auf dem Areal von Infineon Dresden abgerundet. »Der Industry Partner Day ist eine gute Gelegenheit für unser Geschäftsfeld, einmal im Jahr in entspannter Atmosphäre mit Kooperationspartnern in persönlichen Kontakt zu treten und über zukünftige Entwicklungen und Potentiale zu diskutieren.«, sagt Dr. Jonas Sundqvist, Gruppenleiter für High-k Devices am Fraunhofer IPMS-CNT.

Die Veranstaltung, die zum vierten Mal in den Räumlichkeiten des Fraunhofer IPMS-CNT ausgerichtet wurde, fand ein durchweg positives Resümee unter den Gästen, die im Anschluss an die Vorträge und während der Pausen die Gelegenheit nutzten, um rege über Prozesse in den Bereichen Kupfermetallisierung, Nanopatterning, MEMS und Sub-Nanometer-Charakterisierung zu diskutieren.

---

#### RESEARCH MEETS INDUSTRY: 4TH INDUSTRY PARTNER DAY AT THE FRAUNHOFER IPMS-CNT

---

Under the motto "Nanoelectronic Technologies for Future Smart Systems", around 100 representatives from the semiconductor industry and political decision-makers came together on February 6, 2014 in the Königsbrücker Straße office for an academic exchange between applied research and industry.

The program was opened by Dr. Manfred Horstmann from Globalfoundries with a paper on "Cooperation is Key – R&D Perspectives at Globalfoundries Dresden". International speakers such as Martin M. Frank (IBM USA) or Malgorzata Jurczak (IMEC Belgium) then continued the agenda. The program was completed by speakers from the Fraunhofer IPMS and was rounded off by a guided tour of the clean rooms and laboratories of the Center for Nanoelectronic Technologies CNT on the premises of Infineon Dresden. "The Industry Partner Day is a good opportunity for our business unit to get together with cooperation partners once a year in a relaxed atmosphere and to discuss future developments and potentials", says Dr. Jonas Sundqvist, group manager for High-k Devices at the Fraunhofer IPMS-CNT.

The event, which was held for the fourth time at the Fraunhofer IPMS-CNT, was well received by all of the guests, who took the chance offered after the papers and during the breaks for lively discussions about processes in the fields of copper metallizing, nanopatterning, MEMS and sub-nanometer characterization.



#### FRAUNHOFER SCIENCE CAMPUS 2014 IN DRESDEN

---

The Fraunhofer "Science Campus" was held in Dresden between August 18 to 21, 2014 and was attended by 45 female students studying MINT – mathematics, information sciences, natural sciences and technology. For the first time the Fraunhofer IPMS was also involved in this event. The goal of this four-day event was to give women in MINT courses a deeper insight into our research work and to capture their imagination for scientific work at the Fraunhofer IPMS. On one of the specialist days the participants could take a glance behind the scenes at our institute and could experience our work live.

The participants were given an idea of a scientist's daily work at first hand, were told how solutions can be found for complex problems or how the careers of the presenting female researchers had developed. They were also given exclusive insights into the clean room and the laboratories of the Fraunhofer IPMS.

In various seminars, workshops and lectures, the students were also able to strengthen their professional competences and learn more about how they can use and expand these in application-oriented research. The science campus is an initiative of the Fraunhofer Gesellschaft. Apart from the Fraunhofer IPMS, the Fraunhofer institutes IVI, IWS and IWU as well as the TU Dresden were also involved.

#### FRAUNHOFER-WISSENSCHAFTSCAMPUS 2014 IN DRESDEN

---

Vom 18. bis 21. August 2014 fand in Dresden der Fraunhofer-Wissenschaftscampus statt, an dem 45 Studentinnen der Studienrichtungen Mathematik, Ingenieurwissenschaften, Naturwissenschaften und Informatik MINT teilnahmen. Erstmals hat sich auch das Fraunhofer IPMS am Wissenschaftscampus beteiligt. Ziel der viertägigen Veranstaltung war es, Frauen in MINT-Studiengängen tiefere Einblicke in unsere Forschungsarbeit zu geben und sie für eine wissenschaftliche Tätigkeit am Fraunhofer IPMS zu begeistern. Am Fachtag konnten die Teilnehmerinnen hinter die Kulissen unseres Instituts schauen und unsere Arbeit live miterleben.

Es wurde aus erster Hand vermittelt, wie der Alltag von Wissenschaftlerinnen aussieht, wie man für komplexe Problemstellungen Lösungen finden kann oder wie die Karrierewege der vortragenden Forscherinnen verlaufen sind. Außerdem erwarteten sie exklusive Einblicke in den Reinraum und die Labore des Fraunhofer IPMS.

In verschiedenen Seminaren, Workshops und Vorträgen konnten die Studentinnen darüber hinaus ihre persönlichen und fachlichen Kompetenzen stärken und mehr darüber erfahren, wie sie diese in der anwendungsorientierten Forschung nutzen und ausbauen können. Der Wissenschaftscampus ist eine Initiative der Fraunhofer-Gesellschaft. Neben dem Fraunhofer IPMS waren die Fraunhofer-Institute IVI, IWS und IWU sowie die TU Dresden beteiligt.



◀ Guided tour of the clean room at Fraunhofer IPMS.

Inspection of a processed wafer. ▶



---

### FRAUNHOFER IPMS-CNT NACH ISO-STANDARD ZERTIFIZIERT

---

Der Erfolg einer Organisation zeigt sich neben der Qualität der Einzelleistungen auch in der Bereitschaft und Fähigkeit, auf Veränderungen und Wünsche der Kunden und Partner schnell und adäquat zu reagieren. Dafür ist ein wirkungsvolles Qualitätsmanagementsystem unverzichtbar.

Das Fraunhofer IPMS ist seit November 1995 nach dem internationalen Qualitätsmanagement-Standard DIN EN ISO 9001 zertifiziert und weist damit national und international seine Kompetenz und Leistungsfähigkeit nach. In jährlichen Prüfungsverfahren wird die hohe Effizienz des Qualitätsmanagementsystems regelmäßig überwacht und bestätigt. Seit November 2014 umfasst das zertifizierte Qualitätsmanagementsystem nun auch das Geschäftsfeld »Center of Nanoelectronic Technologies (CNT)«. Den hohen Standard des Qualitätsmanagementsystems am Fraunhofer IPMS bezeugen sowohl die guten Ergebnisse der Zertifizierung durch die DEKRA Certification GmbH als auch die hohe Zufriedenheit und das Vertrauen unserer Kunden, zu denen oft langjährige Arbeitsbeziehungen bestehen.

---

### FRAUNHOFER IPMS-CNT CERTIFIED ACCORDING TO ISO STANDARD

---

The success of an organization is reflected both by the quality of individual performances and the willingness and ability to react to changes and requirements of customers and partners quickly and in the appropriate manner. Therefore an effective quality management system is indispensable.

The Fraunhofer IPMS has been certified according to the international quality management standard DIN EN ISO 9001 since November 1995. Thus, the Institute proves its expertise and performance capabilities nationally and internationally. By yearly audit processes the high efficiency of the quality management system is regularly monitored and confirmed. Since November 2014 the certified quality management system also covers the business unit "Center Nanoelectronic Technologies (CNT)". The high standard of the quality management system of the Fraunhofer IPMS is reflected by the good certification outcomes by the DEKRA Certification LLC as well as by high satisfaction and confidence of our long-time customers.

---

---

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**

■ DE 60 2010 014 412.7 ■ EP 2 513 715 B1 (EP|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

**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|GB|NL|SE); □ US 2005/0095749 A1

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

□ US 2013/0128368 A1



# PATENTS

**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)

**Herstellungsverfahren / Verfahren zur Herstellung eines Deckels für optische MEMS-Verpackungen**

□ DE 10 2012 217 793; A1 □ WO 2014/049141 A1

**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**

■ DE 602 46 214.2; ■ EP 1 520 201 (NL|SE); ■ 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 8,570,637 B2

**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 B4

**Mikromechanisches Bauelement**

■ DE 501 12 140.4-08; ■ EP 1 410 047 B1; □ EP 2 664 058 A1; □ JP 2014-508648 A; □ 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**

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

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

■ CN ZL 2008 1 0128792.5; ■ US 8,147,136 B2 ■ US 8,842,356 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; □ JP 2013-541318; □ 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

**RFID-Transponder, der passiv betreibbar ist**

□ DE 10 2012 023 064 A1; □ WO 2014/079777 A1

**Scanner und Verfahren zum Betreiben eines Scanners**

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

**Schutzstruktur für Halbleitersensoren**

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

**Semiconductor substrate and methods for the production thereof**

■ US 8,357,944 B2



## PATENTE

# PATENTS

---

**SLM height error compensation method**

□ KR 10-2009-0065477

---

**Spectral Decomposition Device and Manufacturing the same**

■ US 8,861,060 B2

---

**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

---

**Thermopile Infrarot-Sensorstruktur mit hohem Füllgrad**

□ WO 2013/120652 A1

---

**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|DE|NL); □ EP 2 054 750 A1 (DE); ■ 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 Halbleiterspeicherelementen**

□ 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 oberflächenstrukturiender Laserbearbeitung**

■ EP 2 003 474 B1 (NL) ■ 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

**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

**Waschbares 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

# PUBLICATIONS

Aarik, J.; Akbashev, A. R.; Bechelany, M.; Becker, J. S.; Berdova, M.; Cameron, D.; Drozd, V. E.; Dubourdieu, C.; Elam, J.; Elliott, S.; Gottardi, G.; Grigoras, K.; Kanervo, J. M.; Koshtyal, Y.; Kääriäinen, M.-L.; Kääriäinen, T.; Lamagna, L.; Malkov, A.; Malygin, A.; Molarius, J.; Nikkola, J.; Ozgit-Akgun, C.; Pedersen, H.; Puurunen, R. L.; Pymäki Perros, A.; Ras, R. H. A.; Roozeboom, F.; Sajavaara, T.; Savin, H.; Seidel, T. E.; Sundberg, P.; Sundqvist, J.; Tallarida, M.; van Ommen, J. R.; Wiemer, C.; Ylivaara, O. M. E.

**On the early history of ALD: Molecular layering**

12th International Baltic Conference on Atomic Layer Deposition, BALTIC ALD, 2014, Helsinki, Finland, Vortrag

Aarik, J.; Akbashev, A. R.; Bechelany, M.; Becker, J. S.; Berdova, M.; Cameron, D.; Drozd, V. E.; Dubourdieu, C.; Elam, J.; Elliott, S.; Gottardi, G.; Grigoras, K.; Kanervo, J. M.; Koshtyal, Y.; Kääriäinen, M.-L.; Kääriäinen, T.; Lamagna, L.; Malkov, A.; Malygin, A.; Molarius, J.; Nikkola, J.; Ozgit-Akgun, C.; Pedersen, H.; Puurunen, R. L.; Pymäki Perros, A.; Ras, R. H. A.; Roozeboom, F.; Sajavaara, T.; Savin, H.; Seidel, T. E.; Sundberg, P.; Sundqvist, J.; Tallarida, M.; van Ommen, J. R.; Wiemer, C.; Ylivaara, O. M. E.

**Overview of early publications on Atomic Layer Deposition**

12th International Baltic Conference on Atomic Layer Deposition, BALTIC ALD, 2014, Helsinki, Finland, Poster

Ansell, O.; Barnett, R.; Haase, T.; Xie, L.; Vargo, S.; Thomas, D.

**Claritas™ - A unique and robust endpoint technology for silicon drier processes with open area down to 0.05%**

IEEE 27th International Conference on Micro Electro Mechanical Systems MEMS, 2014, San Francisco, CA, USA, Vol. 1, S.459-462

Bechtel, C.; Knobbe, J.; Grüger, H.; Lakner, H.

**Large field of view MEMS-based confocal laser scanning microscope for fluorescence imaging**

Optik 125 (2014), 2, S. 876-882

Bleh, D.; Ostendorf, R.; Merten, A.; Grahmann, J.; Schenk, H.; Kunzer, M.; Schmidt, R.; Wagner, J.

**Miniaturization of a fast tunable external cavity QCL with customized gratings and MOEMS components**

International Quantum Cascade Lasers School & Workshop, IQCLSW, 2014, Policoro, Italien, 2 p.

Bogdanowicz, J.; Gilbert, M.; Koelling, S.; Vandervorst, W.

**Impact of the apex of an elongated dielectric tip upon its light absorption properties**

Applied surface science 302 (2014), pp. 223-225

Bornhorst, K.; Schirrmann, C.; Weder, A.; Heinig, A.; Costache, F.

**A comparison of dielectric elastomers and electrostrictive polymers for vibration energy harvesting applications**

DPG-Frühjahrstagung (DPG Spring Meeting) of the Condensed Matter Sektion (SKM), 2014, Dresden, Poster

Bornhorst, K.; Schirrmann, C.; Weder, A.; Heinig, A.; Costache, F.

**Electroactive polymer vibration energy harvesters for wireless sensor applications**

E-MRS Spring Meeting, 2014, Lille, Frankreich, Poster

Choi, K.-H.; Hohle, C.; Kaiser, M.

**Effective corner rounding correction in the data preparation of electron beam lithography**

Proceedings of SPIE Vol. 9235 (2014) Paper 92350U

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

**Variable Optical Power Splitter with Field-Induced Waveguides in Liquid Crystals in Paranematic Phase**

Optical Fiber Communications Conference and Exhibition, OFC, 2014, San Francisco, CA, USA, Technical Digest, 3 p.

Drescher, M.; Erben, E.; Naumann, A.; Sundqvist, J.; Trentzsch, M.; Grass, C.; Hempel, M.; Lazaravik, F.; Leitsmann, R.; Schubert, J.; Szillinski, J.; Schäfer, A.; Mantl, S.

**Fluorine Interface Treatments within the Gate Stack for Defect Passivation in 28nm HKMG Technology**

WODIM 2014, 18th Workshop on Dielectrics in Microelectronics, Kinsale Co Cork, Irland

Drescher, M.; Erben, E.; Trentzsch, M.; Shickowa, A.; Agaiby, R.

**Surface Treatments for Enhanced Reliability in 28nm High-K Metal Gate Technologies**

Novel High-K Application Workshop, 2014, Dresden

# PUBLICATIONS

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

**Benefits and limitations by replacing high-speed data links with a modern optical wireless solution**

Embedded World, 2014, Nürnberg, 4 p.

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

**10 Gbit/s bidirectional optical wireless communication module for docking devices**

IEEE GlobeCOM, 2014, Austin, TX, USA

Fischer, A.; Wilke, U.; Schübler, R.; Haufe, D.; Sandner, T.; Czarske, J.

**Extension of frequency modulated Doppler global velocimetry for the investigation of unsteady spray flows**

Optics and Lasers in Engineering 63 (2014), pp. 1-10

Fischer, A.; Wilke, U.; Schübler, R.; Haufe, D.; Sandner, T.; Czarske, J.

**Planar velocity measurements of unsteady spray flows with kHz rate using a micro scanner and a high speed camera**

17th International Symposium on Applications of Laser Techniques to Fluid Mechanics, 2014, Lissabon, Portugal

Fischer, W.-J.

**Drahtlos messen ohne Batterie**

Onlineveröffentlichung auf [www.kem.de](http://www.kem.de), 2014, S. 92-93,

Fraunhofer IPMS

**Jahresbericht 2013**

Fraunhofer-Institute for Photonic Microsystems. Annual Report 2013.- Dresden: Fraunhofer IPMS, 2013, 81 S.

Grahmann, J.; Schenk, H.; Merten, A.; Fontenot, M.; Ostendorf, R.; Wagner, H.-J.; Bleh, D.

**Tunable External Cavity Quantum Cascade Lasers (EC-QCL): an application field for MOEMS based scanning gratings**

Proceedings of SPIE Vol. 8977 (2014) Paper 897708

Grillo, M.E.; Elliott, S.D.; Rodríguez, J.; Añez, R.; Coll, D.S.; Suhane, A.; Breuil, L.; Arreghini, A.; Degraeve, R.; Shariq, A.; Beyer, V.; Czernohorsky, M.

**First-principles study of oxygen and aluminum defects in beta-Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>: Compensation and charge trapping**

Computational materials science 81 (2014), pp. 178-183

Grüger, H.

**MEMS Gitterspektrometer für NIR Laboranwendungen und portable Vorort-Analytik**

Onlineveröffentlichung auf [www.git-labor.de](http://www.git-labor.de), 2014, 3 S.

Grüger, H.; Unamuno, A.

**Development of CMUT-based Ultrasonic Sensors Systems**

Sensors Expo & Conference, 2014, Chicago, IL, USA, Vortrag

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

**Integration of E-Beam Direct Write BEOL processes of 28 nm SRAM technology node using Mix & Match**

Proceedings of SPIE Vol. 9231 (2014) Paper 92310F

Haindl, S.; Kidszun, M.; Oswald, S.; Hess, C.; Büchner, B.; Kölling, S.; Wilde, L.; Thersleff, T.; Yurchenko, V. V.; Jourdan, M.; Hiramatsu, H.; Hosono, H.

**Thin film growth of Fe-based superconductors: From fundamental properties to functional devices : A comparative review**

Reports on Progress in Physics 77 (2014), 4, pp. 046502-1 – 046502-32

Han, J.H.; Mattern, N.; Vainio, U.; Shariq, A.; Sohn, S. W.; Kim, D.H.; Eckert, J.

**Phase separation in Zr<sub>56-x</sub>Gd<sub>x</sub>Co<sub>28</sub>Al<sub>16</sub> metallic glasses (0 ≤ x ≤ 20)**

Acta Materialia 66 (2014), pp. 262-272



## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

Heera, V.; Fiedler, J.; Naumann, M.; Skrotzki, R.; Kölling, S.; Wilde, L.; Herrmannsdörfer, T.; Skorupa, W.; Wosnitza, J.; Helm, M.  
**Depth-resolved transport measurements and atom-probe tomography of heterogeneous, superconducting Ge:Ga films**  
Superconductor Science and Technology 27 (2014), 5, pp. 055025-1 – 055025-6

Heinig, A.; Pietzsch, M.  
**Mehr Sicherheit und Mobilität für Senioren**  
Digital Health, 2014, Berlin, Vortrag

Heinig, A.; Pietzsch, M.  
**Mehr Sicherheit und Mobilität für Senioren**  
18th Leibniz Conference on Advanced Science, 2014, Lichtenwalde, Vortrag

Hintschich, S.; Pügner, T.; Knobbe, J.; Schröder, J.; Reinig, P.; Grüger, H.; Schenk, H.  
**MEMS-based miniature near-infrared spectrometer for application in environmental and food monitoring**  
8th International Conference on Sensing Technology, ICST, Proceedings, 2014, Liverpool, England, pp. 430-434

Hofmann, S.; Hummert, M.; Scholz, R.; Lushtinetz, R.; Murawski, C.; Will, P.-A.; Hintschich, S.; Alex, J.; Jankus, V.; Monkman, A. P.; Lüsse, B.; Leo, K.; Gather, M.C.  
**Engineering blue fluorescent bulk emitters for OLEDs: Triplet harvesting by green phosphors**  
Chemistry of Materials 26 (2014), 7, pp. 2414-2426

Kenda, A.; Kraft, M.; Tortschanoff, A.; Scherf, W.; Sandner, T.; Schenk, H.; Lüttjohann, S.; Simon, A.  
**Development, characterization, and application of compact spectrometers based on MEMS devices with in plane capacitive drives**  
Proceedings of SPIE Vol. 9101 (2014) Paper 910102

Klemm, M.; Unamuno, A.  
**Fast Nonlinear CMUT Simulation Model for Pull-In and Dynamic Fluid Coupled Deflection Analysis**  
13th International Workshop on Micromachined Ultrasonic Transducers, MUT, 2014, Kongens Lyngby, Dänemark, 16 p.

Klemm, M.; Unamuno, A.  
**Simulation model for CMUT with rapid structure fluid interaction in time domain**  
IEEE International Ultrasonics Symposium, IUS, Proceedings, 2014, Chicago, IL, USA, pp. 293 - 296

Krall, C.; Frank, A.; Grüger, H.  
**Simple wireless charging for Li Po batteries**  
22nd Austrian Workshop on Microelectronics, 2014, Graz, Österreich, 3 p.

Lagger, P.; Steinschifter, P.; Reiner, M.; Stadtmüller, M.; Denifl, G.; Naumann, A.; Müller, J.; Wilde, L.; Sundqvist, J.; Pogany, D.; Ostermaier, C.  
**Role of the dielectric for the charging dynamics of the dielectric/barrier interface in AlGaIn/GaN based metal-insulator-semiconductor structures under forward gate bias stress**  
Applied Physics Letters 105 (2014), 3, pp. 033512-1 - 033512-5

Martin, D.; Müller, J.; Schenk, T.; Arruda, T. M.; Kumar, A.; Strelcov, E.; Yurchuk, E.; Müller, S.; Pohl, D.; Schröder, U.; Kalinin, S. V.; Mikolajick T.  
**Ferroelectricity in Si-Doped HfO<sub>2</sub> Revealed: A Binary Lead-Free Ferroelectric**  
Advanced Materials 26 (2014), 48, pp. 8198-8202

Mikolajick, T.; Müller, S.; Schenk, T.; Yurchuk, E.; Slesazek, S.; Schroeder, U.; Flachowsky, S.; van Bentum, R.; Kolodinski, S.; Polakowski, P.; Müller J.  
**Doped Hafnium Oxide – An Enabler for Ferroelectric Field Effect Transistors**  
13th International Conference on Modern Materials & Technologies, CIMTEC, 2014, Montecatini Terme, Italien, Vortrag, 30 Folien

# PUBLICATIONS

Mirabella, S.; Friedrichs, M.; Pufe, W.; List, M.

**Multi-Level MOEMS structures for Spatial Light Modulators**

25th Micromechanics and Microsystems Europe Conference, MME, 2014, Istanbul, Türkei, Vortrag

Müller, J.; Mueller, S.; Polakowski, P.; Mikolajick, T.

**Ferroelectric Hafnium Oxide: A game changer to FRAM?**

14th Non-Volatile Memory Technology Symposium, NVMTS, 2014, Jeju, Korea

Müller, J.; Polakowski, P.; Mueller, S.; Mikolajick, T.

**Ferroelectric Hafnium Oxide Based Materials and Devices: Assessment of Current Status and Future Prospects**

ECS Transactions 64, (2014), 8, pp. 159-168

Noack, A.; Göricke, R.

**ECG-Home Project**

e-Cardiology & e-Health Congress, 2014, Bern, Schweiz, Poster

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

**Wave sequence based identification of Sinus rhythm beats on a microcontroller**

41st Annual Conference Computing in Cardiology, Proceedings, 2014, Cambridge, MA, USA, pp. 94 ff.

Päbler, S.; Fischer, W.-J.

**Food intake monitoring: Automated chew event detection in chewing sounds**

IEEE journal of biomedical and health informatics 18 (2014), 1, pp. 278-289

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

**Strain-enhanced nanocomposites of electrostrictive polymers and High-k nanofillers for micro-actuation applications**

Euroensors XXVIII, Proceedings, 2014, Brescia, Italien, pp. C3L-C04

Petrowski, K.; Wintermann, G.-B.; Joraschky, P.; Päbler, S.

**Chewing after stress: Psychosocial stress influences chewing frequency, chewing efficacy, and appetite**

Psychoneuroendocrinology 48 (2014), S.64-76

Polakowski, P.; Riedel, S.; Weinreich, W.; Rudolph, M.; Sundqvist, J.; Seidel, K.; Müller, J.

**Ferroelectric deep trench capacitors based on Al:HfO<sub>2</sub> for 3D nonvolatile memory Applications**

IEEE 6th International Memory Workshop (IMW), Proceedings, 2014, Taipei, Taiwan, 4 p.

Riedel, S.; Weinreich, W.; Sundqvist, J.

**Investigation of the physical and electrical properties of atomic layer deposited Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub> films for MIM capacitors**

12th International Baltic Conference on Atomic Layer Deposition, BALTIC ALD, 2014, Helsinki, Finland, Poster

Rudolph, M.; Schumann, D.; Thrun, X.; Esche, S.; Hohle, C.

**Innovative and water based stripping approach for thick and bulk photoresists**

Proceedings of SPIE Vol. 9231 (2014) Paper 92310U

Rudolph, M.; Schumann, D.; Thrun, X.; Hoehne, A.; Esche, S.; Hohle, C.

**Introduction of an innovative water based photoresist stripping process using intelligent fluids**

Proceedings of SPIE Vol. 9051 (2014) Paper 90510T

Rückerl, F.; Berndt, D.; Heber, J.; Shorte, S.

**Photoactivation and optogenetics with micro mirror enhanced illumination**

Proceedings of SPIE Vol. 9130 (2014) Paper 913017

Sandner, T.; Grasshoff, T.; Gaumont, E.; Schenk, H.; Kenda, A.

**Translatory MOEMS actuator and system integration for miniaturized Fourier transform spectrometers**

Journal of Micro/Nanolithography, MEMS, and MOEMS 13 (2014), 1, pp. 011115-1 - 011115-13

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

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

**Quasistatic microscanner with linearized scanning for an adaptive three-dimensional laser camera**

Journal of Micro/Nanolithography, MEMS, and MOEMS 13 (2014), 1, pp. 011114-1 - 011114-10

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

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

Proceedings of SPIE Vol. 8977 (2014) Paper 897717

Sandner, T.; Grasshoff, T.; Schroedter, R.; Schwarzenberg, M.

**Quasistatisch-resonanter Mikroskanner zur adaptiven Auflösungssteuerung einer 3D ToF-Kamera**

Technisches Messen 81 (2014), 6, S. 324-334

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**

8th International Conference on Photonic Technologies LANE, 2014, Fürth

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**

Proceedings of SPIE Vol. 8977 (2014) Paper 897705

Schelinski, U.

**MEMS und Systemintegration**

Technologiekonferenz WILD Gruppe, 2014, Vortrag, 35 S.

Schenk, H.

**High frequency MEMS scanners for imaging and patterning**

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg, 2014, Freiburg, Vortrag

Schenk, H.; Grahmann, J.; Sandner, T.; Wagner, M.; Dauderstädt, U.; Schmidt, J.-U.

**Micro Mirrors for High-speed Laser Deflection and Patterning**

Physics Procedia 56 (2014), pp. 7–18

Schirrmann, C.; Costache, F.; Bornhorst, K.; Pawlik, B.; Rieck, A.; Schenk, H.

**Design and fabrication of a tunable two-fluid micro-lens device with a large deflection polymer actuator**

Eurosensors XXVIII, Proceedings, 2014, Brescia, Italien, pp. 1553–1556

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

**Design, fabrication and performance of polymer actuators for on-chip variable focal length microlenses**

DPG-Frühjahrstagung (DPG Spring Meeting) of the Condensed Matter Sektion (SKM), 2014, Dresden, Vortrag

Schmidt, J.-U.:

**Industrielle Anwendungen für Flächenlichtmodulatoren**

Verband SPECTARIS, Frühjahrstagung Fachverband Photonik + Präzisionstechnik, 2014, Olching, Vortrag

Schmidt, J.-U.; Dauderstädt, U.; Dürr, P.; Friedrichs, M.; Hughes, T.; Ludewig, T.; Rudloff, D.; Schwaten, T.; Trenkler, D.; Wagner, M.; Wullinger, I.; Bergström, A.; Björnängen, P.; Jonsson, F.; Karlin, T.; Rönholm, P.; Sandström, T.

**High-speed one-dimensional spatial light modulator for Laser Direct Imaging and other patterning applications**

Proceedings of SPIE Vol. 8977 (2014) Paper 897700

Schroeder, U.; Yurchuk, E.; Müller, J.; Martin, D.; Schenk, T.; Polakowski, P.; Adelman, C.; Popovici, M. I.; Kalinin S. V.; Mikolajick T.

**Impact of different dopants on the switching properties of ferroelectric hafniumoxide**

Japanese Journal of Applied Physics 53 (2014), 8S1, pp. 08LE02-1 - 08LE02-5

# PUBLICATIONS

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

**Jerk and current limited flatness-based open loop control of foveation scanning electrostatic micromirrors**

Preprints of the 19th World Congress of the International Federation of Automatic Control, IFAC, 2014, Kapstadt, Südafrika, pp. 2685-2690

Skupsch, C.; Heber, J.; Berndt, D.; Wagner, M.; Rückerl, F.; Tinevez, J.-Y.; Shorte, S.

**Deeper insight with MEMS based illumination**

European Optical Society Annual Meeting EOSAM, 2014, Berlin, 2 p.

Spindler, M.; Uhlig, B.; Menzel, S. B.; Huck, C.; Gemming, T. et al.

**Local temperature determination in power loaded surface acoustic wave structures using Raman spectroscopy**

Journal of Applied Physics 114 (2013), 164317

Sundqvist, J.; Weinreich, W.; Müller, J.; Riedel, S.; Seidel, K.; Polakowski, P.; Czernohorsky, M.

**High-k devices by ALD for semiconductor applications**

12th International Baltic Conference on Atomic Layer Deposition, BALTIC ALD, 2014, Helsinki, Finland, Vortrag

Teng, L.; Finn, A.; Plötner, M.; Shi, H.; Fischer, W.-J.

**OFETs with sub-100 nm channel length fabricated by wafer-scale NIL and comprehensive DC and AC characterizations**

Microelectronic engineering 121 (2014), pp. 27-32

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

**Compact optical position feedback scheme for MOEMS mirrors**

Microsystem Technologies, 20 (2014) 4-5, pp. 743-749

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

**Optical position detection for MOEMS scanner mirrors with arbitrary trajectories**

International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics, OMN, 2014, Glasgow, Schottland, pp. 135-136

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

**MOEMS based micro-mechatronic module with closed-loop control**

14th Mechatronics Forum International Conference, 2014, Karlstad, Schweden

Tortschanoff, A.; Kremer, M.; Sandner, T.; Kenda, A.

**Optical design of MOEMS-based micro-mechatronic modules for applications in spectroscopy**

Proceedings of SPIE Vol. 9101 (2014) Paper 910109

Triyoso, D. H.; Chu, S.; Seidel, K.; Weinreich, W.; Yang, K.-Y.; Nolan, M.G.; Brunco, D. P.; Rinderknecht, J.; Utess, D.; Kyono, C.; Miller, R.; Park, J.; Cheng, L.; Liebau, M.; Lomtscher, P.; Fox, R.

**Understanding the materials, electrical and reliability impact of Al-addition to ZrO<sub>2</sub> for BEOL compatible MIM capacitors**

International Symposium on VLSI Technology, Systems and Application, VLSI-TSA, Proceedings, 2014, Hsinchu, Taiwan, 2 p.

Triyoso, D.H.; Weinreich, W.; Seidel, K.; Nolan, M. G.; Polakowski, P.; Utess, D.; Ohsiek, S.; Dittmar, K.; Weisheit, M.; Liebau, M.; Fox, R.

**ALD Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and Hf-doped Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> for BEOL compatible MIM**

International Conference on IC Design & Technology (ICICDT), Proceedings, 2014, Austin, TX, USA, 4 p.

Uhlig, B.; Steinke, P.; Liske, R.; Ott, A.; Mieth, O.

**Post etch wet clean processes for advanced technology nodes**

MAM 2014, Workshop on "Materials for Advanced Metallization", 2014, Chemnitz, 2 p.

Unamuno, A.; Klemm, M.; Grüger, H.

**Realization of CMUT based ultrasonic sensor systems**

Smart Systems Integration, Proceedings, 2014, Wien, Österreich, pp. 587-590



# PUBLICATIONS

Weinreich, W.; Seidel, K.; Polakowski, P.; Riedel, S.; Wilde, L.; Sundqvist, J.; Triyoso, D. H.; Nolan, M. G.

**ALD ZrO<sub>2</sub> processes for BEoL device applications**

IEEE International Conference on IC Design & Technology, ICICDT, Austin, TX, USA, 2014, Vortrag

Wislicenus, M.; Liske, R.; Gerlich, L.; Vasilev, B.; Preusse, A.

**Cobalt advanced barrier metallization: a resistivity composition analysis**

MAM 2014, Workshop on "Materials for Advanced Metallization" 2014, Chemnitz, 2 p.

Woittennek, F.; Knobbe, J.; Pügner, T.; Schelinski, U.; Grüger, H.

**Design of a MEMS-based retina scanning system for biometric authentication**

Proceedings of SPIE Vol. 9130 (2014) Paper 91300G

Yurchuk, E.; Müller, J.; Paul, J.; Schlosser, T.; Martin, D.; Hoffmann, R.; Müller, S.; Slesazek, S.; Schroeder, U.; Boschke, R.; van Bentum, R.; Mikolajick T.

**Impact of Scaling on the Performance of HfO<sub>2</sub>-Based Ferroelectric Field Effect Transistors**

IEEE Transactions on Electron Devices 61 (2014), 11, pp. 3699-3706

Yurchuk, E.; Müller, S.; Martin, D.; Slesazek, S.; Schroeder, U.; Mikolajick, T.; Müller, J.; Paul, J.; Hoffmann, R.; Sundqvist, J.; Schlosser, T.; Boschke, R.; van Bentum, R.; Trentzsch, M.

**Origin of the endurance degradation in the novel HfO<sub>2</sub>-based 1T ferroelectric non-volatile memories**

IEEE International Reliability Physics Symposium, Proceedings, 2014, Waikoloa, HI, USA, pp. 2E.5.1 - 2E.5.5

Zhou, D. Y.; Xu, J.; Müller, J.; Schröder, U.

**Ferroelectric and antiferroelectric properties of Si-doped HfO<sub>2</sub> thin films**

Wuli-xuebao. Yuekan = Acta physica Sinica 63 (2014), 11, pp. 117703-1 – 1177032-5

# ACADEMIC THESES

## Dissertations

## Dissertationen

Mai, Alexander

**Aluminium based micro mirrors exposed to UV laser light – in situ performance and degradation**

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg; Erstgutachter: Prof. Dr. Harald Schenk,  
Zweitgutachter: Prof. Dr. Dieter Schmeißer, Drittgutachter: Prof. Dr. Hubert Lakner

Müller, Johannes

**Ferroelektrizität in Hafniumdioxid und deren Anwendung in nicht-flüchtigen Halbleiterspeichern**

Technische Universität Dresden; Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Hubert Lakner  
Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Thomas Mikolajick, Prof. Dr. rer. nat. Lothar Frey

Zimmerling, Martin

**Ein Verfahren für die Synthese von Pass-Transistor-Schaltungen mit niedrigem Energieverbrauch**

Technische Universität Dresden; Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. habil. Udo Jörges,  
Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. Wolf-Joachim Fischer, Zweitgutachter: Prof. Dr.-Ing. Klaus Feske

## Master Theses

## Masterarbeiten

Barth, Robert

**Entwurf, Systemkonzeptionierung und Realisierung einer Ansteuerung für 2D-Mikroscannerspiegel**

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden; Betreuer: Dr.-Ing. Markus Schwarzenberg

Blocher, Philip

**Entwicklung und Charakterisierung von Ansteuerprinzipien für Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducers (CMUT)**

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden; Betreuer: Dr. Anartz Unamuno

Epperlein, Nadja

**Charakterisierung eines Digitalen Holographischen Mikroskops zur Analyse mikro-mechanischer Aktoren**

Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg; Betreuer: Prof. Dr. Harald Schenk

Grafe, Mario

**Entwicklung von Bildaufnahme und -verarbeitung für eine multispektrale Kamera**

Hochschule für Technik und Wirtschaft; Betreuer: Tino Pügner; Betreuer: Dr. Jens Knobbe

Graßhoff, Thomas

**Bauelemententwurf quasi-statischer Mikroscannerspiegel zur hochdynamischen und präzisen zweidimensionalen Strahlpositionierung**

Beuth-Hochschule für Technik Berlin; Betreuer: Thilo Sandner

Neuber, Markus

**Characterization of a Chloride-based Titanium Nitride Atomic Layer Deposition Process for Back-End-of-Line Devices**

Westfälische Hochschule Zwickau; Erstgutachter: Prof. Dr. Hans-Dieter Schnabel, Betreuer und Zweitgutachter:  
Dr. Ing. Wenke Weinreich

# ACADEMIC THESES

Vickram Parthasarathy

**Investigation of Random Telegraph Noise and its Underlying Trapping Behaviour on High-k Metal Gate Field Effect Transistors**

Technische Universität Dresden; Betreuer: Dipl.-Ing. Konrad Seidel, Betreuender Hochschullehrer und Erstgutachter: Prof. Dr.-Ing. Hubert Lakner, Zweitgutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. Wolf-Joachim Fischer

## Diploma Theses

## Diplomarbeiten

Kaiser, Michael

**Designoptimierung und Charakterisierung eines mittels Elektronenstrahldirektschreibens hergestellten Siliziumstempels zur Fertigung von plasmonisch aktiven Nanostrukturen**

Technische Universität Dresden; Betreuer: Dr. Christoph Hohle; Betreuer: Prof. Dr.-Ing. habil. Wolf-Joachim Fischer

Kleinschmidt, Sebastian

**Entwicklung von Bildverarbeitungsalgorithmen zur Bewertung der Fitness von Banknoten**

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden; Betreuer: Mario Grafe

Schütz, Sandra

**Entwicklung eines VHDL-Moduls für die Ansteuerung und Regelung quasistatischer Scanner**

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden; Betreuer: Dr.-Ing. Markus Schwarzenberg

## Bachelor Theses

## Bachelorarbeiten

Paulack, Stephan

**Entwicklung von Hafniumoxid ALD-Prozessen mit alternativen Oxidationsmitteln**

Westfälische Hochschule Zwickau; Betreuer: Dipl.-Phys. Andreas Naumann

## 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.

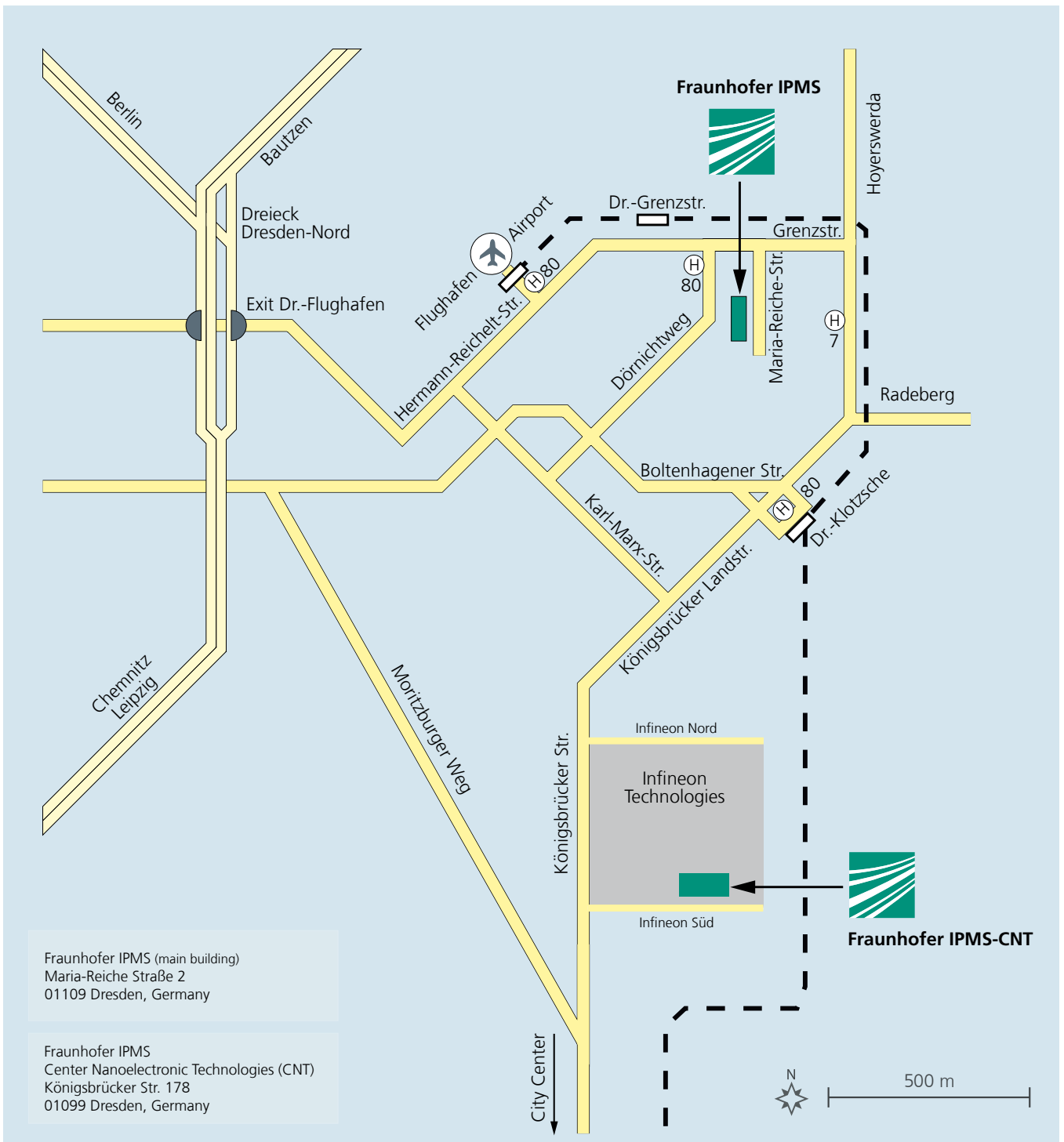
Zum Standort »Center Nanoelectronic Technologies CNT« über die Autobahn A4 Ausfahrt »Dresden-Flughafen« (81b) abfahren in Richtung Dresden Flughafen. Rechts in die Flughafenstraße abbiegen, diese mündet in die Karl-Marx-Straße. Biegen Sie erneut rechts auf die Königsbrücker Landstraße, folgen Sie dieser 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

---



[facebook.com/FraunhoferIPMS](https://facebook.com/FraunhoferIPMS)



[twitter.com/FraunhoferIPMS](https://twitter.com/FraunhoferIPMS)



[xing.com/companies/fraunhoferipms](https://xing.com/companies/fraunhoferipms)



[linkedin.com/company/fraunhofer-ipms](https://linkedin.com/company/fraunhofer-ipms)

# EDITORIAL NOTES

© Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme  
IPMS, Dresden 2015

## RECHTE

---

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur mit  
Genehmigung der Institutsleitung.

## GESTALTUNG

---

Fraunhofer IPMS

## ÜBERSETZUNG

---

Fraunhofer IPMS  
Terry Jung, Dresden  
Proverb oHG, Buxtehude

## DRUCK

---

Förster & Borries GmbH & Co. KG, Zwickau

## FOTOS

---

Fraunhofer-Gesellschaft;  
Jürgen Lösel/VISUM;  
Maximilian Drescher

© Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems  
IPMS, Dresden 2015

## COPYRIGHTS

---

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

## LAYOUT

---

Fraunhofer IPMS

## TRANSLATION

---

Fraunhofer IPMS  
Terry Jung, Dresden  
Proverb oHG, Buxtehude

## PRINT

---

Förster & Borries GmbH & Co. KG, Zwickau

## PHOTOS

---

Fraunhofer-Gesellschaft;  
Jürgen Lösel/VISUM;  
Maximilian Drescher

