

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

**2015**



---

Quality Management

ISO 9001

[www.dekra-seal.com](http://www.dekra-seal.com)

---



-----  
**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: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@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. Matthieu Gaudet  
Postfach 101344  
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  
E-mail: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de/en](http://www.ipms.fraunhofer.de/en)

-----  
**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  
E-mail: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de/en](http://www.ipms.fraunhofer.de/en)

-----  
**FRAUNHOFER PROJECT GROUP MESYS**  
-----

Address: Fraunhofer IPMS at  
BTU Cottbus-Senftenberg  
Matthieu Gaudet, PhD  
P.O. Box 10 13 44  
03046 Cottbus, Germany  
Phone: +49 355 / 69 24 83  
E-mail: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de/en](http://www.ipms.fraunhofer.de/en)



Prof. Dr. Hubert Lakner

## FOREWORD

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

Again we can look back onto a successful year. Economically we reached a positive result, with contractual research from the industry again covering a little more than half of our operative expenditures of approximately 32.5 million euros. We are especially delighted to have set up several strategic long-term partnerships. We thank you for your trust and hope to continue our successful collaborations with you.

In 2015, many formative decisions were made to the benefit of the Fraunhofer IPMS and its partners. The long-awaited conversion of our MEMS clean room to the 200 mm wafer standard started and we received a 30 million euros grant within the framework of the "European Regional Development Fund" (ERDF). The foundation has been laid enabling us to be technologically compatible with our industry partners, to offer state-of-the-art technologies and processes and to develop solutions in the field of microsystems technology as well as apply them together with our partners in practice. We deeply thank the Free State of Saxony, the Federal Republic of Germany and the European Commission for their support.

The expanded technical capabilities of the clean room secure new forms of cooperation which started in the past year. Funded under the ECSEL technology initiative and launched in May of 2015 with a total volume of 45 million euros, the project "ADMONT" aims to establish a powerful and flexible More-than-Moore pilot line at the Dresden location. The pilot line combines CMOS processes of our partner X-FAB with Fraunhofer IPMS

## VORWORT

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

erneut können wir auf ein erfolgreiches Jahr zurückblicken. Wirtschaftlich haben wir ein positives Jahresergebnis erreicht, ebenso trug die Vertragsforschung aus der Industrie wieder mit etwas mehr als der Hälfte zur Deckung des operativen Aufwands in Höhe von rund 32,5 Millionen Euro bei. Besonders freut uns, dass wir mit zahlreichen Kunden langfristige und strategische Partnerschaften bilden konnten. Wir danken Ihnen für Ihr Vertrauen und hoffen, dass Sie unsere erfolgreiche Zusammenarbeit fortsetzen.

In das Jahr 2015 fielen mehrere zukunftsweisende Entscheidungen zum Wohle des Fraunhofer IPMS und seiner Partner. Die lang angestrebte Umstellung des Mikrosystemtechnikreinraums auf 200 mm Wafer konnte starten. Im Rahmen des »Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung – EFRE« wurden 30 Millionen Euro zur Verfügung gestellt. Dafür danken wir dem Freistaat Sachsen, der Bundesrepublik Deutschland und der Europäischen Kommission herzlich. Damit ist der Grundstein gelegt, um mit unseren Industriepartnern auch zukünftig technologisch kompatibel zu sein, modernste Technologien und Prozesse anbieten zu können, im Bereich der Mikrosystemtechnik Lösungen zu entwickeln und mit unseren Partnern in die Anwendung zu bringen. Die technischen Möglichkeiten des erweiterten Reinraums sichern neue Kooperationsformen, die im vergangenen Jahr gestartet wurden. Das im Rahmen der Technologieinitiative ECSEL geförderte und im Mai 2015 gestartete Projekt »ADMONT« mit einem Gesamtvolumen von 45 Millionen Euro zielt auf die Etablierung einer leistungsfähigen und flexiblen More-than-Moore-Pilotlinie am Standort Dresden. Die Pilotlinie vereint CMOS-Prozesse des Partners X-FAB mit Technologien für Sensoren und



Prof. Dr. Harald Schenk

MEMS-Bauelemente des Fraunhofer IPMS sowie Kompetenzen anderer Fraunhofer-Institute zu einem einzigartigen durchgängigen Prozessfluss. Ein weiteres Highlight war die Eröffnung des Leistungszentrums »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik«. In Vorbereitung der nächsten Phase der Exzellenzinitiative des Bundes werden die Kooperation zwischen den beteiligten Fraunhofer-Instituten, den Universitäten und Fachhochschulen sowie der Industrie vertieft und ausgebaut und Wege der Verwertung wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Wirtschaft weiterentwickelt. Sofort konnten 30 Unternehmen für dieses neue Format der Zusammenarbeit gewonnen werden.

Die Mikro- und Nanoelektronik erfährt auch durch die Bundesregierung steigende Beachtung. Themen wie »Industrie 4.0« und »Internet der Dinge« zeigen, dass die Mikro- und Nanoelektronik als »Key Enabling Technology« eine Voraussetzung für die technologische Souveränität Deutschlands und Europas ist. In diesem Zusammenhang besuchte Bundeskanzlerin Frau Dr. Angela Merkel zusammen mit Frau Prof. Johanna Wanka, Bundesministerin für Bildung und Forschung und Herrn Stanislaw Tillich, Ministerpräsident des Freistaates Sachsen, das Fraunhofer IPMS, um in einem Strategiegelgespräch mit Vertretern der Wissenschaft und Industrie die Bedeutung der Mikroelektronik zu erörtern. Der Aufenthalt der Bundeskanzlerin ist eine sehr hohe Auszeichnung für unser Institut und seine Strahlkraft.

Das Fraunhofer IPMS kann Hochtechnologie auf 200 mm und 300 mm Wafern anbieten und ist damit für die zukünftigen Herausforderungen bestens aufgestellt. Wir sind zuversichtlich, dass wir damit die Weichen für eine weiterhin erfolgreiche Zukunft des Instituts gestellt haben und würden uns freuen, wenn Sie als unsere Kunden, Förderer und Partner mit dem Institut verbunden bleiben.

Hubert Lakner und Harald Schenk

sensor technologies and MEMS devices as well as expertise from other Fraunhofer institutes to form a unique integrated process flow. The opening of the "Functional Integration for Micro-/Nanoelectronics" High-Performance Center was yet another highlight. In preparation for the next phase of the federal Excellence Initiative, cooperation between participating Fraunhofer institutes, universities, universities of applied sciences and industry will be deepened and expanded and ways to transfer scientific knowledge to the industry will be further developed. Thirty companies were immediately registered under this new format of collaboration.

Micro- and nanoelectronics are receiving increasing attention from the federal government. Topics such as smart production ("Industrie 4.0") and the "Internet of Things" point to micro- and nanoelectronics as a "Key Enabling Technology" being a prerequisite for the technological sovereignty of both Germany and Europe. It was in this context that German Chancellor Dr. Angela Merkel visited the Fraunhofer IPMS together with Professor Johanna Wanka, Federal Minister of Education and Research, and Stanislaw Tillich, Prime Minister of the Free State of Saxony to attend a strategy meeting to discuss the importance of microelectronics with representatives from science and industry. The Chancellor's presence is a very high honor and an accolade to the appeal of our institute.

Fraunhofer IPMS is able to offer high tech on 200 and 300 mm wafers, making it well-prepared for future challenges. We are confident that we have thus laid a foundation for the successful future of the institute and would be happy to keep you as our customers, supporters and partners.

Hubert Lakner and Harald Schenk



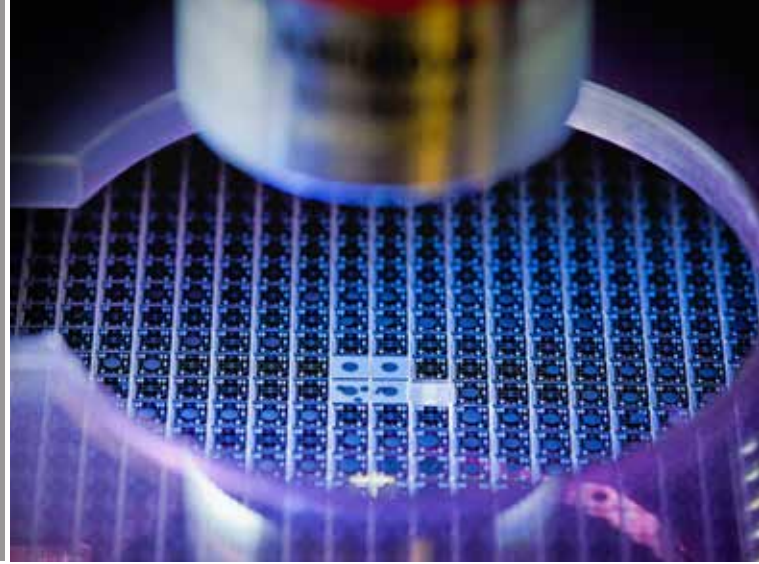
## CONTENTS

---

<b>Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems IPMS</b> .....	<b>1</b>
Foreword .....	2
The Fraunhofer IPMS in Profile .....	6
Structure of the Institute .....	7
Fraunhofer-Gesellschaft .....	8
Fraunhofer Group for Microelectronics .....	9
Fraunhofer IPMS in Figures .....	10
Advisory Board .....	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
Mesoscopic Actuators and Systems .....	26
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>
Chancellor Angela Merkel Visited Fraunhofer IPMS .....	52
Research location Dresden/Chemnitz Becomes High Performance Center in Micro- and Nanoelectronics .....	53
Industrie 4.0: Fraunhofer IPMS and HTW Dresden Cooperate .....	54
Fraunhofer IPMS Upgrades Clean Room with 200 mm Process Line .....	55
CNT Celebrates 10th Anniversary with Industry Partner Day .....	56
Official Launch of the ECSEL Funded ADMONT Project .....	57
Fraunhofer IPMS Successful with Two Further ECSEL-Proposals .....	58
MUT 2015 – 14th International Workshop for Micromachined Ultrasonic Transducers .....	59
Three Young Researchers Honored with Hugo Geiger Prizes .....	60
Completed Public Projects .....	61
<b>Knowledge Management</b> .....	<b>66</b>
Patents .....	68
Publications .....	76
Academic Theses .....	84

◀ Wafer inspection in the clean room.

Optical inspection of micro scanning mirrors. ▶



---

## INHALT

---

<b>Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS</b> .....	<b>1</b>
Vorwort .....	2
Das Fraunhofer IPMS im Profil .....	6
Institutsstruktur .....	7
Fraunhofer-Gesellschaft .....	8
Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik .....	9
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
Mesoskopische Aktoren und Systeme .....	26
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>
Bundeskanzlerin Angela Merkel zu Gast am Fraunhofer IPMS .....	52
Forschungsstandort Dresden/Chemnitz avanciert zum Leistungszentrum für Mikro- und Nanoelektronik .....	53
Industrie 4.0: Fraunhofer IPMS und HTW Dresden kooperieren .....	54
Fraunhofer IPMS erweitert Reinraum auf 200-mm-Prozesslinie .....	55
CNT feiert 10-jähriges Jubiläum mit Industry Partner Day .....	56
Offizieller Start des ECSEL-Projekts ADMONT .....	57
Fraunhofer IPMS mit zwei weiteren ECSEL-Anträgen erfolgreich .....	58
MUT 2015 – 14. Internationaler Workshop für Mikromechanisch gefertigte Ultraschallwandler .....	59
Drei Nachwuchsforscher mit Hugo-Geiger-Preisen geehrt .....	60
Abgeschlossene öffentliche Projekte .....	61
<b>Wissensmanagement</b> .....	<b>66</b>
Patente .....	68
Veröffentlichungen .....	76
Wissenschaftliche Arbeiten .....	84



### THE FRAUNHOFER IPMS IN PROFILE

---

The Fraunhofer IPMS with its 280 employees is dedicated to applied research and development at the highest international level in the fields of photonic microsystems, microsystems technologies, nanoelectronic 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 32.5 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 280 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern steht für angewandte Forschung und Entwicklung auf internationalem Spitzenniveau in den Bereichen Photonische Mikrosysteme, Mikrosystemtechnologien, Nanoelektronische Technologien und Drahtlose Mikrosysteme. In allen großen Märkten – wie Informations- und Kommunikationstechnologien, Konsumgüter, Fahrzeugtechnik, Halbleiter, Mess- und Medizintechnik – finden sich innovative Prozesse und Produkte, die unsere Technologien nutzen. Mehr als die Hälfte unseres jährlichen operativen Aufwands von 32,5 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> (15 000 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



*Prof. Dr. Hubert Lakner*

Executive Board

*Prof. Dr. Harald Schenk*



*Heiko Menzel*

Administration



*Linda Rudolph*

Human Resources  
Development



*Dr. Christine Taut*

Quality Management



*Dr. Michael Scholles*

Business Development  
& Strategy



*Michael Kabus*

Facility Management  
& Infrastructure



*Dr. Romy Liske*

Center  
Nanoelectronic  
Technologies



*Dr. Jan Grahmann*

Active Microoptical  
Components &  
Systems



*Dr. Michael Wagner*

Spatial Light  
Modulators



*Dr. Frank Deicke*

Wireless  
Microsystems



*Dr. Sebastian Meyer*

Sensor &  
Actuator Systems

Engineering

*Dr. Matthias Schulze*



Fabrication

*Thomas Zarbock*



Project Group: Mesoscopic Actuators and Systems MESYS\*  
*Prof. Dr. Harald Schenk*

*\* 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 67 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 2.1 billion euros. Of this sum, more than 1.8 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 67 Institute und Forschungseinrichtungen. 24.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen über 1,8 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Mehr als 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

---

Der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik – 1996 gegründet – ist der größte europäische Forschungs- und Entwicklungsdienstleister für Smart Systems. Hier werden langjährige Erfahrung und die Expertise von mehr als 3000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus derzeit 16 Mitgliedsinstituten, darunter dem Fraunhofer IPMS, gebündelt. Das jährliche Budget beträgt etwa 377 Millionen Euro.

Die institutsübergreifenden Kernkompetenzen liegen in den Bereichen intelligenter Systementwurf, Halbleitertechnologien, Leistungselektronik und Systemtechnologien für die Energieversorgung, Sensorik, Systemintegration, HF- und Nachrichtentechnik sowie Qualität und Zuverlässigkeit.

Die Bündelung der Kernkompetenzen der Mitgliedsinstitute ermöglicht eine branchenspezifische, ganzheitliche und maßgeschneiderte Systementwicklungen in den folgenden Geschäftsfeldern, die sich sowohl auf More-Moore- als auch auf More-than-Moore-Technologien basieren:

- Smart and Healthy Living
- Energy Efficient Systems
- Mobility and Urbanization
- Industrial Automation

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.

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

---

## FRAUNHOFER GROUP FOR MICROELECTRONICS

---

The Fraunhofer Group for Microelectronics, founded in 1996, is a leading European R&D service provider for microelectronics and smart systems integration. It combines the expertise of currently 16 Fraunhofer institutes including the Fraunhofer IPMS with a total of more than 3000 employees and a combined budget of roughly 377 million euros.

The wide spectrum of services is grouped into seven cross-institute technological core competences: design for smart systems, semiconductor-based technologies, sensors and sensor systems, power electronics and system technologies for energy supply, quality and reliability, system integration technologies, and RF and communication technologies.

The bundling of the core competences of member institutes allows sector-specific, holistic, and tailor-made system developments based on both More-Moore and More-than-Moore technologies in the following business areas:

- Smart and Healthy Living
- Energy Efficient Systems
- Mobility and Urbanization
- Industrial Automation

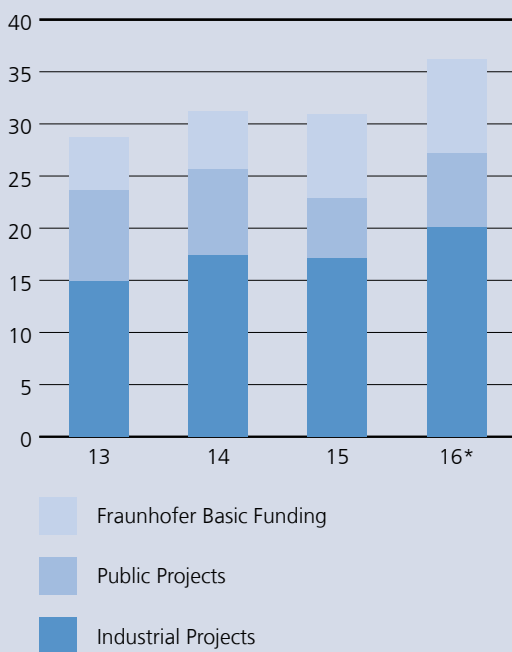
The activities of the member institutes are coordinated by the business office in Berlin. This central coordination office forms the portal between the institutes on the one hand and science, business, and government on the other. Chairman of the Board of Directors is Prof. Dr. Hubert Lakner.

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

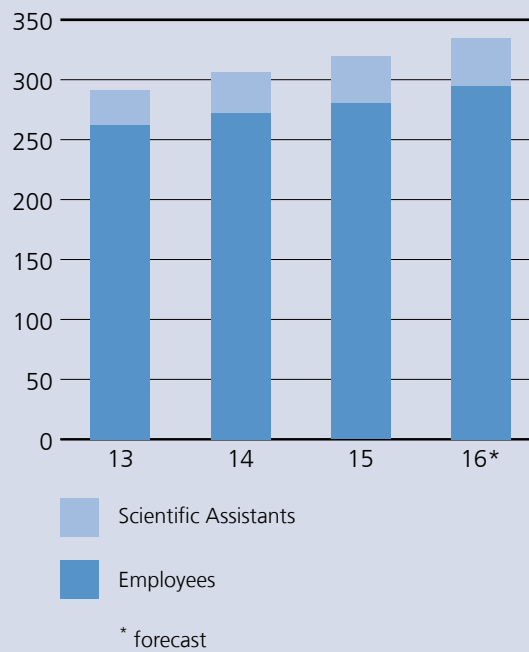
## FRAUNHOFER IPMS IN ZAHLEN

# FRAUNHOFER IPMS IN FIGURES

BUDGET (IN MILLION EUROS)



EMPLOYEES



BREAKDOWN OF PROJECT REVENUES AS PERCENTAGES OF THE OPERATING BUDGET

	2013	2014	2015	2016*
Industry	51,5 %	54,7 %	52,5 %	54,4 %
Public Revenues	30,2 %	25,7 %	17,8 %	19,1 %
<b>Total</b>	<b>81,7 %</b>	<b>80,4 %</b>	<b>70,3 %</b>	<b>73,5 %</b>
Employees	262	272	280	295




---

KURATOREN

ADVISORY BOARD

---

**MRin Dr. Annerose Beck**  
*Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst, Head of Division*

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

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

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

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

**Konrad Herre**  
*Organic Electronics Saxony, Chairman, Chairman of the Advisory Board*

**Dirk Hilbert**  
*Landeshauptstadt Dresden, Mayor*

**MDgin Barbara Meyer**  
*Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, Head of Division*

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

**Prof. Dr. Thomas Mikolajick**  
*NaMLab gGmbH, Scientific Director*

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

**MR Peter G. Nothnagel**  
*Saxony Economic Development Corporation, Managing Director*

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

**Dr. Jürgen Rüstig**  
*TechConsult, Independent Consultant*

**Dr. Hermann Schenk**  
*Schenk Industry Consulting, Managing Director*

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

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

## MITGLIEDSCHAFTEN UND NETZWERKE

# MEMBERSHIPS AND NETWORKS



---

## KOOPERATIONEN DES FRAUNHOFER IPMS

---

Das Fraunhofer IPMS engagiert sich in Wissenschafts- und Kompetenznetzwerken der optischen Technologien und Photonik, der Mikrosystemtechnik und Mikroelektronik. 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 mit verschiedenen Branchenverbänden wie dem Silicon Saxony Netzwerk oder dem Deutschen Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien e.V. (SPECTARIS). So war das Fraunhofer IPMS Gastgeber der Frühjahrstagung des SPECTARIS-Fachverbandes Photonik am 26. Februar 2015 sowie des 9. RFID-Symposiums des Silicon Saxony-Arbeitskreises RFID am 3. und 4. Dezember 2015.

Eine neue Kooperation ergab sich im Jahr 2015 mit der Industrie- und Handelskammer Dresden. Auf Initiative des Fraunhofer IPMS fand am 9. Dezember 2015 eine Informationsveranstaltung für Unternehmen des Kammerbezirks zum Thema »Industrie 4.0 – Ortung und Navigation in der Produktion« statt. Dabei wurden ausgewählte Anwendungsfälle für die Digitalisierung der Fertigung präsentiert und Möglichkeiten der Forschungskoope-ration aufgezeigt. In einem anschließenden Rundgang hatte die Teilnehmerinnen und Teilnehmer die Gelegenheit, die am Fraunhofer IPMS entwickelten Demonstratoren für eine automatische Materialverfolgung und einen flexiblen Mitarbeiterinsatz sowie die Chip-Fertigung am Fraunhofer IPMS kennenzulernen. Die Kooperation soll in den kommenden Jahren mit ähnlichen Veranstaltungsformaten fortgesetzt werden.

---

## FRAUNHOFER IPMS COOPERATIONS

---

The Fraunhofer IPMS is engaged in science and competence networks for optical technologies and photonics, microsystems technology and microelectronics. With lectures, exhibitions and participation in working groups, researchers actively participate in the exchange of experiences and promote know-how transfer, close economic relations and innovation.

A close cooperation with various industry associations such as the Silicon Saxony Network and the German Industry Association for Optical, Medical and Mechatronic Technologies e.V. (SPECTARIS) has existed for years. The Fraunhofer IPMS hosted the spring conference of the SPECTARIS professional association for photonics on February 26, 2015 as well as the RFID-symposium of the Silicon Saxony RFID workgroup on December 3 and 4, 2015.

A new collaboration with the Dresden Chamber of Commerce began in 2015. Initiated by the Fraunhofer IPMS, an informational event addressing "Industrie 4.0 – positioning and navigation in production" was held on December 9, 2015, for companies within this chambers district. It included presentations of chosen examples of applications for the digitalization of factoring and highlighted possibilities for research cooperation. In a follow-up tour through the facilities, participants had the chance to see Fraunhofer-developed demonstrators for an automated tracking of materials as well as the flexible use of human resources and chip production at the Fraunhofer IPMS. This cooperation will continue in the coming years with similar event formats.

## WISSENSCHAFTLICHE EXZELLENZ

# SCIENTIFIC EXCELLENCE

### DRESDEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

---

Both Prof. Dr. Hubert Lakner and Prof. Dr. Wolf-Joachim Fischer are chairs at the TU Dresden, one of eleven universities of excellence in Germany. Therefore, there is an intense exchange of information with students and graduates in basic and contract research. Under the brand "DRESDEN-concept", TU Dresden has partnered with other entities from science and culture such as the Fraunhofer IPMS to make the excellence of Dresden research visible, to exploit synergies in research, education and infrastructure and to coordinate its scientific strategy. Launched in 2015, the High Performance Center "Functional Integration in Micro and Nanoelectronics" (see page 53) will further strengthen the collaboration between the TU Dresden and the Fraunhofer IPMS in developing innovative components and production technologies.

### UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES HTW

---

With the new workgroup "Smart Wireless Production" (SWP) founded in 2015, Fraunhofer IPMS uses synergies with the University of Applied Sciences HTW towards Industry 4.0 (see page 54). SWP is part of the Fraunhofer internal program "Cooperations with Universities of Applied Sciences". In parallel to his position as Professor for Information Management at the HTW Dresden, Prof. Dr. Dirk Reichelt leads this prestigious workgroup.

### TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

---

Prof. Dr. Hubert Lakner und Prof. Dr. Wolf-Joachim Fischer haben eigene Lehrstühle an der TU Dresden. Über sie besteht ein intensiver Austausch mit Studierenden, Absolventinnen und Absolventen in der Grundlagen- und Auftragsforschung. Die TU Dresden ist eine von elf Exzellenzuniversitäten Deutschlands. Unter der Marke »DRESDEN-concept« hat sich die TU Dresden mit 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. Mit dem im Jahr 2015 ins Leben gerufenen Leistungszentrum »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik« (siehe Seite 53) werden TU Dresden und Fraunhofer IPMS zukünftig noch enger bei der Entwicklung innovativer Komponenten und Fertigungstechnologien zusammenarbeiten.

### HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT HTW

---

Mit der im Jahr 2015 initiierten neuen Arbeitsgruppe »Smart Wireless Production« (SWP) nutzt das Fraunhofer IPMS Synergien mit der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden im Bereich Industrie 4.0 (siehe Seite 54). Die Arbeitsgruppe SWP ist Teil des internen Programms »Kooperationsprogramm Fachhochschulen« der Fraunhofer-Gesellschaft. Leiter der Arbeitsgruppe ist Prof. Dr. Dirk Reichelt, der gleichzeitig Professor für Informationsmanagement an der HTW Dresden ist.





BRANDENBURGISCHE TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
COTTBUS-SENFTENBERG

Eine langjährige Kooperation besteht auch mit der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg, an der Prof. Dr. Harald Schenk eine Professur für Mikro- und Nanosysteme innehat. Die gemeinsame Projektgruppe »Mesoskopische Aktoren und Systeme« (siehe Seite 26) nutzt Labore und Räumlichkeiten der BTU Cottbus-Senftenberg. Darüber hinaus stellt die BTU im »Cottbus Joint Lab« attraktive Studienschwerpunkte bei der Graduiertenausbildung und Weiterbildung auf dem Gebiet der photonischen Mikrosysteme zur Verfügung.

BRANDENBURG UNIVERSITY OF TECHNOLOGY  
COTTBUS-SENFTENBERG

The Fraunhofer IPMS also has a long-standing relationship with the Brandenburg University of Technology (BTU) Cottbus-Senftenberg, at which Prof. Dr. Harald Schenk has a professorship in micro and nano systems. The joint project group "Mesoscopic actuators and systems" (see page 26) uses the laboratories and premises of the BTU Cottbus-Senftenberg. Moreover, with "Cottbus Joint Lab", the BTU offers attractive major fields of study in graduate education and training in the field of photonic micro systems.



Faculty of Electrical and  
Computer Engineering  
Institute of Semiconductors  
and Microsystems

Prof. Dr. Hubert Lakner  
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

Faculty of Informatics  
and Mathematics  
Chair of Information  
Management

Prof. Dr. Dirk Reichelt

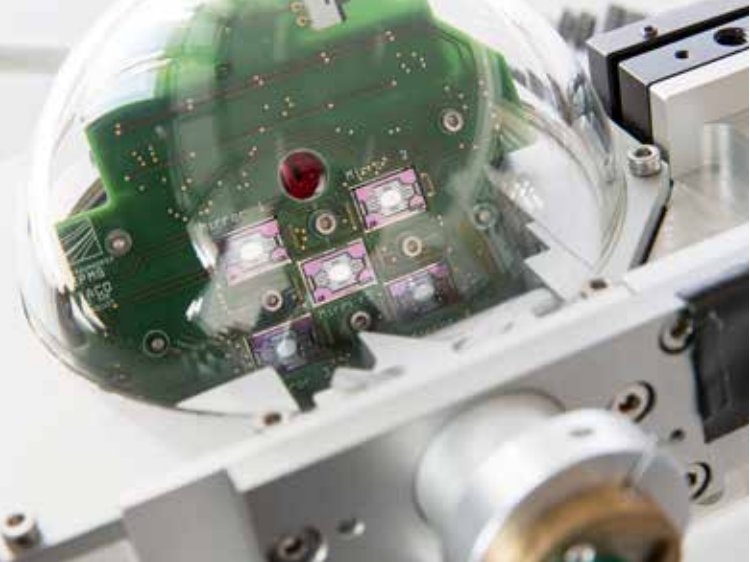
---

---

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. The 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 Fokusbildungsmodulation. Interessenten haben die Möglichkeit, über die 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 Mikroscooperspiegel für Anwendungen wie das Laserstrahlpositionieren oder vektorielles Scannen entwickelt.

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

- ◀◀ Optical scan head of a three-dimensional Time-of-Flight camera with integrated MEMS scanning array.

Shoe-embedded polymer energy harvester optimized for powering a transmitter module. ▶



---

### ENERGIEWANDLER NUTZT ELEKTROAKTIVE POLYMERE

---

Die Umwandlung der kinetischen Energie menschlicher Bewegungen in elektrische Energie ist eine ideale Lösung für die Versorgung von »Wearable Electronics«, also tragbarer elektronischer Geräte. Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler der Gruppe »Smart Micro Optics« haben im Jahr 2015 einen Energiewandler (Energy Harvester) entwickelt, der die Eigenschaften dünner dielektrischer Polymerfilme mit besonders hohen Permittivitäten nutzt.

Im Vergleich zu piezoelektrischen Lösungen arbeitet dieses Konzept in einem nichtresonanten Modus und wandelt daher mechanische Energie auch bei niedrigen Frequenzen effizient um. Der Chip ist klein, flexibel und kann zum Beispiel in die Sohle eines Laufschuhs integriert werden. So produziert der Energiewandler unter der Druckbelastung eines Läufers mehrere Mikrowatt pro Sekunde. Der Wandler Schaltkreis ist hierbei auf die Versorgung eines Datentransmitters abgestimmt, so dass, gespeist durch die Bewegung eines Läufers, Telegramme drahtlos im Sekundentakt übermittelt werden können. Ebenso wie zur Versorgung eines Transmitters kann der Energiewandler eingesetzt werden, um drahtlose Sensoren (Temperatur, Beschleunigung, Druck), tragbare Geräte oder Systeme zur Überwachung von Vitalparametern mit Energie zu versorgen. Die Neuentwicklung wurde auf der Embedded World in Nürnberg vom 23. bis 25. Februar 2016 erstmals der Öffentlichkeit präsentiert.

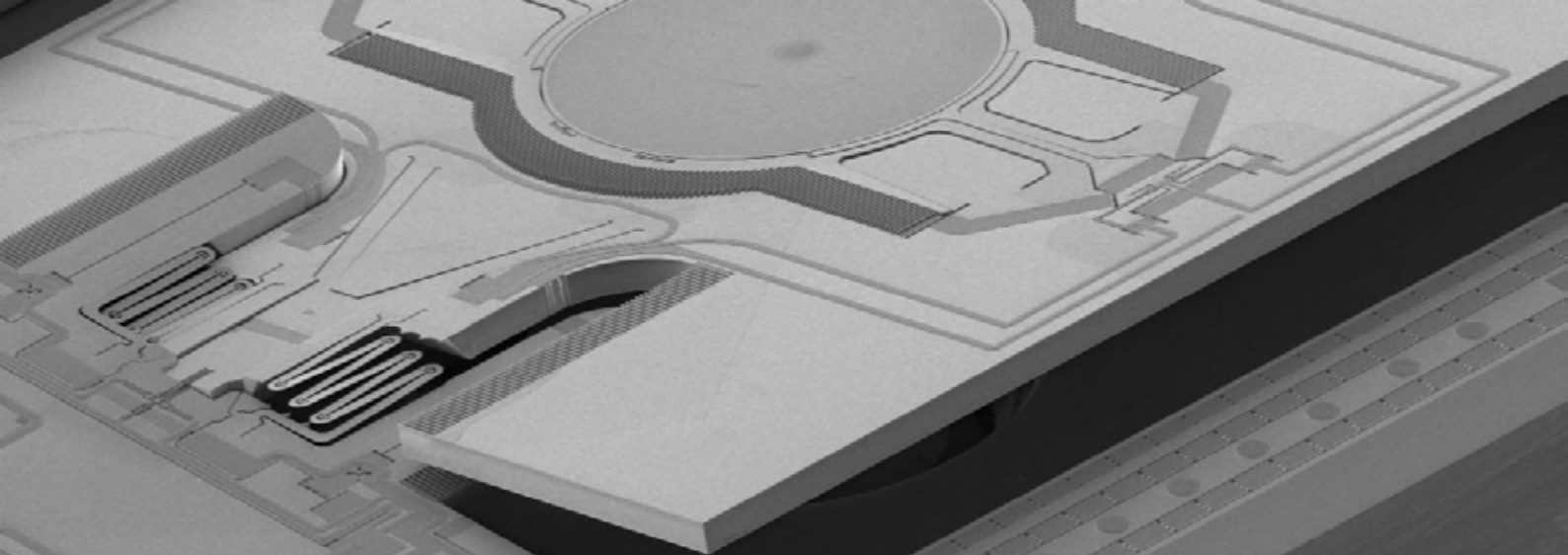
---

### ENERGY HARVESTER USING ELECTRO-ACTIVE POLYMERS

---

Harvesting kinetic energy from human motion and converting it into usable electrical energy has become in recent years an attractive approach to powering wireless portable devices. In 2015 scientists of the "Smart Micro Optics" group have developed an energy harvester which is based on thin films of dielectric polymers of large relative permittivity.

As compared with traditional piezoelectric configurations, this concept works non-resonantly and can be optimized for capturing energy from mechanical power sources in the low frequency range. Additionally, the developed device is small, flexible and easily embeddable into, for instance, the sole of a shoe. This is able to generate several microwatts of power in a second when subjected to mechanical deformation of pressure specific to human walking. The harvester circuit has been adjusted to power a transmitter module. Thus the system is able to generate mechanical power and, using that, to transmit telegrams at intervals of seconds. The harvester device and circuit can be adapted for other applications such as for powering wireless sensors (temperature, acceleration, pressure), for powering portable devices and monitoring various vital signs. The novel development was presented to the public at the Embedded World exhibition from February 23 to 25, 2016.



### BREAKTHROUGH IN THE CONTROL OF SCANNING MIRRORS THANKS TO INNOVATIVE POSITIONING SENSOR TECHNOLOGY

---

During the directed deflection of laser light by electrostatically driven micro scanning mirrors, the exact position of the scanning mirror must be given. Without the knowledge of phase and frequency of the scan movement, it is not possible to synchronize lasers during modulation. In addition, environmental factors such as temperature, ambient pressure and humidity, oscillation frequency and amplitude further influence the micro scanning mirror. Therefore, in a lot of applications, it is necessary to determine the position of the mirror in real time and to regulate the controlling voltage accordingly. These applications demand very high accuracy. The position of the mirror in applications such as laser projections or diffraction grating spectroscopy must be precisely determined to a few thousandths of a degree.

In 2015, the research team achieved a great breakthrough in the development of the positioning sensor technology. In order to increase the sensitivity in comparison to previous mirrors, improve the signal-to-noise ratio of the sensor signal and to facilitate the possibility of an operation of the control loop with a controlled feedback, scientists developed two new ways of technological processes for the piezoresistive position detection of resonant and quasi-static micro scanning mirrors. In doing so, the piezoresistive approach was the preferred alternative to other optical and capacitive measurement methods: On one hand it allows, in comparison to optical methods, a monolithic setup of scanner and sensor and thus a compact and cost-effective solution. On the other hand, compared with capacitive methods, the piezo-

---

### DURCHBRUCH BEI DER REGELUNG VON SCANNERSPIEGELN DANK INNOVATIVER POSITIONSENSORIK

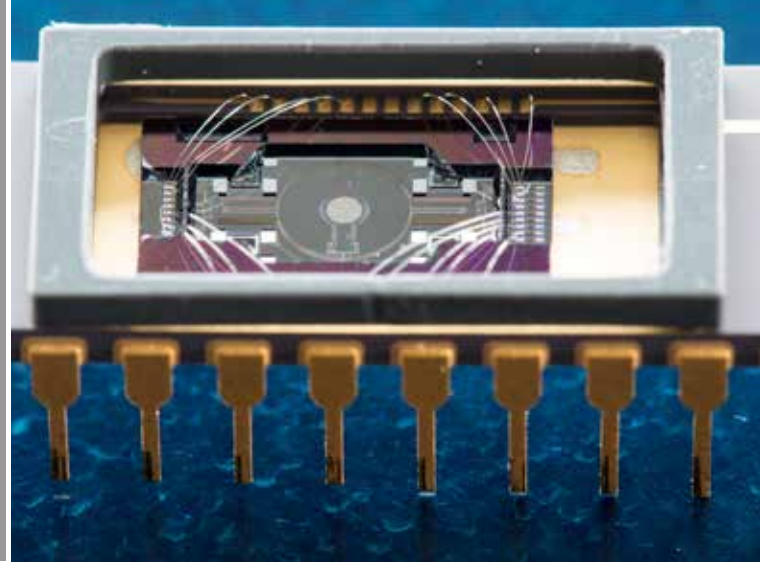
---

Bei der gezielten Ablenkung von Laserlicht durch elektrostatisc h angetriebene Mikros scannerspiegel muss die genaue Position des ausgelenkten Scannerspiegels bekannt sein. Denn ohne die Kenntnis von Phase und Frequenz der Scanbewegung ist keine Synchronisation des Lasers bei der Modulation möglich. Darüber hinaus beeinflussen Veränderungen von Umweltfaktoren wie Temperatur, Druck oder Feuchte Schwingfrequenz und –amplitude der Mikros scannerspiegel. In vielen Anwendungen ist es daher notwendig, die Position des Scannerspiegels in Echtzeit bestimmen zu können und die Steuerspannung dementsprechend zu regeln. Die Anforderungen an die Genauigkeit sind dabei extrem hoch. So muss die Position des Spiegels bei Anwendungen wie der Laserprojektion oder Beugungsgitter-Spektroskopie mit einer Präzision von einigen Tausendstel Grad bekannt sein.

Bei der Weiterentwicklung der Positionssensorik hat das Forscherteam im Jahr 2015 einen Durchbruch erzielt. Um die Sensitivität im Vergleich zu früheren Sensoren zu erhöhen, das Signal-Rausch-Verhältnis des Sensorsignals zu verbessern und den Betrieb des Regelkreises mit kontrollierter Rückkopplung zu ermöglichen, haben die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler zwei neuartige technologische Prozessabläufe für die piezoresistive Positionserfassung von resonanten und quasistatischen Mikros scannerspiegeln entwickelt. Der piezoresistive Ansatz wurde dabei gegenüber alternativen optischen oder kapazitiven Messmethoden bevorzugt: Zum einen ermöglicht er im Gegensatz zu optischen Verfahren einen monolithischen Aufbau von Scanner und Sensor und somit kompakte und kostengünstige Lösungen. Zum anderen reagiert der piezoresistive Sensor verglichen

- ◀ SEM image of a deflected two-dimensional resonant scanning mirror.

Quasi-static/resonant two-dimensional LinScan microscanner demonstrator in a ceramic housing. ▶



mit kapazitiven Methoden weniger empfindlich auf Störsignale des elektrostatischen Antriebs und verspricht höhere Sensitivitäten aufgrund der Transformation der aus der Drehbewegung des Spiegels resultierenden mechanischen Spannungen in ein elektrisches Positionssignal.

Die monolithisch integrierten Sensoren verwenden unterschiedlich dotiertes und abgeschiedenes Silizium. Einer basiert auf einkristallinem Silizium mit einem pn-Übergang, um das aktive Sensorgebiet von dem Trägersilizium zu isolieren. Der andere beruht auf abgeschiedenem und strukturiertem Polysilizium. Die Empfindlichkeit des Einkristall-Siliziumsensors wurde im Vergleich zu früheren Entwicklungen um den Faktor 3,6 auf 42 mV/V<sup>°</sup> gesteigert. Dieser Sensortyp ist für Anwendungen geeignet, bei denen es möglich ist, den Sensor vor Streulicht abzuschirmen oder bei denen die Wellenlänge des Lichts oberhalb von 1200 nm liegt. Der Polysiliziumsensor ist gegenüber Lichteinflüssen unempfindlich bei einer gegenüber dem Einkristallsensor um 50 Prozent geringeren Sensitivität der Piezoeffizienten. Dabei konnten die Forscher trotzdem eine Erhöhung des Signal-Rausch-Verhältnisses für den quasi-statischen Scanner von bis zu 62 dB erreichen, was dem Niveau des Einkristall-Sensors entspricht. Im Ergebnis konnte die Präzision der Spiegeltrajektorie signifikant gesteigert werden. Bei einer Regelung in Echtzeit wurden mit dem Polysensor Genauigkeiten bei der Auslenkung quasistatischer Scannerspiegel von  $\pm 5 \text{ m}^\circ$  erreicht. Das entspricht bei einer Auslenkung von zum Beispiel  $\pm 7^\circ$  des Scannerspiegels einer Auflösung von 1400 Bildpunkten. Der erreichte Qualitätssprung lässt sich für das gesamte Spektrum möglicher Applikationen von Mikrosensorspiegeln nutzen, von Bild aufnehmenden Systemen über die Laserprojektion bis hin zu Spektroskopieanwendungen in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen.

resistive mirror is less sensitive towards interfering signals from electrostatic drive and promises higher sensitivities due to the transformation of the mechanical stress, resulting from the turning movement of the mirror, into an electrical positioning signal.

The monolithically integrated sensors use different doped and deposited silicon. One is based on a mono-crystal silicon with a p-n junction in order to isolate the active sensor area from the carrier silicon, the other on deposited and structured polysilicon. The sensitivity of the mono-crystal silicon sensor was increased by a factor of 3.6 to 42 mV/V<sup>°</sup> in comparison to former developments. This type of sensor is suitable for applications in which it is possible to shield the sensor from stray light or in which the wavelength of the light is above 1200 nm. The polysilicon sensor is insensitive to the effects of stray light, however its piezo coefficient sensitivity is 50 percent less than that of the mono crystal sensor. Nevertheless, scientists were able to reach an increase of the signal-to-noise ratio of the quasi-static scanner of up to 62 dB, comparable to the ratio of the mono crystal sensor. Overall, the precision of the mirror trajectory was significantly increased. Accuracies of  $\pm 5 \text{ m}^\circ$  in the deflection of the quasi-static scanner mirrors were achieved using real-time controlling and the poly sensor. This corresponds to a resolution of 1400 pixels when, for example, working with a scanning mirror deflection of  $\pm 7^\circ$ . The increase of quality can be used throughout the entire spectrum of scanning mirror applications, including imaging systems, laser projections and spectroscopy applications at diverse wavelength ranges.



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 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. In comparison to alternative liquid crystal based technologies micromirrors enable significantly higher modulation frequencies. 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 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 Ansteuerlektronik 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.

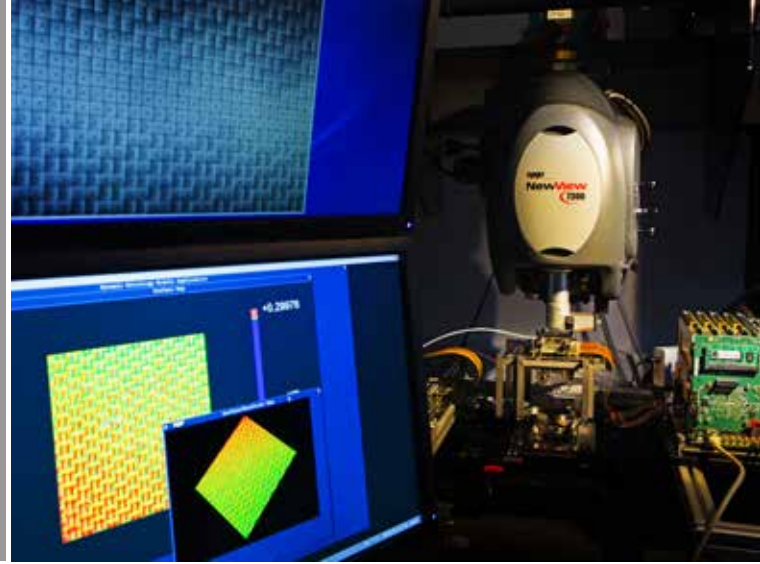
Senkspiegelarrays finden u. a. Anwendung in der Wellenfrontformung in adaptiv-optischen Systemen. Diese Systeme können Wellenfrontstörungen in weiten Spektralbereichen korrigieren und so z. B. die Wiedergabequalität von Bildern verbessern. Im Vergleich zu alternativen flüssigkristallbasierten Technologien können hierfür mit Mikrosiegeln deutlich höher Modulationsfrequenzen erzielt werden. Weitere Anwendungsbereiche sind die Augenheilkunde, Astronomie und Mikroskopie sowie die räumliche und zeitliche Laserstrahl- und Pulsformung.



◀◀ Fraunhofer IPMS micromirror array displaying a digital image with eye and Fraunhofer IPMS logo.

Foreground: Close up of a micromirror array.

Background: White light interferometer with address electronics, purging and cooling for micromirror array operation. ▶



---

### HERAUSFORDERUNG BEI DER CHARAKTERISIERUNG VON MIKROSPIEGELARRAYS GEMEISTERT

---

Um Flächenlichtmodulatoren in Form von Mikrospiegelarrays (MMAs) herstellen zu können, wird umfangreiches MEMS-Technologiewissen benötigt. Doch um ein exzellentes MMA zu erhalten, bedarf es mehr. So könnte ohne Charakterisierung nur wenig über Qualität oder Funktionsfähigkeit gesagt werden. Daher wurde erstklassige Messtechnik installiert, die den kompletten Bereich von der Inline-Charakterisierung bis zum fertigen Produkt abdeckt. Hierbei kommen insbesondere optische Messverfahren, wie zum Beispiel die Interferometrie, Laservibrometrie, Profilometrie, Mikroskopie sowie die Videometrie, zum Einsatz. Um das fertige MMA zeiteffizient, mit hohem Verhältnis von Probenkantenlänge zu Höhenauflösung (typischerweise  $10^8:1$ ) charakterisieren zu können, besitzt das Fraunhofer IPMS mehrere Weißlichtinterferometer (WLI).

Im Jahr 2015 stand die Charakterisierung vor spannenden Herausforderungen. Nie zuvor bestanden die MMAs des Fraunhofer IPMS aus mehr Einzelspiegeln, die wiederum nie zuvor kleiner waren. Für die neuesten MMAs wurde die Messtechnik erweitert. Es wurden neue Auswertalgorithmen entwickelt. Auch die Fähigkeiten zeitaufgelöst zu messen wurden ausgebaut. So konnte 2015 für einen weiteren MMA-Typen die Messung von Resonanzfrequenzen in die Automatisierungskette integriert werden. Die Dynamik eines gesamten MMA wird spiegelweise mit scannendem WLI unter stroboskopischer Beleuchtung erfasst. Das erlaubt einen noch tieferen Blick auf die mechanische Aufhängung unter der Spiegeloberfläche. Der Messtechnik-Mix und das methodische Know-how machen das Fraunhofer IPMS zu einem Spezialisten für die MOEMS-Charakterisierung.

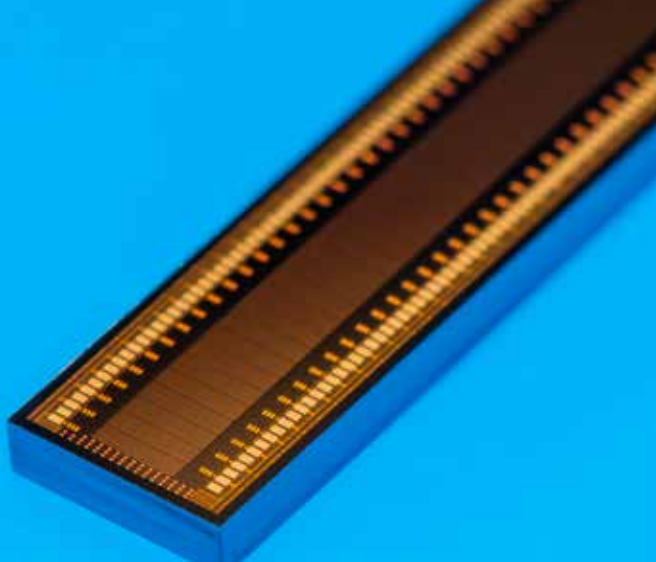
---

### CHARACTERIZATION OF MICROMIRROR ARRAYS: CHALLENGES MASTERED

---

The fabrication of spatial light modulators in the form of micromirror arrays (MMAs) requires comprehensive knowledge of MEMS technology. However, for an excellent MMA you need more. For high quality and guaranteed functionality thorough characterization is essential. For this reason we installed various first-class measurement tools, which cover the complete range from inline characterization to the assembled product. Especially, we use the measuring methods interferometry, laservibrometry, profilometry, microscopy and videometry. The Fraunhofer IPMS owns several white light interferometers (WLI) to efficiently measure assembled MMAs with a large ratio in edge to height resolution (typically  $10^8:1$ ).

In 2015, the characterization team faced exciting challenges. Never before the Fraunhofer IPMS MMAs have consisted of more mirrors, which never have been this small. For the newest MMAs we installed additional measurement equipment. We developed new algorithms for data analysis. We also enhanced our skills regarding time resolved measurements. Since 2015, we have integrated the measurement of natural frequencies for another MMA type in the automation chain. This was achieved with a WLI using stroboscopic illumination. This enables us to explore the springs underneath the mirrors in more detail. The mix of measurement techniques and the know-how empowers the Fraunhofer IPMS to be a specialist in the field of MOEMS characterization.



*Dr. Sebastian Meyer*

## SENSOR AND ACTUATOR SYSTEMS

---

Focusing on the usage of MEMS- and silicon-based sensor and actuator components, the "Sensor and Actuator Systems" business unit develops new components and application-specific systems. Using a combination of MEMS components with analog and digital electronics, optics and software developed at the institute, complex systems are developed to solve customer specific problems.

The portfolio of this business unit includes the development of sensor systems for different applications such as food industry surveillance and water and soil analysis as well as industrial measurement technology. Know-how in systems integration and micro system technology allows for the creation of unique, miniaturized systems adapted to customer specifications. Modern, highly-precise micro assembly equipment allows for the precise placement within the one digit micrometer range, making the creation of an up-to-date micro-spectrometer the size of a sugar cube possible. The business unit also develops its own micro system technology modules, e.g. ultrasonic transducers on the basis of silicon and chemical sensor elements, to support intelligent and energy efficient sensor solutions, e.g. for interior sensors. The business unit is developing as a provider for sensor solutions, based on the in-house developed MEMS devices.

## SENSOR- UND AKTORSYSTEME

---

Das Geschäftsfeld »Sensor- und Aktorsysteme« entwickelt neuartige Komponenten und anwendungsspezifische Systeme. Der Fokus liegt dabei auf der Nutzung von MEMS-basierten sensorischen und aktorischen Komponenten auf Siliziumbasis. Durch Kombination der am Institut entwickelten MEMS-Komponenten mit Analog- und Digitalelektronik, Optik und Software entstehen komplexe Gesamtsysteme zur Lösung kundenspezifischer Problemstellungen.

Das Angebot des Geschäftsfelds umfasst die Entwicklung von sensorischen Systemen für verschiedenste Anwendungen, unter anderem in der Lebensmittelüberwachung, Wasser- und Bodenanalytik, aber auch in der industriellen Messtechnik. Das Know-how in der Systemintegration und in der Mikrosystemtechnik ermöglicht einzigartige miniaturisierte Systeme, die je nach Kundenwunsch angepasst werden. Dabei nutzt das Geschäftsfeld modernes hochgenaues Mikromontage-Equipment, welches Platziergenauigkeiten von Bauelementen im einstelligen Mikrometerbereich erlaubt. Somit sind modernste Mini-Spektrometer in der Größe eines Zuckerwürfels möglich. Das Geschäftsfeld entwickelt ebenfalls eigene Mikrosystemtechnik-Bausteine, wie zum Beispiel Ultraschallwandler auf Siliziumbasis und chemische Sensorelemente. Damit werden intelligente energieeffiziente Sensorsystemlösungen beispielsweise für die Innenraumsensorik ermöglicht. Das Geschäftsfeld wird sich damit zu einem Anbieter von Sensorlösungen basierend auf eigenen MEMS-Bauelementen weiterentwickeln.

◀◀ Silicon-based capacitive micromachined ultrasonic transducer.

Identification of marked PET bottles at Fraunhofer IPMS. ▶



---

### POLYMARK - NEUARTIGES SORTIERVERFAHREN FÜR DIE TRENNUNG VON LEBENSMITTELTAUGLICHEN PET-PLASTIKBEHÄLTERN

---

Im Rahmen des EU-finanzierten Projekts »Polymark« (FP7 No. 311777) arbeitet das Fraunhofer IPMS seit 2013 in einem Forschungskonsortium an einem neuartigen Sortierverfahren für die Trennung von lebensmittel-tauglichen PET-Plastikbehältern.

Allein 2012 wurden in Europa mehr als 60 Milliarden Flaschen aus Polyethylenterephthalat (PET) gesammelt und recycelt – insgesamt 52 Prozent aller in Europa hergestellten PET-Flaschen. Allerdings erfüllt der Großteil des gewonnenen PET nicht die nötigen Voraussetzungen an Qualität und Reinheit für die direkte Wiederverwendung im Lebensmittelbereich. Polymark stärkt diese Kreislaufwirtschaft durch ein neuartiges Sortierverfahren, das die besonders hochwertigen Getränkeflaschen aus PET vom übrigen Abfallstrom trennt und damit der direkten Wiederverwertung »von Flasche zu Flasche« zugänglich macht. Das Team aus Fraunhofer IPMS, Pera Technology Ltd. und Sesotec GmbH entwickelte zu diesem Zweck ein optisches Sortiersystem zur Markierung von PET-Flaschen. Das Fraunhofer IPMS war dabei im Jahr 2015 für die Entwicklung des Detektors verantwortlich, so dass zum Jahreswechsel erste Tests des Systems im industriellen Maßstab starten konnten. Das Polymark-Konsortium umfasst europaweit die gesamte PET-Wertschöpfungskette und bietet dadurch beste Voraussetzungen für eine breite Markteinführung des neuen Sortierverfahrens.

Weitere Informationen: [www.polymark.org](http://www.polymark.org)

---

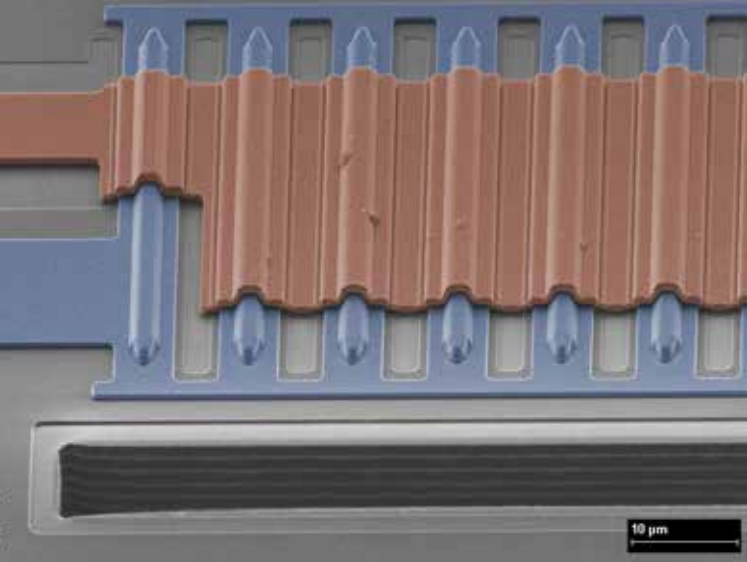
### POLYMARK - NOVEL TECHNOLOGY TO SEPARATE FOOD CONTACT PLASTICS IN THE PET WASTE STREAM

---

Launched in 2013, the Fraunhofer IPMS as a partner of the EU-funded project "Polymark" (FP7 No. 311777) is developing a novel technology to separate food contact plastics in the PET waste stream.

In 2012, more than 60 billion PET (polyethylene terephthalate) bottles were collected and recycled, representing 52 percent of all discarded PET bottles sold in Europe. However, the majority of recycled PET does not fulfil the requirements of quality and purity to be reused to produce new PET bottles. Polymark aims to increase bottle-to-bottle recycling via a sorting system which targets specifically the high-quality food contact bottles and feeds them back into circular economy. For this purpose, the Polymark R&D team comprising Fraunhofer IPMS, Pera Technology Ltd. and Sesotec GmbH have developed an optical marker system. In 2015 the Fraunhofer IPMS developed the corresponding detector system and at the end of the year scientists started implementing and testing the system at large-scale industrial sorting facilities. The widespread roll-out of the technology is promoted through the Polymark consortium, which covers the entire value chain of the PET sector including PET producers, bottle fillers and recyclers across Europe.

More information: [www.polymark.org](http://www.polymark.org)



Prof. Dr. Harald Schenk

## MESOSCOPIC ACTUATORS AND SYSTEMS

Under the direction of Prof. Dr. Harald Schenk, scientists of the "Mesoscopic actuators and systems" (MESYS) workgroup are developing a new class of actuators. With electrostatic bending actuators, currently unresolved technical problems of MEMS actuators and sensors, e.g. spinning rate sensors, tilt sensors and acceleration sensors can be solved. In addition to the sensor applications, media can also be directly moved. Micro-actuator moved plates and bars are used for the temporal and spatial deflection of light beams, for the movement of liquids and for the creation of ultrasound.

The class of electrostatic bending actuators being developed by MESYS, is supposed to drastically increase the efficiency of future micro systems, e.g. capacitive ultrasonic transducers, tilting micro mirrors and micro valves. In addition, this actuator class allows for a whole new kind of design solutions for micro pumps, MEMS loudspeakers or micro positioning systems. The future work of Prof. Dr. Schenk is to concentrate on the development of new micro valves, micro pumps and micro dosage systems. These micro components are used in micro fluidic systems for micro biology and medical technologies on so-called "Labs-On-A-Chip". Further applications include cooling circuits in refrigerators, air conditioning systems and micro-processors.

Based at the BTU Cottbus and the Fraunhofer IPMS Dresden, the works of the MESYS project group are supported by the Ministry of Science and Culture MWFK of the state of Brandenburg as well as the Federal Ministry of Education and Science BMBF (Grant number: 16V0297).

## MESOSKOPISCHE AKTOREN UND SYSTEME

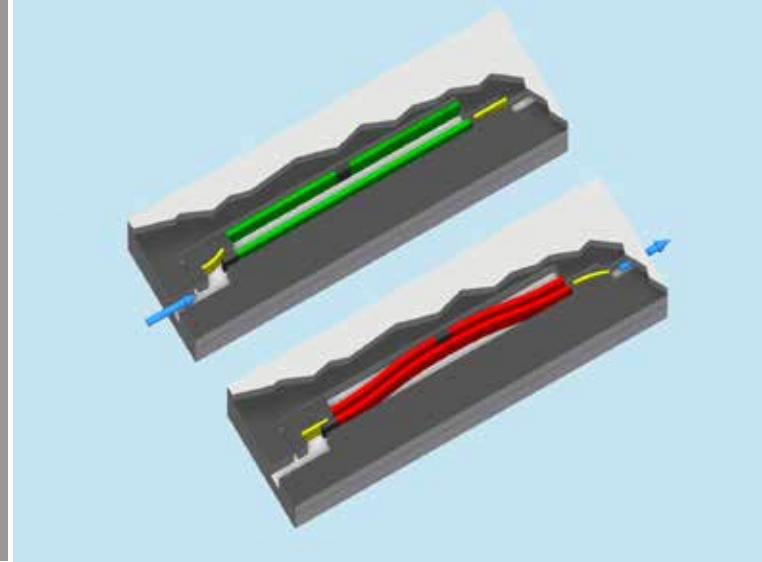
Unter der Leitung von Prof. Dr. Harald Schenk arbeiten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in der Projektgruppe »Mesoskopische Aktoren und Systeme« (MESYS) an einer neuartigen Aktorklasse. Mit diesen elektrostatischen Biegeaktoren können bisher ungelöste technische Probleme von MEMS-Aktoren und -sensoren, wie beispielsweise Drehratensensoren, Neigungssensoren oder Beschleunigungssensoren, überwunden werden. Neben sensorischen Anwendungen können auch Medien direkt bewegt werden. Durch Mikroaktoren bewegte Platten oder Balken werden zur zeitlichen und räumlichen Ablenkung von Lichtstrahlen, zur Bewegung von Flüssigkeiten oder zur Erzeugung von Ultraschall verwendet.

Die durch MESYS entwickelte Klasse elektrostatischer Biegeaktoren soll zukünftig die Leistungsfähigkeit von Mikrosystemen, wie beispielsweise kapazitive Ultraschallwandler, Mikrokippspiegel und Mikroventile stark verbessern. Außerdem eröffnet die Aktorklasse völlig neuartige Designlösungen für Mikropumpen, MEMS-Lautsprecher oder Mikropositioniersysteme. Die zukünftigen Arbeiten von Prof. Dr. Schenk konzentrieren sich auf die Entwicklung neuartiger Mikroventile, Mikropumpen oder Mikrodosiersysteme. Diese Mikrokomponenten kommen in Mikrofluidiksystemen für die Mikrobiologie und Medizintechnik – den so genannten Lab-on-a-Chip zum Einsatz. Darüber hinaus ist der Einsatz in Kühlkreisläufen für Kühlschränke, Klimaanlage und Mikroprozessoren möglich.

Die Arbeiten der Projektgruppe MESYS mit Sitz an der BTU in Cottbus und am Fraunhofer IPMS in Dresden werden durch das Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg und durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (Förderkennzeichen: 16V0297) gefördert.

- ◀◀ Initial electrostatic bending actuators shown with the help of a scanning electron microscope.

Simplified representation of a MEMS-based micro-pump based on the NED approach. The picture shows undeflected bender actuators (green), NED-deflected bender actuators (red) as well as input and output valves (yellow).



NEUES AKTORISCHES PRINZIP IM FACHMAGAZIN  
»NATURE« VERÖFFENTLICHT

In enger Zusammenarbeit zwischen dem Fraunhofer IPMS und der BTU Cottbus-Senftenberg arbeitet die Projektgruppe MESYS seit 2012 an neuartigen elektrostatischen Mikroaktoren – sogenannte nanoskopische elektrostatische Antriebe (engl. nanoscopic electrostatic drives, NED). Am 11. Dezember 2015 wurde dieser wissenschaftliche Ansatz erstmalig durch eine Publikation in »Nature Communications« der Öffentlichkeit vorgestellt.

Die patentierte, CMOS-kompatible Aktorklasse löst fundamentale Probleme elektrostatischer Aktoren. Bisher war hier die Auslenkung aufgrund des sogenannten Pull-In-Effekts stark eingeschränkt und die Bewegung herkömmlicher Aktoren auf ca. 33 Prozent des Elektrodenabstands begrenzt. Dieses Problem ist nun gelöst: Durch geeignete Hebelmechanismen sind nun Auslenkungen erreichbar, die wesentlich größer als der Elektrodenabstand sind. Es können somit nanometerkleine Elektrodenabstände genutzt und dadurch die enormen Kräfte elektrostatischer Felder für die Aktorik zugänglich gemacht werden.

Das Prinzip soll nun für eine Bewegung in der Chipebene weiterentwickelt werden. Perspektivisch sollen die neuen elektrostatischen Biegeaktoren auch piezoelektrische oder elektrostriktive Materialien ersetzen oder ergänzen. Dies würde dann RoHS-konforme Biegeaktoren ermöglichen. Der Artikel (englisch) ist als Open Access unter folgender URL frei abrufbar:



NEW ACTUATOR PRINCIPLE PUBLISHED IN  
"NATURE" MAGAZINE

In close collaboration with the Fraunhofer IPMS and the BTU Cottbus-Senftenberg, the MESYS workgroup has been developing a new kind of electrostatic micro actuators – the so-called nanoscopic electrostatic drives (NED) since 2012. On December 11, 2015, this scientific approach was presented to the public for the first time via an article in the scientific magazine titled "Nature Communications".

The patented, CMOS-compatible actuator class resolves fundamental problems of electrostatic actuator. Until now, deflection was massively reduced due to the so-called pull-in-effect, decreasing the movement abilities of current actuators to 33 percent of the distance between the two electrodes. Using adequate lever mechanisms, deflections far greater than the electrode distance are now possible allowing for the usage of nanometer scale electrode distances and subsequently providing actuators the enormous powers of electrostatic fields.

It is now planned to enhance this principle at the chip level. The new electrostatic bending actuators should perspectiveally supplement or replace electrostrictive materials in order to also facilitate RoHS conform bending actuators. The article can be accessed free of charge under the following link:

[www.nature.com/ncomms/2015/151211/ncomms10078/full/ncomms10078.html](http://www.nature.com/ncomms/2015/151211/ncomms10078/full/ncomms10078.html)



Dr. Frank Deicke

## WIRELESS MICROSYSTEMS

The business unit "Wireless Microsystems" provides product-related partial and complete solutions for customer- and application-specific problems of hard- and software. This includes optical wireless communication (Li-Fi), maintenance-free and battery-free RFID sensor nodes, integrated interconnected systems, track and trace as well as big data and data analysis. Technological priorities lie in the development of components and modules for RFID and Li-Fi. Supported technology nodes for passive transponders are LF, HF, NFC and UHF. The focus is on antenna design, custom RF ASICs, sensor integration and interconnected RFID platforms via OPC UA. The developments of Li-Fi technology are divided into docking and hot spot solutions for data rates of a few kilobits per second up to the current maximum transmission rate of 12.5 Gbps. The aim is to replace plugs, cables and wireless technologies by performant, real-time optical wireless communication in various applications. Development focuses on optics, analog front ends, specific protocols and protocol adapters to easily connect Li-Fi solutions to existing infrastructure.

OPC UA coupled RFID sensor networks and real time location services in buildings provide the basis to develop user-specific value-added services. These services include indoor navigation, location-based services, locating assets in manufacturing, electronic lot traveller and production optimization, workforce management, preventive maintenance of equipment and much more. The needed skills and competencies are now being established by the "Smart Wireless Production" workgroup, launched in 2015.

## DRAHTLOSE MIKROSYSTEME

Das Geschäftsfeld »Drahtlose Mikrosysteme« liefert produktnahe Teil- und Komplettlösungen für kunden- und applikationsspezifische Problemstellungen von der Hardware bis zur Software. Dies umfasst optisch drahtlose Kommunikation (Li-Fi), wartungsfreie und batteriefreie RFID-Sensorknoten, integrierte vernetzte Systeme, Track and Trace sowie Big Data und Datenanalyse. Technologische Schwerpunkte bilden die Entwicklung von Komponenten und Modulen im Bereich RFID und Li-Fi. Unterstützte Technologieknotten für passive Sensortransponder sind LF, HF, NFC und UHF. Fokussiert wird sich auf Antennendesign, kundenspezifische Hochfrequenz-ASICs, Sensorintegration und vernetzte RFID-Plattformen mittels OPC-UA. Die Entwicklungen der Li-Fi-Technologie teilen sich in Docking- und Hotspot-Lösungen für Datenraten von wenigen kBit/s bis aktuell 12,5 GBit/s. Ziel ist es Stecker, Kabel und Funktechniken durch performante, echtzeitfähige optisch drahtlose Kommunikation in verschiedenen Anwendungen zu ersetzen. Entwicklungsschwerpunkte sind Optiken, analoge Frontends und spezielle Protokolle und Protokolladapter, um Li-Fi-Lösungen leicht an bestehende Infrastruktur anbinden zu können.

Über OPC-UA gekoppelte RFID-Sensornetzwerke sowie Echtzeitortungstechnologien in Gebäuden bieten die Grundlage für nutzerspezifische Forschungsdienstleistungen. Dies sind beispielsweise Indoornavigation, ortsbezogene Dienste, Ortung von Assets in der Fertigung, elektronische Losbegleitscheine und Fertigungs-optimierung, Personaleinsatzplanung, vorbeugende Wartung von Equipment u. v. m. Die dafür notwendigen Kompetenzen werden durch eine 2015 neu gegründete Gruppe »Smart Wireless Production« aufgebaut.

- ◀◀ In particular, for machine to machine communication the Li-Fi interconnect technology offers greater reliability and security.

Li-Fi board-to-board communication. ▶




---

### LI-FI INTERCONNECT STATT KABEL UND STECKER

---

Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IPMS wollen zukünftig verschleißanfällige drahtgebundene Feldbusssysteme oder Hochfrequenzsteckverbindungen durch Li-Fi-Kommunikationsmodule ersetzen. Die optische Technologie macht es möglich, Daten im Halb- und Vollduplexbetrieb mit einer Geschwindigkeit von bis zu 12,5 Gigabit pro Sekunde auf kurzen Distanzen zu übertragen. Der Transceiver steht Kabel- oder Steckverbindungen in nichts nach und ist auch gegenüber verfügbaren Funklösungen bis zu zehnmal schneller. Weitere Vorteile sind die vernachlässigbaren Bitfehlerraten ( $<10^{-11}$ ) sowie der niedrige Energiebedarf. Geeignet ist der neuartige Transceiver vor allem für Industrieanwendungen, bei denen große Datenmengen sehr schnell übertragen werden müssen und die Steckverbindungen den mechanischen Anforderungen oder der Zuverlässigkeit nicht mehr genügen.

Mit dem Know-how im Bereich Optikdesign, Hochfrequenz-Elektronikdesign, Aufbau- und Verbindungstechnik, Hochfrequenz-Messtechnik und optischer Messtechnik ist es im Jahr 2015 gelungen, noch flexibler auf die Anforderungen der Kunden zu reagieren. So ist es beispielsweise möglich, die Größe der vorhandenen Prototypen zu optimieren oder Reichweite und Ausrichtung anwendungsspezifisch anpassen. Die Technologie des Fraunhofer IPMS kann bereits erprobt werden. Für Datenraten von 1, 5 und 10 GBit/s bietet das Institut Testsysteme an. Die Li-Fi Interconnect-Technologie wurde 2015 auf der Optical Fiber Conference in Los Angeles sowie der European Conference on Optical Communication ECOC präsentiert.

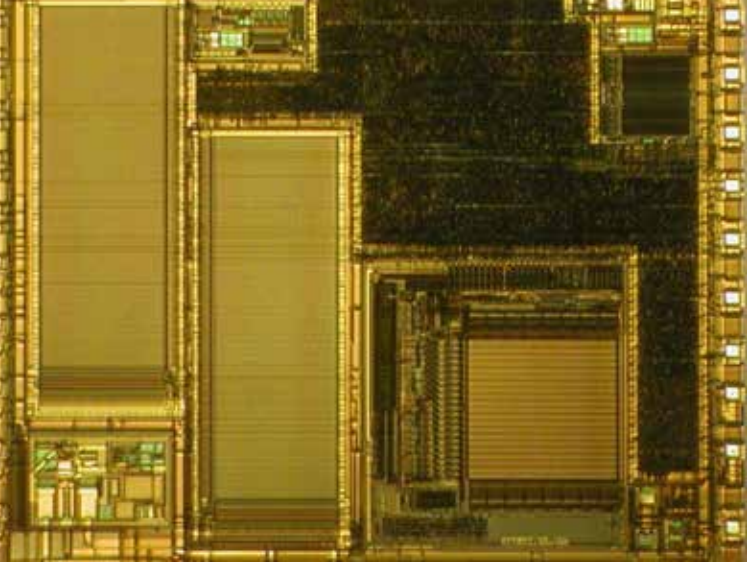
---

### LI-FI INTERCONNECT INSTEAD OF PLUGS AND CABLES

---

In the future, scientists at the Fraunhofer IPMS want to replace wired fieldbus systems or HF connectors that are subject to wear with Li-Fi communication modules. Optical technology makes it possible to transmit data in both half and full duplex modes at speeds of up to 12.5 gigabits per second over short distances. The transceiver replaces cable or plug connections and operates up to ten times faster than currently available wireless solutions. Other advantages include negligible bit error rates ( $<10^{-11}$ ), and low energy consumption. This unique transceiver is especially suitable for industrial applications in which large amounts of data need to be transmitted very quickly and where plug connections no longer meet requirements or provide the necessary level of reliability.

With the know-how in the field of optical design, high-frequency electronics, packaging as well as high-frequency and optical measurement and test, the scientists were able to flexibly react to the needs of the customers. For example, optimize the size of existing prototypes or customize application-specific range and alignment. The Fraunhofer IPMS technology can already be tested and the institute currently offers evaluation kits for data rates of 1, 5 and 10 Gbps. In 2015, visitors of the Optical Fiber Conference OFC in Los Angeles as well as the European Conference on Optical Communication ECOC had the chance to examine the Li-Fi interconnect technology.



◀ Transponder ASIC with Fraunhofer IPMS\_430 core.

UHF RFID Tag. ▶

Sensor nodes can be customized to fit the measurement environment. ▶▶

### CAN FD IP CORE

---

For about 20 years, the CAN (Controller Area Network) protocol has been the dominating bus system for automobiles. Whether addressing efficient digital motor control or the regulation of functions such as lighting, climate control, power windows, navigation systems, indicators, tire pressure monitoring, anti-lock braking systems or electronic stability control, the low-cost CAN enables the flawless and reliable communication between different control, sensor and multimedia units.

As an enhancement of the established CAN 2.0B standard, the Fraunhofer IPMS core supports both the ISO CAN FD as well as the non-ISO CAN FD. In addition to this enhancement, which also allows for the connectivity of complex electronic control units with greater data throughput, the Fraunhofer IPMS CAN FD IP core developed in 2015 provides other useful functions which support the host processor in the management of the IP core communication. The transmit buffer of the IP core can be operated in first-in-first-out or priority mode. Here, messages of higher priority are automatically sent out first. In addition, the core supports time-triggered CAN (TTCAN) according to ISO 11898-4. With that, it is possible to set time frames for sending messages at defined time points and mark received messages with a time-stamp. Communications network designers can thus ensure that data from individual control units is available in real time. Although primarily used in the automotive industry, CAN 2.0B and CAN FD protocols are by no means limited to this sector.

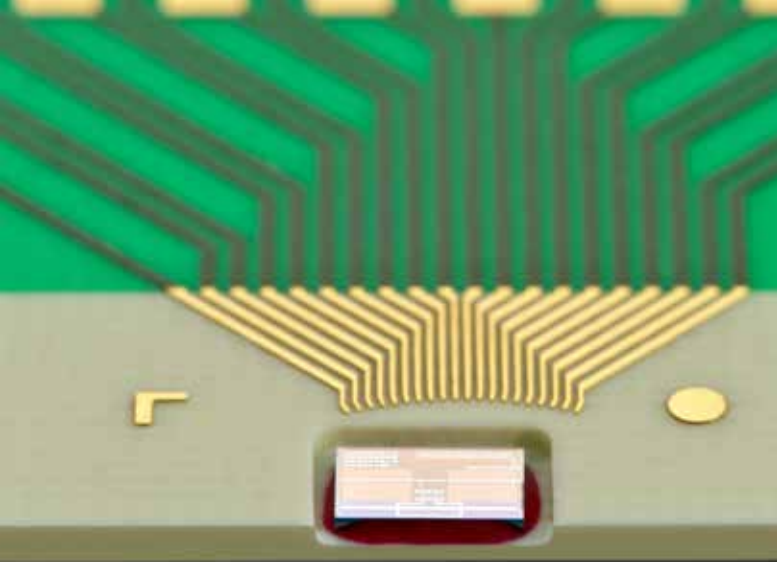
### CAN FD IP-CORE

---

Das CAN (Controller Area Network)-Protokoll ist seit etwa 20 Jahren das dominierende Bussystem im Auto. Egal, ob es um eine effiziente digitale Motorsteuerung geht oder Funktionen wie Beleuchtung, Klimaautomatik, Fensterheber, Navigationssysteme, Anzeigeelemente, Reifendruckmessung, Antiblockiersysteme oder elektronische Stabilitätskontrolle zu steuern sind, das kostengünstige CAN macht es möglich, dass unterschiedlichste Steuergeräte, Sensoreinheiten und Multimediaeinheiten fehlerfrei und verlässlich miteinander kommunizieren.

Als Erweiterung zum etablierten CAN 2.0B Standard unterstützt der Kern des Fraunhofer IPMS sowohl ISO als auch Nicht-ISO CAN FD (CAN mit flexibler Datenrate). Neben dieser Erweiterung, die eine Vernetzung auch komplexerer elektronischer Steuergeräte mit größerem Datendurchsatz ermöglicht, bietet der im Jahr 2015 weiterentwickelte CAN FD IP-Core weitere nützliche Funktionen, die den Host-Prozessor bei der Verwaltung der Kommunikation des IP-Cores unterstützen. Der Transmit-Buffer des IP-Cores kann wahlweise im First-In-First-Out-Modus oder im Prioritäten-Modus betrieben werden. Hier werden automatisch Nachrichten mit höherer Priorität zuerst versendet. Außerdem unterstützt der Kern zeitgesteuertes CAN (TTCAN) nach ISO 11898-4. Damit sind Zeitfenster für das Versenden von Nachrichten zu definierten Zeitpunkten und die Markierung von empfangenen Nachrichten mit einem Zeitstempel möglich. Designer von Kommunikationsnetzen können so sicherstellen, dass Daten einzelner Steuereinheiten in Echtzeit zur Verfügung stehen. CAN 2.0B und CAN FD-Protokolle werden zwar vorrangig im Automobilbereich eingesetzt, sind jedoch bei weitem nicht auf diesen Industriezweig beschränkt.





---

### WARTUNGSFREIE SENSORKNOTEN FÜR DAS INTERNET DER DINGE

---

Das »Internet der Dinge« macht es möglich, riesige Mengen industrieller Logistik- und Fertigungsdaten automatisiert ins Web zu speisen und dort mit nahezu unbegrenzten Rechenressourcen zu analysieren und weiterzuverarbeiten. So können komplexe Fertigungsabläufe ferngesteuert organisiert oder die Zuweisung von Ressourcen in Echtzeit optimiert werden. Voraussetzung dafür sind intelligente Sensornetzwerke, die aus einer Vielzahl von Sensorknoten bestehen.

Optimalerweise arbeiten Sensorsysteme drahtlos, da eine feste Verkabelung insbesondere bei einer hohen Sensordichte den Installationsaufwand erhöht und die Messergebnisse beeinflussen kann. Gleichzeitig benötigen die Sensorknoten eine zuverlässige Stromversorgung, da in der Industrie großflächige Messungen zumeist über mehrere Jahre hinweg durchzuführen sind. Batteriebetriebene Systeme, wie sie heute verbreitet sind, sind wegen der begrenzten Batterielebensdauern ungeeignet, da der ständige Wechsel der Batterien den Wartungsaufwand erhöht und zudem Messergebnisse verfälschen kann. Beide Probleme (die Verkabelung und der nötige Batterieaustausch) können durch Einsatz der am Fraunhofer IPMS im Jahr 2015 weiterentwickelten Radio Frequency Identification (RFID)-Sensorknoten vermieden werden. Die Sensortransponder beziehen die Leistung, die zum Betrieb notwendig ist, vom abgestrahlten elektromagnetischen Feld des Readers. Sie sind klein, robust und flexibel einsetzbar, modular aufgebaut und können mit beliebigen Sensoren je nach Kundenanforderungen bestückt werden.

---

### MAINTENANCE-FREE SENSOR NODES FOR THE INTERNET OF THINGS

---

The "Internet of Things" makes it possible to automatically feed huge amounts of industrial logistics and manufacturing data into the web where it can be analyzed and processed with virtually unlimited computational resources. This enables complex production processes to be organized or the allocation of resources to be optimized via remote control in real time. Intelligent sensor networks made up of a multitude of sensor nodes are prerequisite.

In optimal cases, sensor systems are wireless because fixed cabling increases installation time and cost, particularly in cases with a high sensor density, and can influence measurement results. In addition, due to limited battery lifetime and the changing of batteries increasing maintenance needs and distorting measurement results, battery-powered systems used today are unsuitable, as sensor nodes rely on a dependable power supply to carry out continuous large-scale industrial measurements over several years. Both issues (wiring and necessary battery replacement) can be eliminated by implementing Radio Frequency Identification (RFID) sensor nodes developed at the Fraunhofer IPMS. The sensor transponders obtain the power for operation from the radiated electromagnetic field of the reader. They are small, robust and can be deployed flexibly. Therefore, the sensor nodes are modularly built and can be arbitrarily equipped with sensors according to individual customer needs.



Dr. Romy Liske

Scientist at 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.

The newly founded group Non-volatile Memories (NVM) investigates CMOS-compatible ferroelectric materials and non-volatile memory solutions for the semiconductor market. In addition, there are various non-destructive metrology processes, scanning electron microscopy (SEM), transmission electron microscopy (TEM) and further specialized analysis options as well as a process module for flexible maskless production and analysis of micro and nano structures (E-Beam).

### 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 neu gegründeten Arbeitsgruppe Non-volatile Memories (NVM) forscht das CNT an nichtflüchtigen Speicherlösungen, wie z.B. skalierbaren ferroelektrischen Speichern. Hinzu kommen verschiedene zerstörungsfreie Metrologieverfahren sowie Rasterelektronenmikroskopie (REM), Transmissionselektronenmikroskopie (TEM) und weitere spezielle Analysemöglichkeiten sowie ein Prozessmodul zur flexiblen, maskenlosen Herstellung und Analyse von Mikro- und Nanostrukturen (E-Beam).



---

### 300 MM SCREENING FAB

---

Das Geschäftsfeld CNT bietet unter dem Namen »Screening Fab« eine etablierte 300 mm Testumgebung für Zulieferer, Materialentwickler und Anlagenhersteller. Unter Industriebedingungen werden dabei neue Produkte und Prozesse vom Labor- in den Industriemaßstab überführt und für den direkten Einsatz in der Halbleiterproduktion optimiert.

Bei der Herstellung von Mikro- und Nanoelektronik auf Wafermaßstab sind das Equipment, die Prozessparameter sowie die Verbrauchsmaterialien entscheidende Faktoren. Eine Prüfung bzw. Anpassung von neuen Produkten oder Prozessen direkt in der Produktionsumgebung ist dabei jedoch oft mit hohen Risiken und Kosten verbunden. Die Screening Fab stellt hier das Bindeglied dar und bietet unabhängige Evaluierungen, komplette Versuchsreihenkontrolle durch erfahrene Wissenschaftler und eine Vielzahl von industriestandardisierten Vor- und Nachprozessierungen. 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 Elektrolytevaluation, das Testen neuer Präkursoren für die ALD, die CMP-Prozessentwicklung und Verbrauchsmitteluntersuchung sowie die Einführung von neuen Materialien für die Halbleiterherstellung. Ein eigener Reinraum sowie modernste Analyse- und Messmethoden stehen für die Integration neuer Materialien, Prozesse und Konzepte zur Verfügung. [www.screening-fab.com](http://www.screening-fab.com)

---

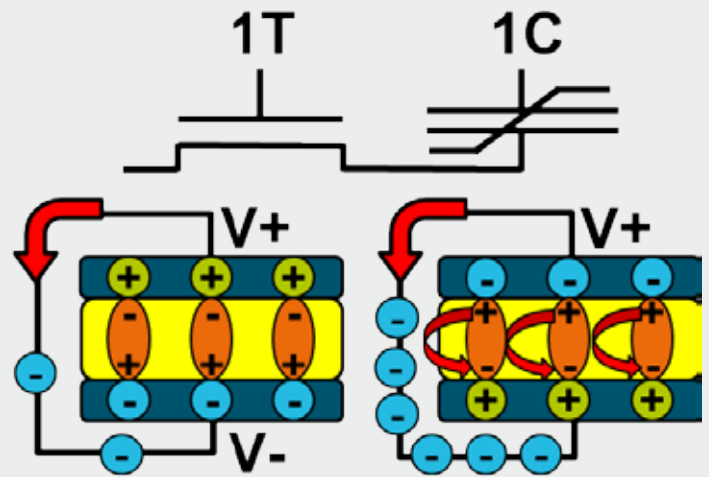
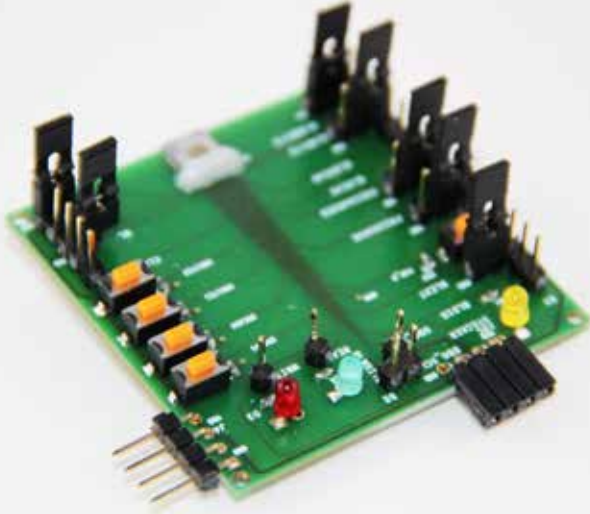
### 300 MM SCREENING FAB

---

Under the name "Screening Fab", the business unit CNT offers a test environment for suppliers, material developers and facility producers. New products and processes are transferred according to industry conditions from laboratory to industrial scale.

The production of micro and nano electronics on the scale of wafers, equipment, process parameters as well as disposables are key factors. Proofing and/or adapting new products or processes directly in the production environment is usually bound to high risks and costs. Screening Fab provides the missing link and offers independent evaluations, complete process chain control by experienced scientists and a number of industry standardized pre- and post-processing. Matters of investigation are film thickness, uniformity, film morphology, chemical composition and impurity, electrochemical properties of electrolyte solutions and additives as well as the electrical characterization of functional layers and layer stacks.

Current applications include, for example, the study of wet etching and cleaning chemicals, ECD additives, the electrolyte evaluation, testing new precursors for ALD, the CMP process development and consumables investigation and the introduction of new materials for semiconductor manufacturing. A separate clean room and modern analysis and measurement methods are available for the integration of new materials, processes and concepts. [www.screening-fab.com](http://www.screening-fab.com)



### FERROELECTRIC MATERIALS IN NON-VOLATILE DATA STORAGE DEVICES

For the growing market of miniaturized applications, e.g. sensors and RFID tags, cost-efficient and power-saving CMOS chips are needed. The "Non-volatile Memories" (NVM) CNT group thus investigates the usage possibilities of different CMOS compatible, ferroelectric materials in semi-conductor production. Because of the complexity of the processes and CMOS interdependencies, there is still a big need for scientific exploration towards broad usage of the technology in the field of chip production.

In cooperation with the business unit Wireless Microsystems, a first demonstration of the use of these hafnium-based materials in non-volatile FRAM data storage devices was conducted. The triggering of 64 bit cells including the digitizing of data over an I<sup>2</sup>C interface on an application-specific integrated circuit (ASIC) was performed on a test platform. Product-related test environments can now be projected on the FRAM storage cell.

Controlling the chip via the robust complementary bit technology facilitates a storage depth of 32 bit on the test chip. In addition, ferroelectric materials can now easily connect with the ASIC using wire bonds allowing for simple analysis of materials. The results of the test environment will be used from now on to establish the full integration of FRAM bit cells in future industry projects on CMOS wafers and their production process.

### FERROELEKTRISCHE MATERIALIEN IN NICHTFLÜCHTIGEN DATENSPEICHERN

Für den wachsenden Markt an miniaturisierten Anwendungen, wie beispielsweise Sensoren oder RFID-Tags, werden kostengünstige und stromsparende CMOS-Chips mit nichtflüchtigen Speichern benötigt. Die Gruppe Non-volatile Memories (NVM) untersucht deshalb am CNT Einsatz- und Anwendungsmöglichkeiten verschiedener CMOS-kompatibler, ferroelektrischer Materialien in der Halbleiterproduktion. Aufgrund der Prozesskomplexität und der CMOS-Wechselwirkungen besteht auf diesem Gebiet noch ein hoher Forschungsbedarf für den breiten Einsatz solcher Materialien in der Chipherstellung.

In Zusammenarbeit mit dem Geschäftsfeld Wireless Microsystems konnte 2015 erstmals die Verwendung dieser Hafniumoxid-basierten Materialien in nichtflüchtigen FRAM-Datenspeichern erfolgreich demonstriert werden. Auf einer Testplattform wurde die Ansteuerung von 64 FRAM-Bitzellen einschließlich Digitalisierung der Daten über ein I<sup>2</sup>C Interface auf einer anwendungsspezifischen, integrierten Schaltung (ASIC) realisiert. Dies ermöglicht die Abbildung produktnaher Testbedingungen auf der FRAM Speicherzelle.

Durch die Ansteuerung mittels robuster Komplementärbit-Technologie steht auf diesem Testchip eine Speichertiefe von 32 Bit zur Verfügung. Weitere ferroelektrische Speichermaterialien können nun problemlos mittels Drahtbonds mit dem ASIC verbunden und auf ihre Eigenschaften untersucht werden. Die Erkenntnisse der Testumgebung werden ab sofort dazu genutzt, um in zukünftigen Industrieprojekten eine vollständige Integration von FRAM-Bitzellen auf CMOS-Wafern im Produktionsprozess zu etablieren.

- ◀◀ FRAM Testboard with mounted FRAM chip, ASIC actuator and I<sup>2</sup>C-based testinterface.
- ◀ Scheme of a 1T1C-FRAM cell – the information (here: 1 bit) is stored through application of a positive or negative voltage and is saved remanent as polarization (dipole) in FRAM capacitor.

Aegis-I Wafer Inspection System – defect inspection tool for patterned and unpatterned 200/300 mm wafers at CNT. ▶



### ----- WAFER-DEFEKT-INSPEKTION MIT KOMBINIERTER HELLFELD- UND DUNKELFELDDANWENDUNG -----

Die Interconnects Gruppe des Geschäftsfelds CNT evaluiert zusammen mit dem südkoreanischen Hersteller NextIn ein neues Defekt-Inspektionsgerät für strukturierte und unstrukturierte 200 mm und 300 mm Wafer in der Chipfertigung und testet verschiedene Wafertypen nach verschiedenen Prozessschritten.

Das neue Gerät wird hinsichtlich der Qualität der optischen Detektion im Vergleich zu etablierten Methoden in der Fertigung untersucht. Weiterhin wird die automatische Klassifizierung und die Charakterisierung von verschiedenen Defekttypen unter Realbedingungen getestet. Eine Besonderheit des Aegis-I Wafer Inspection Systems ist die kombinierte Anwendung von Hellfeld- und Dunkelfeld-Bildgebung in einer einzigen Maschine, was eine erhebliche Reduzierung von Investitionen in das Analytik-Equipment für Halbleiterproduzenten ermöglicht.

Die Zusammenarbeit mit dem asiatischen Hersteller umfasst sowohl software- als auch hardwareseitige Verbesserungen an dem Gerät, wodurch eine konkurrenzfähige Alternative für die Metrologie in 2x nm Technologieknoten marktfähig gemacht werden konnte, die für die Erforschung und Entwicklung von nanoelektronischen Prozessen von entscheidender Bedeutung ist.

Das CNT führt damit die erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen Halbleiterindustrie und angewandter Forschung im Bereich der 200 mm und 300 mm Wafertechnologie fort, die Herstellern die industrielle Umsetzung von neuen Entwicklungen ermöglicht.

### ----- WAFER DEFECT INSPECTION WITH COMBINED BRIGHTFIELD AND DARKFIELD APPLICATIONS -----

Together with South-Korean manufacturer NextIn, the CNT interconnections group evaluates a new defect inspection device for structured and non-structured 200 mm and 300 mm wafers in chip production and tests different wafer types after diverse production steps.

The new device is checked for quality optical detection as compared to established methods already in the production process. Furthermore, the automatic classification and characterization of different defect types is tested under real conditions. A specialty of the Aegis-I wafer inspection system is the combined use of brightfield and darkfield imaging in a single device to drastically reduce investment necessary for analytics equipment for semi-conductor production.

The cooperation with the Asian manufacturer includes software and hardware improvements on the device, creating a competitive and marketable alternative to the metrology in the 2x nm technology nodes, being important for the development and exploration of nano-electric processes.

Therefore, the CNT continues this successful cooperation between the semi-conductor industry and applicative science in the field of 200 mm and 300 mm wafer technology, enabling producers to realize new industrial developments.

---

---

**MEMS Technologies Dresden**

# **MEMS Technologies Dresden**





Dr. Matthias Schulze

## 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 Einzelprozess-entwicklungen 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)	
	Silicon nitride	Passivation, membranes
LP-CVD	Poly-silicon	Trench fill, sacrificial layer
	Silicon oxide, oxinitride	Insulator, membranes
	Silicon nitride, low stress silicon nitride (200 MPa)	Dielectrical layer, membranes, masking layer
PVD Sputtering	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
	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Optical coatings, barriers
	a-Si	Sacrificial layer
Evaporation	Al, SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
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

---

The Fraunhofer IPMS operates a 15,000 square foot clean room for all customer technology development requirements, as well as pilot fabrication. Our MEMS and CMOS facility is rated at Class 4 according to ISO 14644-1 and Class 10 according to U.S. Standard 209E. We at Fraunhofer IPMS are open for a wide variety of cooperation models from complete research and development over direct customer use of our infrastructure and facilities, to foundry services for individual process steps, entire process modules, or complete pilot production projects. The clean room was planned and constructed according to the latest industry standards. With the extension of our process technology to the 200 mm wafer standard in the fourth quarter of 2015, we are able to create the conditions necessary to remain an attractive R&D service provider for More-than-Moore technologies.

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.

To achieve commercial-grade results from chip to integrated system, our Fabrication team of 45

### Reinraum & Pilotfertigung

---

Das Fraunhofer IPMS betreibt einen 1500 m<sup>2</sup> großen MEMS-Reinraum der Klasse 4 nach ISO 14644-1 (Klasse 10 nach US-Standard 209E), um den Wünschen unserer Kunden von der Idee über die Lösungsfindung bis hin zur Pilotfertigung 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. Der Reinraum wurde nach modernsten Industriestandards geplant und errichtet. Mit der im vierten Quartal 2015 begonnenen Erweiterung unserer Anlagentechnik auf den 200mm-Waferstandard schaffen wir die Voraussetzungen, um ein attraktiver F&E-Dienstleister für More-than-Moore-Technologien zu bleiben.

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. Um den Anforderungen unserer Kunden hinsichtlich unserer Wertschöpfung ausgehend vom Wafer über den Chip bis zum System gerecht zu werden, haben wir ein Team aus 45 Operatoren, Meistern, Technikern und Ingeni-

◀◀ Process preparation at high temperature furnace.

Maintenance assist at dry etch area. ▶



euren, das sich in folgende Verantwortungsbereiche gliedert:

- Operating im Dreischichtbetrieb (5-Tage x 24 h)
- Instandhaltung für Wartung und Reparatur im Zweischichtbetrieb
- 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 große Flexibilität, hohe Testabdeckung und hohen Durchsatz ermöglichen.

Die qualitätsgerechte Realisierung unseres High-Mix/Low-Volume-Ansatzes sichern wir durch ein PPS integriertes Qualitätsmanagement (ISO 9001), welches neben engmaschiger Prozessüberwachung und aktiver Durchlaufzeit-Steuerung, zur hohen Zuverlässigkeit und Liefertreue beiträgt.

operators, supervisors, technicians and engineers is organized into the following areas of responsibility:

- Operations: 5 x 24 operations (three shifts)
- Maintenance and repair (two shifts)
- 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 allow for great flexibility, coverage and throughput.

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 200 GEN 3   SUSS	⊙
	Coater / Developer 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)	Centura   Applied Materials	○
	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> , SiO <sub>2</sub> , HfO <sub>2</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   SPTS	○
	Evaporation (Al, SiO <sub>2</sub> )	PLS 570   Balzers	⊙
<b>Furnaces</b>	Horizontal Furnace (Metal Anneal)	Inotherm	○
	Horizontal Furnace (Oxide, Diffusion, Anneal)	Inotherm	○
	Horizontal Furnace POCl <sub>3</sub> Doping	Inotherm	○
	Horizontal Furnace Reflow	Inotherm	○
	RTA/RTP	Heatpuls 8108   Metron	○
<b>Dry Etch</b>	Etch (Oxide, Nitride, Poly-Si, Deep Si)	Omega fxP   SPTS	○
	Etch (Oxide, Nitride, Deep Si)	Omega fxP   SPTS	●
	Etch (Al alloys)	TCP 9600   LAM	○
	Etch (Deep Si)	Omega i2L   SPTS	⊙
	Resist Strip	Plasma System 300   PVA Tepla	⊙
	Resist Strip	NEO 2000   Trymax	⊙
<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	○
	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	V-VASE (190 ... 1700 nm)   Woollam	⊙
	X-Ray Diffractometer	D5000   Siemens	⊙
	Surfscan Particle Inspection Analyzer	Surfscan 6220   KLA-Tencor	⊙
FTIR Microspectroscopy System	FTIR6700+Continuum   ThermoFischer	⊙	
<b>Packaging</b>	Wafer Saw	DAD 651   Disco	⊙
	Bonder (Anodic and adhesive bonding)	SB6e   SUSS	○
	Bond Aligner	BA6   SUSS	○
	Dispenser	Schiller	○

## Equipment (cont.)

Test and Characterization	Equipment	Model	Manufacturer	Icon
	Mixed-Signal Tester	M3650, M3670-Falcon	Advantest	⊙
	Sensor Actuator Test System	AP200	Cascade	○
	Automatic Inspection System	PA200	Cascade	⊙
	Parametric Test System	S530 basic	Keithley	⊙
	Electro-optical Test and Characterization System	PA300	Cascade	⊙
	Wafer Prober 6" / 8"	EG4090μ	EG Systems	⊙
Wafer handling & logistics	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	176 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 $E_{\text{const}}$ (TDDDB)	Breakdown field; Weibull plot; time/charge to breakdown
	$J_{\text{ramp}}$ ; $J_{\text{const}}$	Time/charge to breakdown; breakdown voltage; Weibull plot

---

---

Center Nanoelectronic Technologies

# Center Nanoelectronic Technologies





---

### Services

---

The business unit CNT has its own infrastructure for process and material development on 300 mm wafers in its site 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 am Standort 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	Centura (Enabler, HART, DPS)   AMAT
	Etch	Centura (Enabler, Axiom)   AMAT
	Litho	SB3050DW   Vistec (50 kV 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

#### ALD Oxide, Nitrides

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

#### ALD Metal

TiN, TaN, NiN <sub>x</sub>	Electrode, gate, barrier	FEoL
----------------------------	--------------------------	------

#### CVD

TiN, Ni		FEoL
a-Si, poly Si, SiGe (epitaxial)	Source / drain	FEoL
Co, CoN <sub>x</sub>	Barrier, liner, seed	BEoL

#### PVD

Ta, TaN, Cu	Barrier, liner, seed	BEoL
-------------	----------------------	------

#### Spin-on

SiO <sub>2</sub> , low-k, Resist	Fill, hardmasks, dielectrics	FEoL / BEoL
----------------------------------	------------------------------	-------------

### Nanopatterning

#### Lithography

E-Beam (≤30 nm CD)	Direct write	FEoL / BEoL
Resist coating and development, top/bottom coating, special resists	Resist	FEoL / BEoL

#### Plasma Etch

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

#### Wet Etch

dHF, HotPhos	Oxide, nitride etch	FEoL
NH <sub>4</sub> OH	Silicon etch	FEoL
dHF	Oxide etch	BEoL

#### Cleaning

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

#### Electroplating

Cu	Dual damascene, bumps, TSV	BEoL
Cu coupons		Lab

#### CMP

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





◀ Participants of the strategy meeting. L.t.r. Prof. Dr. Johanna Wanka, Dr. Stefan Günther, Jun.-Prof. Dr. Iuliana Panchenko, Dr. Rutger Wijburg, Dr. Jörg Schieferdecker, Dr. Angela Merkel, Prof. Dr. Reimund Neugebauer, Stanislaw Tillich, Rudi De Winter, Prof. Dr. Hubert Lakner.

Official launch at the Fraunhofer IPMS. L.t.r.: Thilo von Selchow, Stanislaw Tillich, Prof. Dr. Reimund Neugebauer, Prof. Dr. Hubert Lakner, Prof. Dr. Hans Müller-Steinhagen, Prof. Dr. Arnold van Zyl. ▶

### CHANCELLOR ANGELA MERKEL VISITED FRAUNHOFER IPMS

On July 14, 2015, Chancellor Angela Merkel, Federal Minister for Education and Research Johanna Wanka and Saxony's Prime Minister Stanislaw Tillich visited Dresden to gather information about the current developments and strategic importance of microelectronics in Germany and Europe. After appointments on site at Globalfoundries and Infineon Technologies Dresden, a strategy meeting addressing market trends, future research topics and the innovation landscape took place at the Fraunhofer IPMS with representatives from both industry and science. Behind closed doors, the small circle of invited discussion participants were able to illustrate the lighthouse function of Saxony in the semiconductor industry and provide an outlook as to which technological developments can be implemented in the future and what new business models, especially in terms of "Industrie 4.0", can be realized.

In her closing statement, Chancellor Merkel recognized the interconnectedness of the various activities as a particular strength of Saxony as a location for industry and once again underscored the importance of the region as a high-tech location for Germany and Europe to be further promoted largely through national and European initiatives. Along the same line, Minister Wanka announced the launch of a new federal framework program to promote research and innovation in microelectronics. Designed by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF), the program will be funded with a volume of 400 million euros until 2020.

### BUNDESKANZLERIN ANGELA MERKEL ZU GAST AM FRAUNHOFER IPMS

Am 14. Juli 2015 besuchten Bundeskanzlerin Angela Merkel, Bundesministerin für Bildung und Forschung Johanna Wanka und Sachsens Ministerpräsident Stanislaw Tillich Dresden, um sich über aktuelle Entwicklungen in der Mikroelektronik zu informieren und über deren strategische Bedeutung für Deutschland und Europa zu diskutieren. Nach Vor-Ort-Terminen bei Globalfoundries und Infineon Technologies Dresden fand am Fraunhofer IPMS ein Strategiegespräch über Marktentwicklungen, künftige Forschungsthemen und die Innovationslandschaft mit Vertretern aus Industrie und Wissenschaft statt. In kleinem Kreis und unter Ausschluss der Öffentlichkeit konnten die Gesprächsteilnehmer die Leuchtturm-Funktion Sachsens im Bereich der Halbleiterindustrie aufzeigen und einen Ausblick darauf geben, welche technologische Entwicklungen zukünftig zur Anwendung gebracht und welche neuen Geschäftsmodelle, gerade auch in Bezug auf Industrie 4.0, verwirklicht werden können.

In ihrem abschließenden Statement stellte die Kanzlerin die Vernetzung der verschiedenen Aktivitäten als besondere Stärke des sächsischen Standortes heraus und unterstrich noch einmal die Bedeutung der Region als Hightech-Standort für Deutschland und Europa, der durch entsprechende nationale und europäische Initiativen weiterhin in großem Maße gefördert werden soll. In diesem Zuge hat Bundesforschungsministerin Wanka ein neues Rahmenprogramm der Bundesregierung zur Förderung von Forschung und Innovation in der Mikroelektronik angekündigt. Das Programm soll durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit einem Volumen von 400 Millionen Euro bis 2020 ausgestattet sein.



-----

**FORSCHUNGSSTANDORT DRESDEN/CHEMNITZ  
AVANCIERT ZUM LEISTUNGSZENTRUM FÜR  
MIKRO- UND NANOELEKTRONIK**

-----

Die Fraunhofer-Institute IPMS, ENAS, IIS und IZM schlossen sich mit den Technischen Universitäten Dresden und Chemnitz sowie der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden zum Leistungszentrum »Funktionsintegration für die Mikro- / Nanoelektronik« zusammen. In enger Kooperation mit ansässigen Unternehmen sollen Forschungs-Know-how vertieft, Innovationen schneller in Anwendungen und Produkte umgesetzt und damit die Region gestärkt werden. Das Pilotvorhaben soll die Stärken von Forschung und Wirtschaft regional bündeln – neben fachlichen Projektarbeiten soll das Zentrum auch die Grundlage dafür schaffen, Ergebnisse effizient zu vermarkten sowie zentrale Anlaufstelle für weitere interessierte Kooperationspartner sein. Die Auftaktveranstaltung fand am 17. Juni 2015 im Fraunhofer IPMS statt.

Die Wirksamkeit des Leistungszentrums soll insbesondere eine intensive Beteiligung der Industrie belegen. Zum Projektstart haben bereits über 20 Firmen ein grundsätzliches Interesse bekundet, an dem Vorhaben mitzuwirken. Finanziert wird das Leistungszentrum während einer zweijährigen Pilotphase aus Mitteln des Freistaates Sachsen, der Fraunhofer-Gesellschaft sowie der Industriepartner. Die inhaltliche Arbeit des Leistungszentrums konzentriert sich vor allem auf mikroelektro-mechanische Systeme (MEMS) wie Sensoren und Aktoren sowie auf die Systemintegration in der Industrieautomation. Am Ende der Pilotphase soll durch die enge Vernetzung der Universitäten, Fraunhofer und der regionalen Industrie ein virtuelles Innovationszentrum entstehen.

-----

**RESEARCH LOCATION DRESDEN/CHEMNITZ  
BECOMES HIGH PERFORMANCE CENTER  
IN MICRO- AND NANO-ELECTRONICS**

-----

Fraunhofer IPMS, ENAS, IIS and IZM have joined the Technical Universities of Dresden and Chemnitz as well as the Dresden University of Applied Sciences in the "Functional Integration for Micro-/Nanoelectronics" High-Performance Center. In close cooperation with local companies, the partners set out to deepen research expertise and speed up innovation implementation in applications and products in order to strengthen the region. The pilot project plans to combine the regional strengths of research and industry – in addition to technical project work, the center should create the basis for marketing results effectively and efficiently as well as act as a central point of contact for new cooperation partners. The kick-off-event took place at the Fraunhofer IPMS on June 17, 2015.

The effectiveness of the high-performance center shall be demonstrated by an intensive industry involvement. To the project start, over twenty companies have expressed a basic interest to participate in the project. The high-performance center will be financed over a two-year pilot phase with funds coming from the Free State of Saxony, the Fraunhofer Gesellschaft and industrial partners. The technical work of the high-performance center mainly focuses on micro-electro-mechanical systems (MEMS) such as sensors and actuators as well as the implementation of systems in industrial automation. Through the close cooperation and networking of the universities, Fraunhofer and the regional industry, the pilot phase will end with the establishment of a virtual innovation center.



◀ Words of welcome on behalf of the Saxon State Government by Dr. Eva-Maria Stange, Minister for Science and the Arts.

Wafer processing (laser scribing and sorting) in the clean room for microsystems at Fraunhofer IPMS. ▶

#### INDUSTRIE 4.0: FRAUNHOFER IPMS AND HTW DRESDEN COOPERATE

---

Pooling their expertise in "Industrie 4.0", the Fraunhofer IPMS and the University of Applied Sciences (HTW) Dresden have come together to form the newly created working group "Smart Wireless Production" (SWP). The collaboration between the two research institutions was initiated in summer 2015 and officially inaugurated with guests from politics, industry and science on January 14, 2016. Prof. Dr. Dirk Reichelt, who is also Professor of Information Management at the HTW Dresden is head of the SWP working group at Fraunhofer IPMS.

With the SWP working group, Fraunhofer IPMS and the HTW Dresden aim to develop new solutions for digital transformation in industrial production. Through the combination of their competencies in hardware and software development, both Dresden research institutions aim to make future concepts and solutions for the data integration as well as the simple and efficient analysis of business information systems available. The goal is the realization of an intelligent factory in terms of Industrie 4.0 and to establish a sustainable joint research line. The services are particularly dedicated to small and medium-sized businesses that face new challenges in international competition.

In a three-year initial phase the Fraunhofer-Gesellschaft supports the SWP working group with a total of 1.2 million euros out of the internal Fraunhofer "Kooperationsprogramm Fachhochschulen" (Colleges Cooperation Program).

#### INDUSTRIE 4.0: FRAUNHOFER IPMS UND HTW DRESDEN KOOPERIEREN

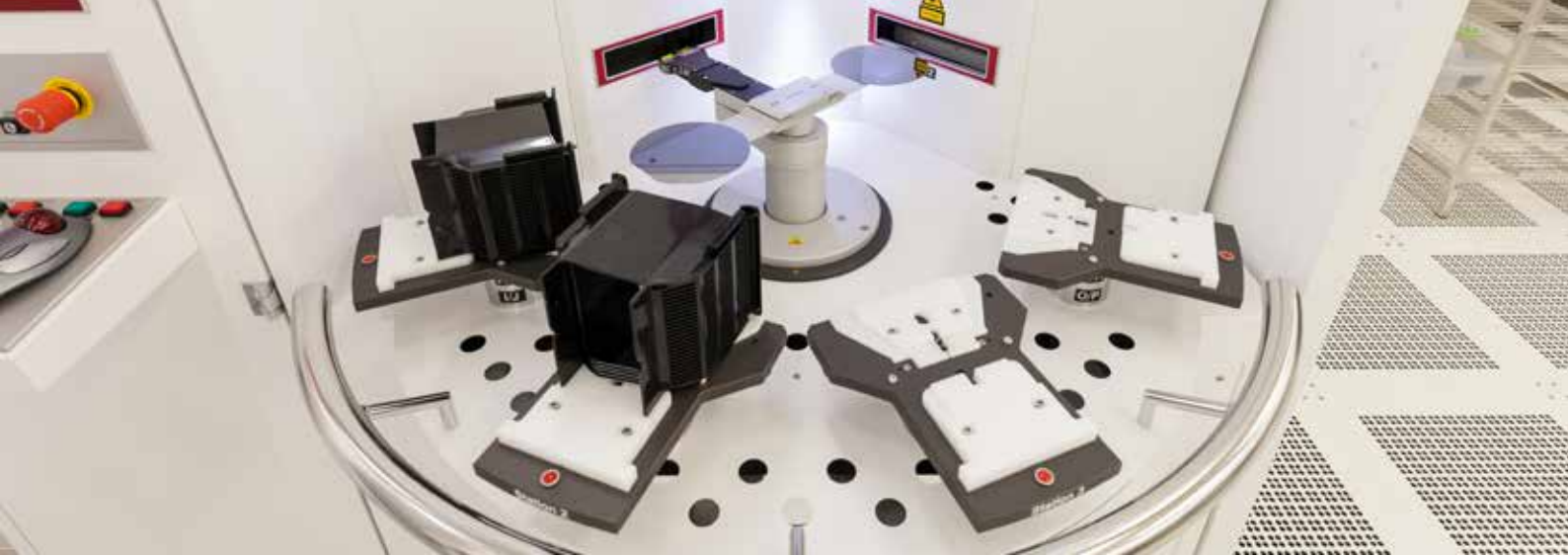
---

Das Fraunhofer IPMS und die Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden bündeln ihre Kompetenzen im Bereich Industrie 4.0 und etablieren gemeinsam die neu geschaffene Arbeitsgruppe »Smart Wireless Production« (SWP). Die Kooperation der beiden Forschungseinrichtungen wurde im Sommer 2015 begonnen und am 14. Januar 2016 mit Gästen aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft feierlich gestartet. Leiter der Arbeitsgruppe ist Prof. Dr. Dirk Reichelt, der gleichzeitig Professor für Informationsmanagement an der HTW Dresden ist.

Mit der Arbeitsgruppe SWP wollen Fraunhofer IPMS und HTW Dresden neuartige Lösungen für die digitale Transformation in der industriellen Fertigung entwickeln. Durch die Symbiose ihrer Kompetenzen in der Hard- und Softwareentwicklung wollen die beiden Dresdner Forschungseinrichtungen zukünftig Konzepte und Komplettlösungen für eine intelligente Integration der Datenströme betrieblicher Informationssysteme und deren einfache und effiziente Auswertung anbieten. Ziel ist es, eine intelligente Fabrik im Sinne von Industrie 4.0 zu realisieren und nachhaltig eine gemeinsame Forschungslinie zu etablieren. Die Forschungsleistungen sollen insbesondere helfen, die Wettbewerbsfähigkeit von Firmen aus dem Klein- und Mittelstand zu stärken.

Die Arbeitsgruppe SWP wird in der Aufbauphase von drei Jahren mit einem Gesamtvolumen von 1,2 Millionen Euro aus dem internen Programm »Kooperationsprogramm Fachhochschulen« der Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt.





---

### FRAUNHOFER IPMS ERWEITERT REINRAUM AUF 200-MM-PROZESSLINIE

---

Das Fraunhofer IPMS erweitert seinen Mikrosystemreinraum für die Forschung und Entwicklung sowie Pilotfertigung von mikro-elektro-mechanischen Systemen von 150-mm-Wafersubstraten auf eine 200-mm-Prozesslinie. Dafür stehen dem Forschungsinstitut insgesamt 30 Millionen Euro Landes- und Bundesmittel sowie Mittel aus dem »Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung« (EFRE) zur Verfügung. Der förderunschädliche Projektbeginn wurde zum 30. September 2015 durch die Sächsische Aufbaubank SAB genehmigt.

Die Unterstützung des Landes, des Bundes und der EU sichert weiterhin eine moderne, innovative Forschung und Entwicklung – und daraus resultierend eine effiziente Zusammenarbeit auf Spitzenniveau mit Partnern aus Industrie und Wirtschaft. Das Fraunhofer IPMS ist im Bereich »More-than-Moore« einer der Pioniere und Innovationsführer. Durch die Genehmigung des vorzeitigen Maßnahmenbeginns für die Investitionen der 200-mm-Erweiterung wird es möglich sein, eine Spitzenposition im weltweiten Wettbewerb zu erhalten und neue Anwendungsfelder zu erschließen.

Die wichtigsten Forschungs- und Entwicklungspartner des Fraunhofer IPMS sind bereits auf die 200-mm-Technologie umgestiegen. Durch die einheitliche Wafergröße kann zukünftig die notwendige Arbeitsteilung in der Prozessierung realisiert werden, was eine weitere Miniaturisierung und Funktionsintegration ermöglicht. Mit den bereit gestellten Mitteln schafft das Institut bis 2017 eine moderne Forschungsbasis, um für nationale und internationale Partner ein innovativer Forschungs- und Entwicklungsdienstleister zu bleiben.

---

### FRAUNHOFER IPMS UPGRADES CLEAN ROOM WITH 200 MM PROCESS LINE

---

The Fraunhofer IPMS will upgrade its microsystem clean room for research, development and pilot fabrication of micro-electro-mechanical systems (MEMS) from the current 150 mm wafer base to a 200 mm process line. A total of 30 million euros coming from state and federal sources as well as from the "European Regional Development Fund" (ERDF) have been made available to the Dresden research institute. The September 30, 2015 project start has been approved by SAB, the Development Bank of Saxony.

With the help of the state, the federal government and the EU, it is now possible to continue providing modern and innovative research and development ensuring efficient cooperation at the highest level with business and industry partners. The Fraunhofer IPMS is one of the pioneers and the innovation leader in the "More than Moore" field. With the approval of the expeditious start of investment for the 200 mm expansion, the Institute can take specific action to expand its leading position among global competitors and to address emerging fields.

The most important R&D partners of Fraunhofer IPMS have already transitioned to 200 mm technology. Uniform wafer size makes it possible to attain the work distribution necessary for processing, allowing for further miniaturization and functional integration. With this commitment, Fraunhofer IPMS will establish a modern technology basis by 2017 in order to continue to provide innovative research and development to national and international partners.



◀ The Industry Partner Day was opened by Prof. Dr. Lakner.

Participants of the ADMONT kick-off meeting. ▶

-----

### CNT CELEBRATES 10TH ANNIVERSARY WITH INDUSTRY PARTNER DAY

-----

The Center Nanoelectronic Technologies CNT once again welcomed around 100 guests from industry and science at the Königsbrücker Straße location in Dresden for the Industry Partner Day on June 11, 2015. The fifth Industry Partner Day to be hosted by Fraunhofer IPMS featured representatives from Globalfoundries, Entegris, Bubbles & Beyond, X-FAB and Anvo-Systems who presented joint projects and current development trends in the semiconductor industry. BASF gave an exemplary presentation on the "Plating Lab" cooperation, in which pilot tests for new technologies can be carried out and innovative, tailor-made chemicals can be further developed. The CNT provides the link between suppliers and the chip industry production lines in that it tests production conditions and prepares for risk-free integration.

The Center Nanoelectronic Technologies – part of Fraunhofer IPMS since 2013 – celebrated its tenth anniversary during the 2015 Industry Partner Day and ended the day with an exclusive tour through CNT clean rooms and the infrastructure on the Infineon Technologies AG premises.

-----

### CNT FEIERT 10-JÄHRIGES JUBILÄUM MIT INDUSTRY PARTNER DAY

-----

Bereits zum fünften Mal begrüßte das Center Nanoelectronic Technologies CNT am 11. Juni etwa 100 Gäste aus Industrie und Wissenschaft in seinen Räumlichkeiten auf der Königsbrücker Straße in Dresden zum Industry Partner Day. Forschungspartner und Industrievertreter von Globalfoundries, Entegris, Bubbles & Beyond, X-Fab oder Anvo-Systems präsentierten gemeinsame Projekte und aktuelle Entwicklungstrends in der Halbleiterbranche. BASF präsentierte beispielhaft die Kooperation »Plating Lab«, in der Pilottests für neue Technologien durchgeführt und innovative, maßgeschneiderte Chemikalien am CNT weiterentwickelt werden. Das CNT stellt dabei das Bindeglied zwischen Zulieferern und den Fertigungslinien der Chipindustrie dar, indem es auf seinen Anlagen unter Produktionsbedingungen testet und für die risikolose Integration aufbereitet.

Mit dem 5. Industry Partner Day feierte das CNT, das seit 2013 in das Fraunhofer IPMS integriert ist, gleichzeitig sein zehnjähriges Bestehen und bot Interessierten im Anschluss eine exklusive Führung durch die eigenen Reinräume und die Infrastruktur auf dem Gelände der Infineon Technologies AG.



---

### OFFIZIELLER START DES ECSEL-PROJEKTS ADMONT

---

ADMONT »Advanced Distributed Pilot Line for More-than-Moore Technologies« zielt auf die Etablierung einer leistungsfähigen und flexiblen More-than-Moore (MtM) Pilotlinie am Standort Dresden. Der offizielle Projektstart fand am 12. und 13. Mai 2015 in Dresden statt. Das im Rahmen der Joint Undertaking ECSEL (Electronic Components and Systems for European Leadership) geförderte Projekt will eine Diversifizierung von CMOS-Prozesstechnologien erreichen, wie sie für innovative Bauelemente und Systeme in einer ganzen Reihe von Applikationsfeldern unverzichtbar ist. Der Nachweis der Fertigbarkeit soll mit Hilfe einer in ADMONT zu realisierenden MtM-Pilotlinie erfolgen. Durch die Kombination von vorhandener Expertise, technologischen Fähigkeiten und Herstellungskapazitäten der Partner aus Industrie und Forschungseinrichtungen wird ein komplett neues Ökosystem innerhalb des größten europäischen Siliziumtechnologie-Clusters »Silicon Saxony« geschaffen. Die räumlich verteilte, aber dennoch zu einer durchgängigen MtM-Plattform integrierte Pilotlinie vereint grundlegende CMOS-Prozesse des Partners X-FAB mit Technologien für Sensoren und MEMS-Bauelemente des Fraunhofer IPMS, OLED-on-CMOS-Integration des Fraunhofer FEP-COMEDD und Möglichkeiten am Fraunhofer IZM-ASSID zur 2,5D- und 3D-Integration zu einem einzigartigen durchgängigen Prozessfluss. Die einzelnen Technologiemodule sind über die Partner am Standort Dresden verteilt. ADMONT (Projekt ID: 661796 – ECSEL-2014-2) ist eine zur einen Hälfte von der Europäischen Kommission und zur anderen Hälfte von den beteiligten Mitgliedsstaaten finanziell unterstützte Innovation Action von ECSEL. Die nationale Förderung für sächsische Projektpartner tragen Bund und Freistaat Sachsen wiederum jeweils zur Hälfte. Die Laufzeit des Projekts beträgt vier Jahre.

---

### OFFICIAL LAUNCH OF THE ECSEL FUNDED ADMONT PROJECT

---

The "Advanced Distributed Pilot Line for More-than-Moore Technologies" (ADMONT) aims to establish a high-capacity and flexible More-than-Moore (MtM) pilot line at the Dresden location. The official project start took place in Dresden on May 12 and 13, 2015. The project is funded in the context of the Joint Undertaking ECSEL (Electronic Components and Systems for European Leadership). The project aims to achieve the diversification of CMOS process technologies essential to innovative components and systems in a wide range of application fields. As proof of manufacturability, a MtM pilot line will be realized in ADMONT. Through the combination of the existing expertise, technological capabilities and production capacities of partners from both industry and research institutes, a completely new ecosystem is being formed within the largest European silicon technology cluster known as "Silicon Saxony". Spatially distributed yet seamlessly integrated to a continuous MtM platform, the pilot line combines basic CMOS processes of our partner X-FAB with Fraunhofer IPMS technology for sensors and MEMS components, the OLED-on-CMOS-integration of the Fraunhofer FEP-COMEDD and options of 2,5D and 3D integration provided by the Fraunhofer IZM-ASSID. Individual technology modules are distributed among the partners in Dresden. ADMONT (Project ID: 661796 – ECSEL-2014-2) is a financially supported ECSEL Innovative Action receiving fifty percent of its funding from the European Commission with member states providing the other half. National funding for project partners in Saxony is equally shared between the federal government and the Free State of Saxony. The duration of the project is four years.



# ECSEL Joint Undertaking

Electronic Components and Systems for European Leadership

## FRAUNHOFER IPMS SUCCESSFUL WITH TWO FURTHER ECSEL-PROPOSALS

ECSEL (Electronic Components and Systems for European Leadership) is the European funding instrument for the micro and nanoelectronics in the "Horizon 2020" European framework program for research and innovation. After two successful applications in 2014 ("ADMONT" and "WAYTOGO FAST"), Fraunhofer IPMS together with its partners again won support for two ECSEL pilot line projects in 2015.

The project „Ultra-Low Power Technologies and MEMory architectures for IoT" (PRIME) hosts 18 project partners, working on a 28 nm ultra-low-power platform solution for cost- and energy-efficient Internet-of-Things applications. The contribution of the Fraunhofer IPMS will be to investigate novel, non-volatile and energy-efficient storage concepts (RRAM, STT-MRAM) and to integrate them into a Back-End-of-Line test chip provided by industrial project partner Globalfoundries. In addition, Fraunhofer IPMS is developing customized electrical characterization methods in order to more quickly implement improvements to technical processes of the gate stack in the "Fully Depleted Silicon on Insulator" technology (FDSOI). The pilot line project "IoSense" aims to develop new competitive sensors and sensor systems "Made in Europe" for "smart" applications in the areas of mobility, society, energy, health and production. Led by Infineon Dresden, IoSense should provide three modular, flexible pilot lines that seamlessly integrate into higher level networks and value chains of the "Internet of Things" (IoT). Fraunhofer IPMS will provide IoSense work on integrated pressure sensors and corresponding readout electronics.

## FRAUNHOFER IPMS MIT ZWEI WEITEREN ECSEL-ANTRÄGEN 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«. Nach zwei erfolgreichen Anträgen im Jahr 2014 (»ADMONT« und »WAYTOGO FAST«) konnte das Fraunhofer IPMS im Jahr 2015 erneut zwei ECSEL-Pilotlinien gemeinsam mit Partnern einwerben.

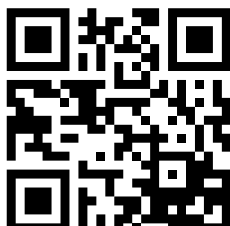
Im Projekt »Ultra-Low Power Technologies and MEMory architectures for IoT" (PRIME) arbeiten 18 Projektpartner an einer 28 nm Ultra-Low-Power-Plattform-Lösung für kostengünstige und energieeffiziente Internet-der-Dinge-Anwendungen. Der Beitrag des Fraunhofer IPMS besteht darin, neuartige, nichtflüchtige und energieeffiziente Speicherkonzepte (RRAM, STT-MRAM) zu untersuchen und in einen Back-End-of-Line-Test-Chip des Industrieprojektpartners Globalfoundries zu integrieren. Zusätzlich wird das Fraunhofer IPMS angepasste elektrische Charakterisierungsverfahren entwickeln, um prozesstechnische Verbesserungen des Gatestapels in der »Fully Depleted Silicon on Insulator«-Technologie (FDSOI) schneller umsetzen zu können. Ziel des Pilotlinienprojekts »IoSense« ist die Entwicklung neuartiger wettbewerbsfähiger Sensoren und Sensorsysteme »Made in Europe« für »smarte« Anwendungen in den Bereichen Mobilität, Gesellschaft, Energie, Gesundheit und Produktion. Unter Führung von Infineon Dresden soll »IoSense« drei modular aufgebaute, flexible Pilotlinien bereitstellen, die sich nahtlos in übergeordnete Netzwerke und Wertschöpfungsketten zum »Internet der Dinge (IoT)« einbinden. In IoSense arbeitet das Fraunhofer IPMS an integrierten Drucksensoren und zugehörigen Ausleseelektroniken.



Participants of the 14th international workshop for micromachined ultrasonic transducers.

-----  
**MUT 2015 – 14. INTERNATIONALER WORKSHOP  
FÜR MIKROMECHANISCH GEFERTIGTE  
ULTRASCHALLWANDLER AM FRAUNHOFER IPMS**  
-----

2001 in Rom eingeführt, hat der MUT (Micromachined Ultrasonic Transducers) Workshop seitdem fast jedes Jahr in verschiedenen europäischen Städten stattgefunden. Am 19. und 20. Mai versammelten sich Wissenschaftler und Ingenieure aus aller Welt in Dresden um Wissen, Ideen, Ergebnisse und Perspektiven zu mikromaschinell gefertigten Ultraschallwandlern auszutauschen, die vielversprechende neue Anwendungen im Medizin-, Industrie- und Verbraucherbereich bieten. In diesem Jahr wurde die Veranstaltung erstmals vom Fraunhofer IPMS ausgerichtet und erreichte mit 65 Teilnehmern und 21 Vorträgen einen neuen Beitragsrekord.



[www.mut2015.org](http://www.mut2015.org)

-----  
**MUT 2015 – 14TH INTERNATIONAL WORKSHOP  
FOR MICROMACHINED ULTRASONIC  
TRANSDUCERS AT FRAUNHOFER IPMS**  
-----

Introduced in Rome in 2001, the MUT (Micromachined Ultrasonic Transducers) Workshop has taken place almost every year in various European cities. From May 19 - 20, 2015 scientists and engineers from around the world gathered in Dresden to exchange knowledge, ideas, results and prospects surrounding micromachined ultrasonic transducers which offer promising new applications for the medical, industrial and consumer sectors. Hosted for the first time by the Fraunhofer IPMS, this year's event established a new record level of attendance and contribution accommodating 65 participants and supporting 21 presentations.



[www.mut2015.org](http://www.mut2015.org)



- ◀ Award ceremony Hugo Geiger Prize 2015  
(l.t.r.: Prof. Dr. Hubert Lakner,  
Director of the Fraunhofer IPMS;  
Dr. Johannes Müller, Prize Winner;  
Prof. Dr. Alexander Kurz,  
Executive Vice President of the Fraunhofer-Gesellschaft).

### THREE YOUNG RESEARCHERS HONORED WITH HUGO GEIGER PRIZES

At the Munich Science Days 2015, the Fraunhofer-Gesellschaft, along with the Free State of Bavaria, was awarding three young scientists the Hugo Geiger Prize. The honored theses concerned energy-efficient semiconductors, powerful diode lasers and new substances for sharper displays. For his outstanding, application-oriented doctoral thesis, Dr. Johannes Müller from the Center Nanoelectronic Technologies received the first Hugo Geiger Prize.

With the proliferation of complex mobile devices such as smartphones and tablets, the demand for high-performance and energy-efficient semiconductor storage increases. Existing materials and technologies, however, are hardly able to keep pace with developments. Silicon-doped hafnium dioxide has excellent ferroelectric properties and is, therefore, ideally suited for semiconductor storage. Dr. Johannes Müller has made decisive contribution to the study and understanding of this substance in his doctoral thesis. He has provided evidence that ferroelectricity may also occur in binary oxides – a phenomenon that has so far only been predicted theoretically. The researcher has thus succeeded in identifying a completely new class of materials – hafnium-based ferroelectrics – with more than 60 publications in scientific journals and at conferences internationally. Thanks to this, very energy-efficient, ultra-small and CMOS-compatible storage technologies have been placed within reach, which had not been possible before. Even piezoelectric actuators implemented in a chip or energy harvesters are thus conceivable.

### DREI NACHWUCHSFORSCHER MIT HUGO-GEIGER-PREISEN GEEHRT

Auf den Münchner Wissenschaftstagen 2015 zeichnete die Fraunhofer-Gesellschaft gemeinsam mit dem Freistaat Bayern drei junge Wissenschaftler mit dem Hugo-Geiger-Preis aus. Gewürdigt wurden die Doktorarbeiten zu energieeffizienten Halbleitern, leistungsfähigeren Diodenlasern und neuen Substanzen für schärfere Displays. Für seine Promotionsarbeit erhielt Dr. Johannes Müller vom Center Nanoelectronic Technologies den ersten Hugo-Geiger-Preis.

Mit der Verbreitung komplexer mobiler Geräte wie Smartphones und Tablets steigt auch der Bedarf an leistungsfähigen und energieeffizienten Halbleiterspeichern. Die bisherigen Materialien und Technologien können mit der Entwicklung kaum Schritt halten. Siliziumdotiertes Hafniumdioxid besitzt hervorragende ferroelektrische Eigenschaften und eignet sich daher optimal als Halbleiterspeicher. Dr. Johannes Müller vom Fraunhofer IPMS leistet mit seiner Promotionsarbeit einen entscheidenden Beitrag zur Erforschung und zum Verständnis dieses Stoffes. Er erbrachte den Nachweis, dass Ferroelektrizität auch in binären Oxiden auftreten kann – ein Phänomen, das bislang nur theoretisch vorhergesagt wurde. Dem Forscher ist es gelungen, eine völlig neue Materialklasse Hafniumdioxid-basierter Ferroelektrika aufzuzeigen und mit über 60 Publikationen in Fachzeitschriften und auf Konferenzen international zu etablieren. Damit rücken sehr energieeffiziente, extrem kleine und CMOS-kompatible Speichertechnologien in greifbare Nähe, die bislang so nicht möglich waren. Auch in einem Chip implementierte piezoelektrische Aktoren oder Energie-Harvester werden dadurch denkbar.

## ABGESCHLOSSENE ÖFFENTLICHE PROJEKTE

# COMPLETED PUBLIC PROJECTS

---

### NANO E-DRIVE

---

Projektlaufzeit: 01/2012 – 12/2015  
Fördergeber: BMBF  
Förderkennzeichen: 16V0297

In vielen Anwendungsbereichen der Optik, der Mess- und Medizintechnik, der Biotechnologie bis hin zur Kommunikationstechnik werden kleine und leistungsstarke elektrostatische Aktoren benötigt. Im Projekt »Nano e-drive« wurde hierfür eine neuartige Klasse elektrostatischer Biegeaktoren entwickelt und validiert. Der neue Ansatz schafft die Möglichkeit, den Pull-In-Effekt herkömmlicher elektrostatischer Aktoren zu umgehen beziehungsweise in einen Bereich zu verschieben, welcher für den aktorischen Betrieb nicht mehr relevant ist. Es wurde der Nachweis erbracht, dass die Anforderungen verschiedenster Zielanwendungen durch die neuen elektrostatischen Aktoren erfüllt werden. Mikromechanische Teststrukturen wurden entworfen, Designregeln für energieeffiziente Nieder-voltaktoren erarbeitet und Anwendungsmatrizen als Ergebnis der Evaluation erstellt.

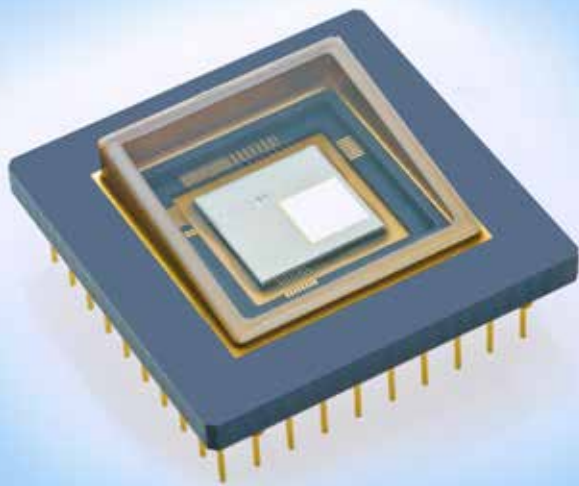
---

### NANO E-DRIVE

---

Duration: 01/2012 – 12/2015  
Provider of funds: BMBF  
Grant number: 16V0297

Many applications of optics, measurement and medical technology, biotechnology and communication technology require small and powerful electrostatic actuators. To serve this purpose, the »Nano e-drive« project developed and validated a novel class of electrostatic bender actuators. The new approach makes it possible to bypass the pull-in effect of conventional electrostatic actuators or to move it into an area, which is no longer relevant for the actuatoric operation. It was verified that the new electrostatic actuators fulfilled the requirements of different target applications. Micromechanical test structures were prepared, design rules for energy-efficient low-voltage actuators developed and as a result of the evaluation application matrices were created.



- ◀ Programmable ultra-fast micro mirror array for optical microscopes.

---

### MEMI-OP

---

Duration: 04/2012 – 07/2015  
Provider of funds: BMBF  
Grant number: 01SF0804

A programmable micro-electro-mechanical (MEMS) chip which can divert light of varying wavelengths at ultra-high speed and with micrometer-accuracy was developed as part of the project "MEMI-OP". A single MEMS chip consists of an array of 65,536 separate micro mirrors which can each be tilted separately and virtually in a continuous way. By controlling the deflection of all mirrors it is possible to distribute the angle of incidence and the intensity of the light with up to 1000 changes per second over the entire matrix area. Installed in an optical microscope, this technology can be used to illuminate multiple targeted areas and thereby stimulate specific light sensitive molecules as ensemble. This research collaboration between Fraunhofer IPMS and the Institut Pasteur is being supported by the German Federal Ministry for Education and Research and the French National Research Agency within the framework of the Programme Inter Carnot Fraunhofer.

---

### MEMI-OP

---

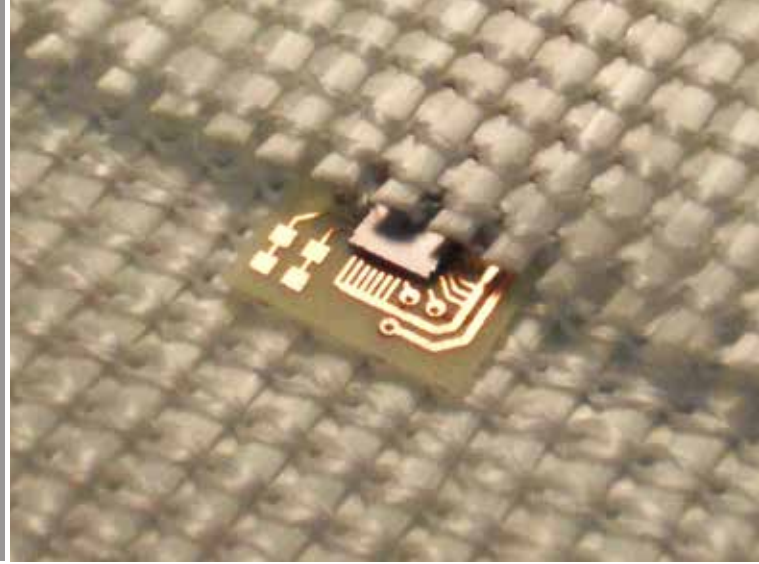
Projektlaufzeit: 04/2012 – 07/2015  
Fördergeber: BMBF  
Förderkennzeichen: 01SF0804

Im Rahmen des Projekts »MEMI-OP« wurde ein programmierbarer, mikro-elektro-mechanischer (MEMS-) Chip entwickelt, der Licht unterschiedlichster Wellenlängen ultraschnell und mikrometergenau ablenken kann. Der einzelne Chip besteht aus einer Matrix von 65 536 separaten Mikrosiegeln, die jeder für sich individuell und stufenlos gekippt werden können. Durch eine Steuerung der Auslenkung dieser Spiegel ist es möglich, Einfallswinkel und Intensität des Lichtes mit bis zu 1000 Wechslen pro Sekunde über die gesamte Matrixfläche zu verteilen. Eingesetzt in ein Lichtmikroskop vermag die Technologie, parallel mehrere Regionen gezielt zu beleuchten und so spezifische, licht-sensitive Moleküle als Ensemble anzuregen. Das Projekt wurde in Kooperation mit dem Institut Pasteur realisiert und vom Deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie der Französischen Nationalen Forschungsagentur im Rahmen des Inter Carnot Fraunhofer-Programms unterstützt.



Prototype of a sensor node integrated in a fiber.

Photo: TU Dresden



---

## INTEGRIERTE DRAHTLOSE SENSORNETZWERKE

---

Projektlaufzeit: 01/2004 – 12/2015

Fördergeber: DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

Förderkennzeichen: SFB 639

Im Sonderforschungsbereich 639 der Deutschen Forschungsgesellschaft DFG hat das Fraunhofer IPMS erfolgreich gezeigt, dass es bei der Herstellung textilverstärkter Verbundbauteile möglich ist, Sensornetzwerke und elektronische Schaltungen in die Struktur eines Verbundwerkstoffs zu integrieren, ohne die Materialeigenschaften zu beeinträchtigen oder die Sensoren zu zerstören. Die integrierten Sensoren sind weitaus weniger stör anfällig als externe Sensorsysteme und machen es zum Beispiel möglich, die Funktionstüchtigkeit der Verbundbauteile zu überwachen, Schäden in der Verbundstruktur zu erkennen oder die Wirkung von Stößen und Schlägen auf Leitungen für den Transport gefährlicher Güter zu erfassen. Im Gemeinschaftsprojekt, in dem sich sieben universitäre und drei außeruniversitäre Institute zusammengeschlossen haben, war das Fraunhofer IPMS maßgeblich an der Entwicklung des integrierten Sensornetzwerks, der Sensor-ASICs, Mikrocontroller sowie RAM und EEPROM für die Datenspeicherung und -auswertung beteiligt. Zusätzlich zu den vernetzten Sensoren kann das Netzwerk einen passiven Transponder enthalten, mit dem die gespeicherten Messwerte drahtlos von einem Standard-RFID-Reader ausgelesen werden können. Dazu hat das Fraunhofer IPMS den frei programmierbaren Transponderschaltkreis IPMS\_RFE125 entwickelt. In der dritten Periode des SFB von 2012 bis 2015 lag der Schwerpunkt auf der Entwicklung und Integration fehlertoleranter Netzwerke mit Sensor und Aktorfunktion.

---

## INTEGRATED WIRELESS SENSOR NETWORKS

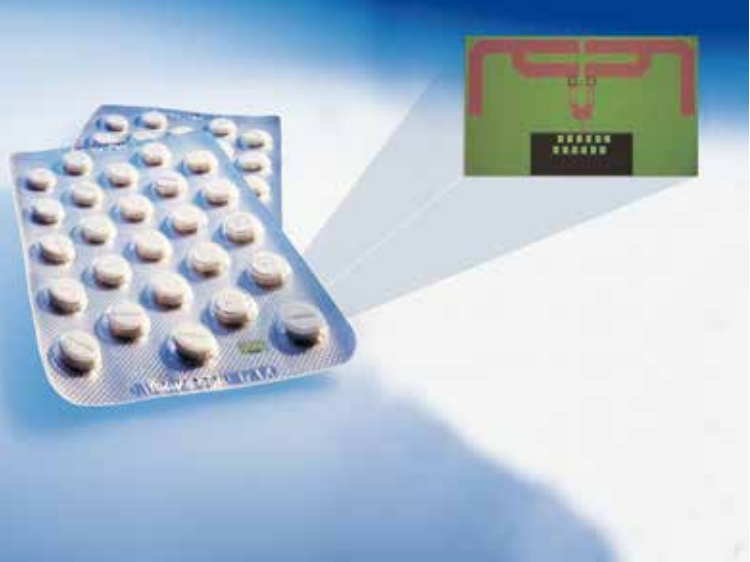
---

Duration: 01/2004 – 12/2015

Provider of funds: DFG

Grant number: SFB 639

In the Collaborative Research Centre (Sonderforschungsbereich) 639 of the German Research Society (Deutsche Forschungsgemeinschaft) DFG, Fraunhofer IPMS successfully demonstrated the possibility to integrate sensor networks and electronic circuits in the structure of a material during the production of textile-reinforced composite components, without adversely affecting the material properties or destroying the sensors. Integrated sensors are far less prone to failure than external sensor systems and make it possible, for example, to monitor the health of the composite components, to detect damage in the composite structure or to capture the effects of severe impacts on lines for the transport of dangerous goods. In a joint project of seven university and three non-university institutes, Fraunhofer IPMS was instrumental in the development of the integrated sensor network, the sensor ASIC, microcontrollers as well as RAM and EEPROM for data storage and analysis. In addition to the networked sensors, a passive transponder storing measured values which then can be wirelessly read from a standard RFID reader may be implemented into the network. For this purpose, the Fraunhofer IPMS has developed the freely programmable IPMS\_RFE125 transponder circuit. The third period of the SFB from 2012 to 2015 focused on the development and integration of failure-tolerant networks including sensor and actuator functionality.



### GIGAHERTZ TRANSPONDER

Duration: 10/2012 – 09/2015  
 Provider of funds: BMBF  
 Grant number: 03IPT501A

Together with industry partners, researchers at the Fraunhofer IPMS have developed a novel RFID system which uses very high frequencies (Super High Frequency – SHF). The 24 GHz frequency band makes it possible to use very small antennas and integrate these antennas directly on the chip. Measuring merely  $2.5 \times 1.5 \text{ mm}^2$  and  $150 \mu\text{m}$  thick, tags can be manufactured at low cost and should help in the future to cost-effectively distinguish high-quality mass products such as pharmaceuticals and auto parts as well as ID and credit cards in order to identify stolen property, counterfeit goods or forgeries.

### PICS

Duration: 09/2013 – 09/2015  
 Provider of funds: EU/FP7  
 Grant number: FP7-SME-2013-2-606149

The joint European project with five partners carried out research for innovative materials and equipment for the industrialization of 3D integrated capacitors with world-record density. The main fields of application include intelligent miniature sensors for aerospace, medical technology and automation, which require an increasingly higher integrability so as to combine functionality and complexity in a

### GIGAHERTZ-TRANSPONDER

Projektlaufzeit: 10/2012 – 09/2015  
 Fördergeber: BMBF  
 Förderkennzeichen: 03IPT501A

Die Forscherinnen und Forscher des Fraunhofer IPMS haben mit Industriepartnern ein neuartiges RFID-System entwickelt, das mit sehr hohen Frequenzen (Super High Frequency, SHF) arbeitet. Das verwendete 24-GHz-Frequenzband macht es möglich, sehr kleine Antennen zu verwenden und diese direkt auf dem Chip zu integrieren. Die lediglich  $2,5 \times 1,5 \text{ mm}^2$  kleinen und  $150 \mu\text{m}$  dicken Tags können sehr kostengünstig hergestellt werden und sollen zukünftig insbesondere helfen, hochwertige Massenprodukte wie zum Beispiel Pharmaka oder Kraftfahrzeugteile aber auch Ausweise oder Kreditkarten mit minimalen Kosten zu kennzeichnen, um auf diese Weise Fälschungen beziehungsweise Plagiate zu erkennen.

### PICS

Projektlaufzeit: 09/2013 – 09/2015  
 Fördergeber: EU / FP7  
 Förderkennzeichen: FP7-SME-2013-2-606149

Gemeinsam mit vier weiteren europäischen Partnern hat das Fraunhofer IPMS innovative Materialien und Geräte für die Industrialisierung 3D integrierter Kondensatoren mit bis dato unerreichter Integrationsdichte untersucht. Anwendungsbereiche für diese Technologie sind vor allem intelligente Miniatorsensoren für die Luft- und Raumfahrt, Medizintechnik und Automatisierung, die zunehmend eine höhere Integrationsfähigkeit erfordern,

- ◀◀ One possible application: identification of drugs via an integrated RFID chip (shown enlarged) for the detection of counterfeits.
- ◀ Another example: RFID chips integrated in labels or access cards.

Prototype of a medical pill with integrated temperature sensor and RF transceiver. ▶



um Funktionalität und Komplexität in einem Mikrosystem zu vereinen. Beispielhaft ist der Einsatz von integrierten Kondensatoren mit sehr hoher Kapazität, geringer Größe und maximaler Zuverlässigkeit in einer Kapsel, deren Eigenschaften erst durch die Optimierung der Materialien mittels ALD-Technologie am CNT erreicht wurden. Mit der Entwicklung einer neuen ALD-Anlage, der Demonstration eines neuen Ätzprozesses für High-k-Dielektrika und der Integration von zwei neuen Dielektrik-Stapeln in einem 3D-Graben-Kondensator konnten alle Projektziele erfüllt werden.

---

#### MEDOS

---

Projektlaufzeit: 08/2012 – 07/2015  
 Fördergeber: BMBF  
 Förderkennzeichen: 03EK3503A

Im MEDOS-Projekt wurden durch das Geschäftsfeld CNT, zusammen mit drei Partnern, röntgenographische Untersuchungen an Dünnschichten für die Verwendung in organischen Solarzellen vorgenommen. Dabei wurde insbesondere der Einfluss unterschiedlicher Abscheidungsverfahren sowie unterschiedlicher Wärmebehandlungen auf die Struktur, Schichtdicke und -dichte der abgetrennten Schichten untersucht. Die unabhängige Bestimmung der Schichtdicke und -dichte erfolgte dabei mittels Röntgenreflektometrie, die strukturelle Charakterisierung mittels Röntgenbeugung bei streifendem Einfall. Es konnte unter anderem nachgewiesen werden, dass das Ko-Verdampfungsverfahren für ein Gemisch aus ZnPc: C60 mit PDMS als Additiv zu einer verbesserten Kristallinität sowie zu einer höheren Solarzelleneffizienz führt.

microsystem. One example is the use of integrated capacitors with a very high capacity, small size and maximum reliability in a capsule, whose properties can only be achieved through the optimization of materials using ALD technologies at the CNT. The consortium's three major technological results were successfully achieved by the development of a novel ALD batch tool, the demonstration of a new process for accurately etching high-k dielectrics and the integration of two new dielectric stacks into a 3D trench capacitor.

---

#### MEDOS

---

Duration: 08/2012 – 07/2015  
 Provider of funds: BMBF  
 Grant number: 03EK3503A

In MEDOS the business unit CNT, together with three partners, performed radiographic studies of thin films for use in organic solar cells. The influences of different deposition processes and different heat treatments on the structure, layer thickness and density of the deposited layers were examined. The independent determination of the layer thickness and density was carried out by X-ray reflectometry, the structural characterization by X-ray diffraction at grazing angle of incidence. It was demonstrated that the co-evaporation process for a mixture of ZnPc: C60 with PDMS as an additive led to an improved crystallinity and a higher solar cell efficiency.

---

---

WISSENSMANAGEMENT

# KNOWLEDGE MANAGEMENT



UNIV  
0200/  
286

Hilfen  
Kaufmann  
Die der Erziehung  
The der Profitor

Paul  
Darmstadt  
21 17

## PATENTE

# PATENTS

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

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

### **A method to detect a defective element**

■ US 7,061,226 B2; ■ EP 1 583 946 B1; ■ EP 1 583 946 B1; ■ 60 2004 003 125.9-08; ■ EP 1 583 946 B1

### **Addressing of an SLM**

■ US 7,072,090 B2

### **Anordnung von mikromechanischen Elementen**

■ 8,254,005 B2; ■ 5265530; ■ EP 2 024 271 B1; ■ EP 2 024 271 B1; ■ EP 2 024 271 B1; ■ 50 2006 013 212.5; ■ EP 2 024 271 B1; ■ EP 2 024 271 B1

### **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**

■ US 9,046,704 B2; ■ 5398923; ■ EP 2 513 715 B1; ■ 60 2010 014 412.7; ■ EP 2 513 715 B1

### **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**

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

### **Auslenkbares mikromechanisches Element**

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

### **Auslenkbares mikromechanisches System sowie dessen Verwendung**

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

### **Belichtungseinrichtung**

■ US 5,936,713; ■ 3007163; ■ EP0811181; ■ EP0811181; ■ EP0811181; ■ EP0811181; ■ 59600543.1-08; ■ EP0811181; ■ EP 0 811 181

### **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**

□ US 2005/0095749 A1; ■ EP 1 499 560 B1; ■ EP 1 499 560 B1; ■ EP 1 499 560 B1; ■ EP 1 499 560 B1; ■ EP 1 499 560 B1

## PATENTE

# PATENTS

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

□ US 2013/0128368 A1

### Fluidic variable focus optical lens

■ WO 2012/010201 A1

### Fourier transform spectrometer

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

### Gehäuse zur Verkapselung eines Mikrosannerspiegels

■ DE 10 2012 207 376 B3

### Halbleitersubstrat und Verfahren zur Herstellung

■ EP 1 915 777 B1; ■ EP 1 915 777 B1; ■ 50 2006 008 141.5-08; ■ EP 1 915 777 B1

### Herstellungsverfahren

□ EP 2 892 844 A1; ■ WO 2014/049141 A1; □ DE 10 2012 217 793 A1

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

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

### Ionenselektiver Feldeffekttransistor und Verfahren zum Herstellen eines ionensensitiven Feldeffekttransistors

■ 503 04 800.3-08; ■ EP 1 601 957 B1; ■ EP 1 601 957 B1

### Ionensensitive Schichtstruktur für einen ionensensitiven Sensor und Verfahren zur Herstellung derselben

□ US 2015/0060953 A1; □ DE 10 2013 109 357 A1

### Ionensensitiver Feldeffekttransistor und Verfahren zum Herstellen eines ionensensitiven Feldeffekttransistors

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

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

■ US 7,321,143 B2

### Ion-Sensitive Layer structure for an Ion-Sensitive Sensor and method for manufacturing same

□ CN 104422725 A

### Memory Cell

□ US 2015/0162063 A1

### Method and Apparatus for Controlling Deformable Actuators

■ US 7,424,330; ■ EP 1 520 201; ■ EP 1 520 201; ■ 602 46 214.2; ■ EP 1 520 201

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

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

### 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

## PATENTE

# PATENTS

---

**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 9,164,277 B2; ■ US 7,078,778 B2

---

**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 9,045,329 B2

---

**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**

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

---

**Mikroelektromechanisches System zum Durchstimmen von Lasern**

■ WO 2015/114016 A1; □ DE 10 2014 201 701 A1

---

**Mikroelektromechanisches Translationschwingersystem**

■ DE 10 2010 029 072 B4

---

**Mikromechanisches Bauelement**

□ 2014-508648 A; □ EP 2 664 058 A1; ■ WO 2012/095185 A1; ■ 501 12 140.4-08; ■ EP 1 410 047 B1

---

**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**

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

---

**Mikromechanisches Bauelement mit erhöhter Steifigkeit und Verfahren zum Herstellen desselben**

■ DE 11 2007 003 051 B4

---

**Mikromechanisches Bauelement mit Schwingkörper**

■ 1123526; ■ 1123526; ■ 1123526; ■ 1123526; ■ 598 04 942.8-08; ■ 1123526; ■ 1 123 526; ■ EP 1 123 526 B1

---



## PATENTE

# PATENTS

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

■ US 8,842,356 B2; ■ US 8,147,136 B2; ■ ZL 2008 1 0128792.5

**Mikromechanisches Bauelement mit verkippten Elektrodenkämmen**

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

**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**

■ US 7,679,152 B2; ■ CN 101301991 B

**Mikromechanisches Element**

□ DE 10 2010 028 111 A1

**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**

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

**Mikromechanisches System mit Temperaturstabilisierung**

■ DE 10 2008 013 098 B4

**Mikrooptische Anordnung**

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

**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**

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

**Miniaturisiertes Fourier-Transform-Spektrometer**

■ EP 1 637 850 B1

**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

## PATENTE

# PATENTS

**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

**Optischer Empfänger für eine optische drahtlose Kommunikation**

■ WO 2015/086454 A1; □ DE 10 2013 225 611 A1

**Optisches Bauelement mit einem Aufbau zur Vermeidung von Reflexionen**

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

**Optisches System**

□ DE 10 2010 039 255 A1

**Optoelektronisches Bauelement mit einer Leuchtdiode und einem Lichtsensor**

■ 503 06 813.6-08; ■ EP 1 597 774 B1

**Oszillierend auslenkbares mikromechanisches Element und Verfahren zum Betreiben des Elementes**

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

**Planare Mehrfrequenzantenne**

■ WO/2015/063036; □ DE 10 2013 222 139 A1

**Polarization independent electro-optically induced waveguide**

■ WO 2015/124175 A1

**Position Sensor**

■ US 8,605,293 B2

**Positionssensor**

□ DE 10 2010 029 818 A1

**Production Method**

□ US 2015/0200105 A1

**Projection apparatus for scanningly projection**

■ US 7,847,997 B2

**Projektionsvorrichtung**

■ US 6,843,568 B2; ■ EP 1 419 411 B1; ■ EP 1 419 411 B1; ■ EP 1 419 411 B1; ■ 501 05 156.2; ■ EP 1 419 411 B1; ■ EP 1 419 411 B1

**Projektionsvorrichtung zum scannenden Projizieren**

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

**Quasi-Statische Auslenkvorrichtung für Spektrometer**

■ 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

## PATENTE

# PATENTS

---

**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 8,873,128 B2

---

**Reduzierung der dynamischen Deformation von Translationsspiegeln mit Hilfe von trägen Massen**

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

---

**Scanner und Verfahren zum Betreiben eines Scanners**

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

---

**Schutzstruktur für Halbleitersensoren**

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

---

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

■ US 8,357,944 B2

---

**SLM Device and Method Combining Multiple Mirrors for High-Power Delivery**

■ US 8,531,755 B2

---

**SLM Height Error Compensation Method**

□ 10-2009-0065477

---

**Spectral Decomposition Device and Manufacturing the same**

■ US 8,861,060 B2

---

**Speicherzelle**

□ DE 10 2014 205 130 A1

---

**Spektralzerlegungsvorrichtung und Herstellung derselben**

□ DE 10 2010 040 768 A1

---

**Spektrometer**

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

---

**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 B4

---

**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

---

## PATENTE

# PATENTS

---

**Torsion spring for micromechanical applications**

■ US 8,511,657 B2

---

**Torsionsfeder für mikromechanische Anwendungen**

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

---

**Torsionsfederelement für die Aufhängung auslenkbarer mikromechanischer Elemente**

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

---

**Verbinder zur leitungsungebundenen Signalübertragung**

■ DE 10 2012 212 254 B3

---

**Verfahren und Strukturierung einer Nuttschicht eines Substrats**

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

---

**Verfahren zum Herstellen eines Bauelementes mit einem beweglichen Abschnitt**

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

---

**Verfahren zum Herstellen eines kapazitiven Ultraschallwandlers und Anordnung einer Mehrzahl von kapazitiven Ultraschallwandlern**

□ DE 10 2013 223 695 A1

---

**Verfahren zum Korrigieren der Oberflächenform eines Elements**

■ 4777460

---

**Verfahren zum Korrigieren der Oberflächenform eines Elements**

■ EP 2 054 750 B1; □ EP 2 054 750 A1; ■ EP 2 054 750 B1; ■ EP 2 054 750 B1

---

**Verfahren zur Bestimmung von Parametern einer Proximity-Funktion, insbesondere für die Korrektur des Proximity-Effekts bei der Elektronenstrahlolithografie**

■ DE 10 2009 049 787 B4

---

**Verfahren zur Erfassung einer Offsetdrift bei einer Wheatstone-Meßbrücke**

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

---

**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**

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

---

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

■ CN 101279711 B

---

**Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils**

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

---

**Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils mittels oberflächenstrukturierender Laserbearbeitung**

■ EP 1 714 172 B1; ■ EP 2 003 474 B1; ■ EP 2 003 474 B1

---

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

■ DE 10 2006 043 388 B3

---

## PATENTE

# PATENTS

---

**Verfahren, Vorrichtung und Computerprogrammprodukt zum Bestimmen eines isoelektrischen Punkts**

□ DE 10 2014 207 730 A1

---

**Vorrichtung mit einem mikromechanischen Bauelement**

□ DE 10 2014 201 095 A1

---

**Vorrichtung und Verfahren zum Erzeugen einer Abbildung**

■ US 7,465,051 B2; ■ FI 125441 B; ■ DE 10 2004 050 351 B3

---

**Vorrichtung und Verfahren zum Häusen mikromechanischer Systeme**

□ DE 10 2007 001 518 A1

---

**Vorrichtung und Verfahren zur Bildprojektion und / oder Materialbearbeitung**

■ 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 Erfassung eines Materials**

■ DE 10 2013 222 349 B3

---

**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**

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

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

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

**Polarization insensitive variable optical attenuator based on field induced waveguides with a liquid crystal core**

Optical Fiber Communication Conference, 2015, Los Angeles, CA, USA, Paper W4A.2

Butschek, L.; Ostendorf, R.; Merten, A.; Grahmann, J.; Hugger, S.; Fuchs, F.; Wagner, H.-J.

**Broadband External Cavity-QCL with MOEMS diffraction grating for spectral scan rates in the kHz range**

13th International Conference on Intersubband Transitions in Quantum Wells (ITQW), 2015, Wien, Österreich, Vortrag, 16 F.

Calvo, J.; Koch, J.; Thrun, X.; Seidel, R.; Uhlig, B.

**Porous Ultra Low-k Material Integration Through An Extended Dual Damascene Approach: Pre-/ Post-CMP Curing Comparison**

Advanced Metallization Conference (AMC), 2015, Austin, TX, USA, 3 S.

Calvo, J.; Steinke, P.; Wislicenus, M.; Gerlich, L.; Seidel, R.; Clauss, E.; Uhlig, B.

**Organosilane Downstream Plasma On Ultra Low-k Dielectrics: Comparing Repair With Post Etch Treatment**

Advanced Metallization Conference (AMC), 2015, Austin, TX, USA, 3 S.

Conrad, H.; Schenk, H.; Kaiser, B.; Langa, S.; Gaudet, M.; Schimmanz, K.; Stolz, M.; Lenz, M.

**A small-gap electrostatic micro-actuator for large deflections**

Nature Communications 6 (2015), Art. 10078, 7 S.

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

**Polarization independent electro-optical waveguides with liquid crystals in isotropic phase**

Proceedings of SPIE Vol. 9365 (2015) Paper 93650J

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

**Characterization of electro-mechanical properties of electrostrictive polymer-nanoparticle composite thin films**

4<sup>th</sup> International Conference on Materials and Applications for Sensors and Transducers (MAST) 2014, Bilbao, Spanien, Proceedings 2015

Costache, F.; Schirrmann, C.; Seifert, R.; Bornhorst, K.; Pawlik, B.; Despang, H.-G.; Heinig, A.

**Polymer energy harvester for powering wireless communication systems**

Procedia Engineering 120 (2015), S. 333–336

Deicke, F.

**Technische Konzepte und Lösungen für die digitale Verfolgung und Ortung von Materialien, Werkzeugen und Ressourcen**

IHK: Industrie 4.0 –Ortungs- und Navigationsszenarien – Lösungen für die automatische Auftragsverfolgung und die Flexibilisierung der Fertigung, 2015, Dresden, Vortrag, 26 F.

Drescher, M.; Erben, E.; Grass, C.; Lazarevic, F.; Leitsmann, R.; Plänitz, P.; Mtchedlidze, T.; Seidel, K.; Liske, R.

**Deciphering Reliability in HKMG Technology**

IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), 2015, Washington, DC, USA

Drescher, M.; Erben, E.; Grass, C.; Trentzsch, M.; Lazarevic, F.; Leitsmann, R.; Plänitz, P.; Mtchedlidze, T.; Seidel, K.; Liske, R.

**Deciphering Reliability in High-K Metal Gate Technology**

IEEE 46<sup>th</sup> Semiconductor Interface Specialists Conference (SISC), 2015, Arlington, VA, USA, Vortrag

Drescher, M.; Naumann, A.; Sundqvist, J.; Erben, E.; Grass, C.; Trentzsch, M.; Lazarevic, F.; Leitsmann, R.; Plänitz, P.

**Fluorine interface treatments within the gate stack for defect passivation in 28 nm high-k metal gate technology**

Journal of Vacuum Science and Technology B 33 (2015), Nr. 2, Art. 022204

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

Elsäßer, L.; Friedrichs, M.; Klemm, M.; Unamuno, A.

**Stress controlled CMUT fabrication based on a CMOS compatible sacrificial release process**

Proceedings of 17<sup>th</sup> Symposium on Design, Test, Integration and Packaging of MEMS/MOEMS (DTIP), 2015, Montpellier, Frankreich, S. 150–153

Faulwäßer, M.; Deicke, F.

**LED Optische Datenübertragung**

Innovationsforum Photonik, 2015, Goslar, Vortrag, 26 F.

Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme (IPMS), Dresden

**Jahresbericht 2014**

Dresden: Fraunhofer IPMS, 2015, 92 S.

Gehrhardt, I.; Reichelt, D.

**Erkennung von Sicherheitsvorfällen in kritischen Infrastrukturen**

Konferenz »IT-Sicherheit – neue Anforderungen an Strom- und Gasnetzbetreiber«, 2015, Dresden, Vortrag, 17 F.

Grahmann, J.; Merten, A.; Herrmann, A.; Ostendorf, R.; Bleh, D.; Drabe, C.; Kamenz, J.

**Large MOEMS diffraction grating results providing an EC-QCL wavelength scan of 20%**

Proceedings of SPIE Vol. 9375 (2015) Paper 93750W

Grüger, H.

**All-reflective optical power zoom objectives**

Proceedings of SPIE Vol. 9580 (2015) Paper 95800H

Guan, Y.; Zhou, D.; Xu, J.; Liu, X.; Cao, F.; Dong, X.; Müller, J.; Schenk, T.; Schroeder, U.

**The Rayleigh law in silicon doped hafnium oxide ferroelectric thin films**

Physica Status Solidi RRL 9 (2015), Nr. 10, S. 589–593

Heiß, M.

**Design für On-Chip-RFID-Antennen**

RFID Symposium, 2015, Dresden, Vortrag, 34 F.

Herrmann, A.; Nobis, F.; Haase, T.; Kaden, C.

**Improvement of LPCVD TEOS oxide deposition in deep trenches**

6<sup>th</sup> International Conference "Micro&Nano", 2015, Athen, Griechenland, Poster

Hintschich, S.; Reinig, P.; Grüger, H.

**Plastics sorting using MEMS-based near-infrared spectroscopy**

2<sup>nd</sup> Conference on Optical Characterization of Materials (OCM-2015), 2015, Karlsruhe, Vortrag

Hoffmann, M.; Schroeder, U.; Schenk, T.; Shimizu, T.; Funakubo, H.; Sakata, O.; Pohl, D.; Drescher, M.; Adelman, C.; Materlik, R.; Kersch, A.; Mikolajick, T.

**Stabilizing the ferroelectric phase in doped hafnium oxide**

Journal of Applied Physics 118 (2015), Nr. 7, Art. 072006

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

**Verification of E-Beam direct write integration into 28nm BEOL SRAM technology**

Proceedings of SPIE Vol. 9423 (2015) Paper 94231B

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

Holzmueller, F.; Wilde, L.; Wölzl, F.; Koerner, C.; Vandewal, K.; Leo, K.

**Co-evaporant induced crystallization of zinc phthalocyanine:  $C_{60}$  blends for solar cells**

Organic Electronics 27 (2015), S. 133–136

Hürrich, A.

**Uth-Einfluss durch Anlagensplitt bei der As-Hochdosis-Ionenimplantation**

Nutzergruppe RTP/Implantation, 2015, Regensburg, Vortrag, 6 F.

Kaden, C.; Langa, S.; Ludewig, T.; Schönberger, A.; Herrmann, A.; Göbel, A.; Kolkovsky, V.; Jeroch, W.; Pufe, W.

**Enhancement of vertical integration density by engineered B-SOI wafers**

Conference on Wafer Bonding for Microsystems 3D and Wafer Level Integration (Waferbond), 2015, Braunschweig, Poster

Kaiser, B.; Drabe, C.; Graßhoff, T.; Conrad, H.; Schenk, H.

**About stress in filled DRIE-trenches**

Journal of Micromechanics and Microengineering 25 (2015), Nr.8, Art.085003

Keatley, P.S.; Kruglyak, V.V.; Neudert, A.; Hicken, R.J.; Poimanov, V.D.; Childress, J.R.; Katine, J.A.

**Resonant enhancement of damping within the free layer of a microscale magnetic tunnel valve**

Journal of Applied Physics 117 (2015), Nr. 17, Art. 17B301

Klemm, M.

**Elektroakustische Modellierung von CMUT basierend auf Netzwerkmodellen und Finite-Elemente-Methoden**

Kolloquium Nichtelektrische Netzwerke: Wie die Systemtheorie hilft, die Welt zu verstehen, Dresdner Beiträge zur Sensorik; 60 (2015), Dresden, Vortrag

Klemm, M.; Unamuno, A.; Elsäßer, L.; Jeroch, W.

**Performance assessment of CMUT arrays based on electrical impedance test results**

Journal of Microelectromechanical Systems 24 (2015), Nr. 6, S. 1848–1855

Koch, J.; Wagner-Reetz, M.; Krause, R.; Wislicenus, M.; Gerlich, L.; Steinke, P.; Calvo, J.; Lilienthal, K.; Uhlig, B.; Bott, S.

**Aspects of evaluation for fab-ready consumables**

33. CMP Users Meeting, 2015, Berlin, 22 S.

Kolkovsky, V.; Lukat, K.; Kurth, E.; Kunath, C.

**Reactively sputtered hafnium oxide on silicon dioxide: Structural and electrical properties**

Solid-State Electronics 106 (2015), S. 63–67

Kolkovsky, V.; Wende, U.; Langa, S.; Kaiser, B.; Conrad, H.; Schenk, H.

**Influence of annealing in H atmosphere on the electrical properties of  $Al_2O_3$  layers grown on p-type Si by the atomic layer deposition technique**

28<sup>th</sup> International Conference on Defects in Semiconductors (ICDS), 2015, Espoo, Finland

Kolodinski, S.; Kammler, T.; Mueller, J.; Slesazeck, S.

**Recent development & funding topics at GLOBALFOUNDRIES Fab1 in Dresden**

SiQlp Conference, 2015, Cambridge, Großbritannien, Vortrag

Lang, N.; Zimmermann, S.; Zimmermann, H.; Macherius, U.; Uhlig, B.; Schaller, M.; Schulz, S.E.; Röpcke, J.

**On treatment of ultra-low-k SiCOH in  $CF_4$  plasmas: Correlation between the concentration of etching products and etching rate**

Applied Physics B 119 (2015), Nr. 1, S. 219–226



## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

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

**Wafer level vacuum packaging of micro-mirrors with buried signal lines**

Microsystem Technologies 21 (2015), Nr. 5, S. 1021–1028

Lischer, S.; Heiß, M.

**Ein ISO 18000-6C/EPC C1G2 kompatibles 24-GHz-RFID-Ein-Chip-System mit integrierter Antenne**

MikroSystemTechnik Kongress (MST), 2015, Karlsruhe, S. 639–642

Lischer, S.; Heiß, M.; Landwehr, M.; Fischer, W.-J.

**A 24 GHz RFID system-on-a-chip with on-chip antenna, compatible to ISO 18000-6C/EPC C1G2**

IEEE International Conference on Microwaves, Communications, Antennas and Electronic Systems (COMCAS), 2015, Tel Aviv, Israel, 4 S.

Liske, R.; Krause, R.; Uhlig, B.; Gerlich, L.; Bott, S.; Wislicenus, M.; Preusse, A.

**Theory of Co-Adsorption and 1st Application to Copper Superfilling**

227<sup>th</sup> ECS Meeting, 2015, Chicago, IL, USA, 12 S.

Moraes, I.R. de; Scholz, S.; Hermenau, M.; Tietze, M.L.; Schwab, T.; Hofmann, S.; Gather, M.C.; Leo, K.

**Impact of temperature on the efficiency of organic light emitting diodes**

Organic Electronics 26 (2015), S. 58–163

Müller, J.

**Ferroelectric Hafnium Oxide: A Material Innovation for Ferroelectric Memories**

Semicon Europe, 2015, Dresden

Müller, J.; Polakowski, P.; Drescher, M.; Paul, J.; Riedel, S.; Hoffmann, R.

**Compatibility and Integrability Challenges of Ferroelectric Hafnium Oxide Based Embedded Memory Solutions**

228<sup>th</sup> ECS Meeting, 2015, Phoenix, AZ, USA, 10 S.

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

**Ferroelectric hafnium oxide based materials and devices: Assessment of current status and future prospects**

ECS Journal of Solid State Science and Technology 4 (2015), Nr. 5, S. N30–N35

Müller, J.; Polakowski, P.; Paul, J.; Riedel, S.; Hoffmann, R.; Drescher, M.; Slesazeck, S.; Müller, S.; Mulaosmanovic, H.; Schröder, U.; Mikolajick, T.; Flachowsky, S.; Erben, E.; Smith, E.; Binder, R.; Triyoso, D.H.; Metzger, J.; Kolodinski, S.

**Integration challenges of ferroelectric hafnium oxide based embedded memory**

ECS Transactions 69 (2015), Nr. 3, S. 85–95

Müller, J.; Polakowski, P.; Riedel, S.

**Scaling and Optimization of Ferroelectric Hafnium Oxide for Memory Applications and Beyond**

47<sup>th</sup> International Conference on Solid State Devices and Materials (SSDM), 2015, Sapporo, Japan, 2 S.

Müller, S.; Slesazeck, S.; Henker, S.; Flachowsky, S.; Polakowski, P.; Paul, J.; Smith, E.; Müller, J.; Mikolajick, T.

**Correlation between Si:HfO<sub>2</sub> Macroscopic Ferroelectric Material Properties and Statistics of 28 nm FeFET Memory Arrays**

13<sup>th</sup> European Meeting on Ferroelectricity (EMF), 2015, Porto, Portugal, 9 S.

Müller, S.; Slesazeck, S.; Mikolajick, T.; Müller, J.; Polakowski, P.; Flachowsky, S.

**Next-generation ferroelectric memories based on FE-HfO<sub>2</sub>**

Joint IEEE International Symposium on Applications of Ferroelectric, International Symposium on Integrated Functionalities and Piezoelectric Force Microscopy Workshop (ISAF/ISIF/PFM), 2015, Singapore, S. 233–236

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

Mulaosmanovic, H.; Slesazeck, S.; Ocker, J.; Pesic, M.; Müller, S.; Flachowsky, S.; Müller, J.; Polakowski, P.; Paul, J.; Jansen, S.; Kolodinski, S.; Richter, C.; Piontek, S.; Schenk, T.; Kersch, A.; Künneth, C.; Bentum, R. van; Schröder, U.; Mikolajick, T.  
**Evidence of Single Domain Switching in Hafnium Oxide Based FeFETs: Enabler for Multi-Level FeFET Memory Cells**  
IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), 2015, Washington, DC, USA, 3 S.

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

**Atomic Layer Deposition of Titanium Nitride as electrode in BEoL devices using Titanium Tetrachloride and Tert-Butylhydrazine**

14<sup>th</sup> International Conference on Atomic Layer Deposition (ALD), 2014, Kyoto, Japan, Proceedings, 2015, Poster

Noack, A.

**Multi-Channel Beat Detector for a mobile ECG Monitoring Device: Presentation held at Cardiovascular**

Mobile Health Conference, 2015, Tabarz, Vortrag, 17 F.

Noack, A.; Weder, A.; Heinig, A.

**Self-Organizing Mobile Multi-Sensor Surveillance Platform for Emergency Management Situations**

8<sup>th</sup> Dresden Symposium "Hazards – Detection and Management", 2015, Dresden, Vortrag, 17 F.

Park, M.H.; Lee, Y.H.; Kim, H.J.; Kim, Y.J.; Moon, T.; Kim, K. D.; Müller, J.; Kersch, A.; Schroeder, U.; Mikolajick, T.; Hwang, C.S.  
**Ferroelectricity and antiferroelectricity of doped thin HfO<sub>2</sub>-based films**

Advanced Materials 27 (2015), Nr. 11, S. 1811–1831

Pietzsch, M.; Korb, E.

**Mobilitätsassistent »MOVEAS«**

AAL-Forum der Caritas Behindertenhilfe und Psychiatrie, 2015, Frankfurt/M., Vortrag, 9 F.

Pilon, L.; Stewart, A.; Bahia, R.; Hintschich, S.; Willner, C.; Eder, H.

**Removable Identification Technology to Differentiate Food Contact PET in Mixed Waste Streams: Interim Report**

München: bck GmbH, 2015, 23 S.

Polakowski, P.; Müller, J.

**Ferroelectricity in undoped hafnium oxide**

Applied Physics Letters 106 (2015), Nr. 23, Art. 232905

Rabelo de Moraes, I.; Scholz, S.; Hermenau, M.; Tietze, M. L.; Schwab, T.; Hofmann, S.; Gather, Malte C.; Leo, K.

**Impact of temperature on the efficiency of organic light emitting diodes**

Organic Electronics 26 (2015), S. 158–163

Reichelt, D.

**Automatische Ortung und Navigation auf dem betrieblichen Hallenboden. Ein Überblick zu Industrie 4.0 Anwendungsfällen**

IHK: Industrie 4.0 –Ortungs- und Navigationsszenarien – Lösungen für die automatische Auftragsverfolgung und die Flexibilisierung der Fertigung, 2015, Dresden, Vortrag, 17 F.

Riedel, S.; Sundqvist, J.; Gumprecht, T.

**Low temperature deposition of silicon nitride using Si<sub>3</sub>Cl<sub>8</sub>**

Thin Solid Films 577 (2015), S. 114–118

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

**Spatio-angular light control in microscopes using micro mirror arrays**

Proceedings of SPIE Vol. 9305 (2015) Paper 93052Y

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

Sandner, T.; Baulig, C.; Grasshoff, T.; Wildenhain, M.; Schwarzenberg, M.; Dahlmann, H.-G.; Schwarzer, S.  
**Hybrid assembled micro scanner array with large aperture and their system integration for a 3D ToF laser camera**  
Proceedings of SPIE Vol. 9375 (2015) Paper 937505

Schirrmann, C.; Bornhorst, K.; Despang, H.-G.; Costache, F.  
**Development of a polymer energy harvester system for wireless sensor applications**  
4<sup>th</sup> International Conference on Materials and Applications for Sensors and Transducers (MAST) 2014, Bilbao, Spanien, Proceedings 2015, Poster

Schirrmann, C.; Pawlik, B.; Bornhorst, K.; Costache, F.  
**Integrated polymer actuator of large deflection for tunable microlenses**  
4<sup>th</sup> International Conference on Materials and Applications for Sensors and Transducers (MAST) 2014, Bilbao, Spanien, Proceedings 2015

Schmidt, J.-U.  
**Perspectives for high throughput laser material processing using micro mirror arrays**  
International Laser and Coating Symposium (ILaCoS), 2015, Dresden, Vortrag, 26 F.

Schneider, M.; Weiser, M.; Schrötke, C.; Meißner, F.; Endler, I.; Michaelis, A.  
**Pulse plating of manganese oxide nanoparticles on aligned MWCNT**  
Surface Engineering 31 (2015), Nr. 3, S. 214–220

Scholles, M.  
**Recent Trends in Developments of MEMS and Nanoelectronic Sensors**  
International NANO Industrial City Forum, 2015, Daejeon, Korea, Vortrag, 38 F.

Scholles, M.; Müller, M.; Amelung, J.  
**High-performance MEMS technology development: Challenges and Solutions**  
MEMS Congress Europe, 2015, Kopenhagen, Dänemark

Scholz, S.; Kondakov, D.; Lüsse, B.; Leo, K.  
**Degradation mechanisms and reactions in organic light-emitting devices**  
Chemical Reviews 115 (2015), Nr. 16, S. 8449–8503

Schroedter, R.; Roth, M.; Sandner, T.; Janschek, K.  
**Modellgestützte flachheitsbasierte Folgeregelung von quasistatischen Mikroskannern**  
VDI Mechatroniktagung, 2015, Dortmund, S. 25–30

Seidel, K.; Böttcher, M.; Dobritz, S.; Czernohorsky, M.; Riedel, S.; Weinreich, W.  
**Ultra-thin high density capacitors for advanced packaging solutions**  
20<sup>th</sup> European Microelectronics and Packaging Conference (EMPC), 2015, Friedrichshafen, Vortrag, 5 F.

Sicker, C.; Heber, J.; Berndt, D.; Rückerl, F.; Tinevez, J.-Y.; Shorte, S.; Wagner, M.; Schenk, H.  
**Spatially resolved contrast measurement of diffractive micromirror arrays**  
Proceedings of SPIE Vol. 9375 (2015) Paper 93750D

Steinke, P.; Calvo, J.; Uhlig, B.  
**Advanced Wet-Etch-Only Process for Complete Tri-Layer Rework**  
ECS Transactions 69 (2015), Nr. 8, S. 53–158

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

Stolz, M.; Schimmanz, K.; Gaudet, M.; Schenk, H.

**Static and dynamic characterization of micro and nano samples using Digital Holographic Microscopy**

11<sup>th</sup> Interregional Workshop on Advanced Nanomaterials (IWAN), 2015, Cottbus, Poster

Stübner, R.; Kolkovsky, V.; Weber, J.

**Different configurations of the carbon-hydrogen complex in Si: A Laplace Deep Level Transient Spectroscopy study**

28<sup>th</sup> International Conference on Defects in Semiconductors (ICDS), 2015, Espoo, Finland

Stübner, R.; Kolkovsky, V.; Weber, J.; Abrosimov, N.

**Carbon-hydrogen complexes in n- and p-type SiGe-alloys studied by Laplace Deep Level Transient Spectroscopy**

Gettering and Defect Engineering in Semiconductor Technology (GADEST), 2015, Bad Staffelstein

Thrun, X.; Browning, C.; Choi, K.-H.; Figueiro, T.; Hohle, C.; Saib, M.; Schiavone, P.; Bartha, J. W.

**Sensitivity analysis for high accuracy proximity effect correction**

Proceedings of SPIE Vol. 9635 (2015) Paper 963515

Thrun, X.; Choi, K.-H.; Gutsch, M.; Hohle, C.; Rudolph, M.; Seidel, K.

**Nano patterning at Fraunhofer IPMS-CNT: Fabrication of silicon master for NIL via e-beam direct write**

Workshop on  $\mu$ -contact-printing and nanoimprint technology, 2015, Dresden, Poster

Uhlig, S.; Conrad, H.; Langa, S.; Schenk, H.

**Characterization of mechanical stress in a-Si, TiAl, TiN and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> thin film layers for micro actuators development**

11<sup>th</sup> Interregional Workshop on Advanced Nanomaterials (IWAN), 2015, Cottbus, Vortrag

Vogel, U.; Fehse, K.; Wartenberg, P.; Knobbe, J.; Scholles, M.; Richter, B.; Hild, O.

**Steerable patterned OLED backlight for autostereoscopic display application**

Proceedings of SPIE Vol. 9629 (2015) Paper 96290Q

Wagner, J.; Ostendorf, R.; Grahmann, J.; Merten, A.; Hugger, S.; Butschek, F.; Fuchs, F.; Boskovic, D.; Schenk, H.

**Recent advances in EC-QCL technology and its use in spectroscopic sensing**

International Conference on Advanced Vibrational Spectroscopy (ICAVS-8), 2015, Wien, Österreich

Wagner, J.; Ostendorf, R.; Grahmann, J.; Merten, A.; Hugger, S.; Jarvis, J. P.; Fuchs, F.; Boskovic, D.; Schenk, H.

**Widely external-cavity tunable Quantum cascade lasers for spectroscopic sensing**

3<sup>rd</sup> International Workshop on Opportunities and Challenges in Mid-Infrared Laser-Based Gas Sensing (MIRSENS3), 2015, Würzburg, Vortrag, 34 F.

Wagner, J.; Ostendorf, R.; Grahmann, J.; Merten, A.; Hugger, S.; Jarvis, J. P.; Fuchs, F.; Boskovic, D.; Schenk, H.

**Widely tunable quantum cascade lasers for spectroscopic sensing**

Proceedings of SPIE Vol. 9370 (2015) Paper 937012

Wagner, J.; Ostendorf, R.; Grahmann, J.; Merten, A.; Hugger, S.; Jarvis, J.-P.; Fuchs, F.; Schenk, H.

**Recent advances in widely tunable quantum cascade lasers and their use in spectroscopic sensing**

3<sup>rd</sup> International Conference and Exhibition on Lasers, Optics & Photonics, 2015, Valencia, Spanien, Vortrag

Wagner-Reetz, M.; Koch, J.; Bott, S.; Tanner, R.; Jung, K.; Wrschka, P.; Uhlig, B.

**Defect Inspection Capabilities @ Fraunhofer IPMS-CNT**

33. CMP Users Meeting, 2015, Berlin, 18 S.

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

Weder, A.; Kircher, M.; Noack, A.

**A Movement Resilient, Mobile, 24-Bit, Long-term ECG-Monitoring Platform: Presented at Cardiovascular Mobile Health Conference, 2015, Tabarz, 1 S.**

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

**High-k dielectrics by ALD for BEOL compatible MIM Capacitors**

ALD Workshop Semicon Europe, 2015, Dresden, Vortrag

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

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

Microelectronic Engineering 137 (2015), S.11–15

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

**MEMS scanner mirror based system for retina scanning and in eye projection**

Proceedings of SPIE Vol. 9375 (2015) Paper 937506

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

**Zuverlässige Zugangskontrolle durch Authentifizierung mittels MEMS basiertem Retinascanner mit zusätzlicher Projektionsoption**

MikroSystemTechnik Kongress, 2015, Karlsruhe, S. 354–357

Zhou, D.Y.; Guan, Y.; Vopson, M.M.; Xu, J.; Liang, H.L.; Cao, F.; Dong, X.L.; Mueller, J.; Schenk, T.; Schroeder, U.

**Electric field and temperature scaling of polarization reversal in silicon doped hafnium oxide ferroelectric thin films**

Acta Materialia 99 (2015), S.240–246

# ACADEMIC THESES

Dissertations	Dissertationen
Bechtel, Christin	<b>Development of a MEMS-based confocal laser scanning microscope for fluorescence imaging</b> Technische Universität Dresden; Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. habil. Czarske; Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Hubert Lakner, Prof. Dr. rer. nat. Koch
Graf, Alexander	<b>Entwicklung eines miniaturisierten Ionenfilters und Detektors für die potentielle Anwendung in Ionenmobilitätsspektrometern</b> Technische Universität Dresden; Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. habil. René Schüffny; Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Hubert Lakner, Prof. Dr. rer. nat. Wilfried Mokwa
Heiß, Michael	<b>Antennenentwurf für Radio-Frequency Identification (RFID)-Sensor-Transponder</b> Technische Universität Dresden; Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Dirk Plettmeier; Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. Wolf-Joachim Fischer, Prof. Dr.-Ing. habil. Peter Jung
Pügner, Tino	<b>Entwicklung eines hybrid-integrierten Gitterspektrometers basierend auf einem mikro-opto-elektro-mechanischen Bauelement</b> Technische Universität Dresden; Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. habil. J. Lienig; Gutachter: Prof. Dr.-Ing. H. Lakner, Prof. Dr. rer. nat. W. Mokwa
Diploma Theses	Diplomarbeiten
Bartl, Clemens	<b>Untersuchungen an Hard- und Firmware für ein fehlertolerantes Sensornetzwerk, welches in faserverstärkte Verbundwerkstoffe integrierbar ist</b> Technische Universität Dresden; Betreuer: Dr. Andreas Heinig, Prof. Wolf-Joachim Fischer
Kircher, Marco	<b>Entwicklung einer Methode zur Erhöhung der Robustheit der Herzschlagdetektion</b> Technische Universität Dresden; Betreuer: Sebastian Zaunseder, Alexander Noack
Müller, Franz	<b>Konzeption eines High-Density-Interconnect (HDI) Verdrahtungsträgers zur hochparallelen Signalübertragung und dessen Optimierung anhand von Simulationen</b> Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden; Betreuer: Hannes Torlee, A. Binner, Prof. Dr.-Ing. Norbert Michalke
Söberdt, Toni	<b>Entwicklung eines Systems und Optimierung von Treibersignalen zur Ansteuerung von Kapazitiven Mikromechanischen Ultraschallwandlern (CMUT)</b> Technische Universität Dresden; Betreuer: Helmut Budzier, Markus Klemm
Volkman, Stefan	<b>Entwurf einer Mehrgrößenregelung zur hochdynamischen und präzisen zweidimensionalen Positionierung eines mikromechanischen Vektorscanners</b> Technische Universität Dresden; Betreuer: Dr. Thilo Sandner, Klaus Janschek
Zschorn, Christopher	<b>Entwicklung und Charakterisierung einer OFDM-Entwicklungsplattform für die optische drahtlose Übertragung</b> Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden; Betreuer: Michael Faulwaßer; Dr. Frank Deicke

## WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

# ACADEMIC THESES

### Master Theses

### Masterarbeiten

<b>Dhavamani, Abitha</b>	<b>Development and Characterization of a novel Co.N, Barrier Process for Future Semiconductor Technology Nodes</b> Technische Universität Dresden; Betreuer: Prof. J. W. Bartha
<b>Martin, Torsten</b>	<b>Untersuchung eines selektiven MOCVD-Prozesses zur Herstellung von Kobaltdeckschichten für die Kupfermetallisierung</b> Westfälische Hochschule Zwickau; Betreuer: Benjamin Uhlig
<b>Nagy, Nicole</b>	<b>Untersuchung des Korrosionsverhaltens von kobalthaltigen Dünnschichten für den Einsatz in der Halbleitertechnologie</b> Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden; Betreuer: Grit Kalies, Benjamin Uhlig
<b>Nakhaee, Siavash</b>	<b>Analysis of the Light Absorption Properties in Silicon Heterojunction Solar Cells by Optical Simulation</b> Technische Universität Cottbus-Senftenberg; Betreuer: Prof. Harald Schenk; Dr. Kaining Ding
<b>Nibio, Vincent</b>	<b>Ansteuerung eines MEMS-basierten Laserprojektionssystems mittels einer Xilinx Zynq-SoC Plattform</b> Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden; Betreuer: Mario Grafe
<b>Tauchnitz, Tina</b>	<b>Elektrodenmaterialien für Grabenkondensatoren mit sehr hohem Aspektverhältnis zur Anwendung in 3D-integrierten passiven Bauelementen</b> Technische Universität Bergakademie Freiberg; Betreuer: Yvonne Joseph; Dr. Malte Czernohorsky

### Bachelor Theses

### Bachelorarbeiten

<b>Gertrup, Marie-Louise</b>	<b>Characterisation of environmental influences on a new class of nano-actuators</b> Technische Universität Cottbus-Senftenberg; Betreuer: Holger Conrad
<b>Reum, Thomas</b>	<b>Entwicklung von chipangepassten RFID-Transponder-Antennen</b> Fachhochschule Schmalkalden; Betreuer: Reinhold Michelfeit, Dr. Michael Heiß
<b>Seifert, Richard</b>	<b>Entwicklung und Charakterisierung eines elektrostatischen Energy Harvesters auf Polymerbasis</b> Westfälische Hochschule Zwickau; Betreuer: Dr. Florenta Costache

## ANFAHRT

# HOW TO REACH US

### ROAD CONNECTION (EXPRESSWAY)

Follow expressway A4, from exit "Dresden-Flughafen" drive in direction Hoyerswerda along Hermann-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" exit expressway A4 at "Dresden-Flughafen" (81b) towards Dresden-Airport. Turn right at the crossway Hermann-Reichelt-Straße/Flughafenstraße. Follow Flughafenstraße 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" 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.

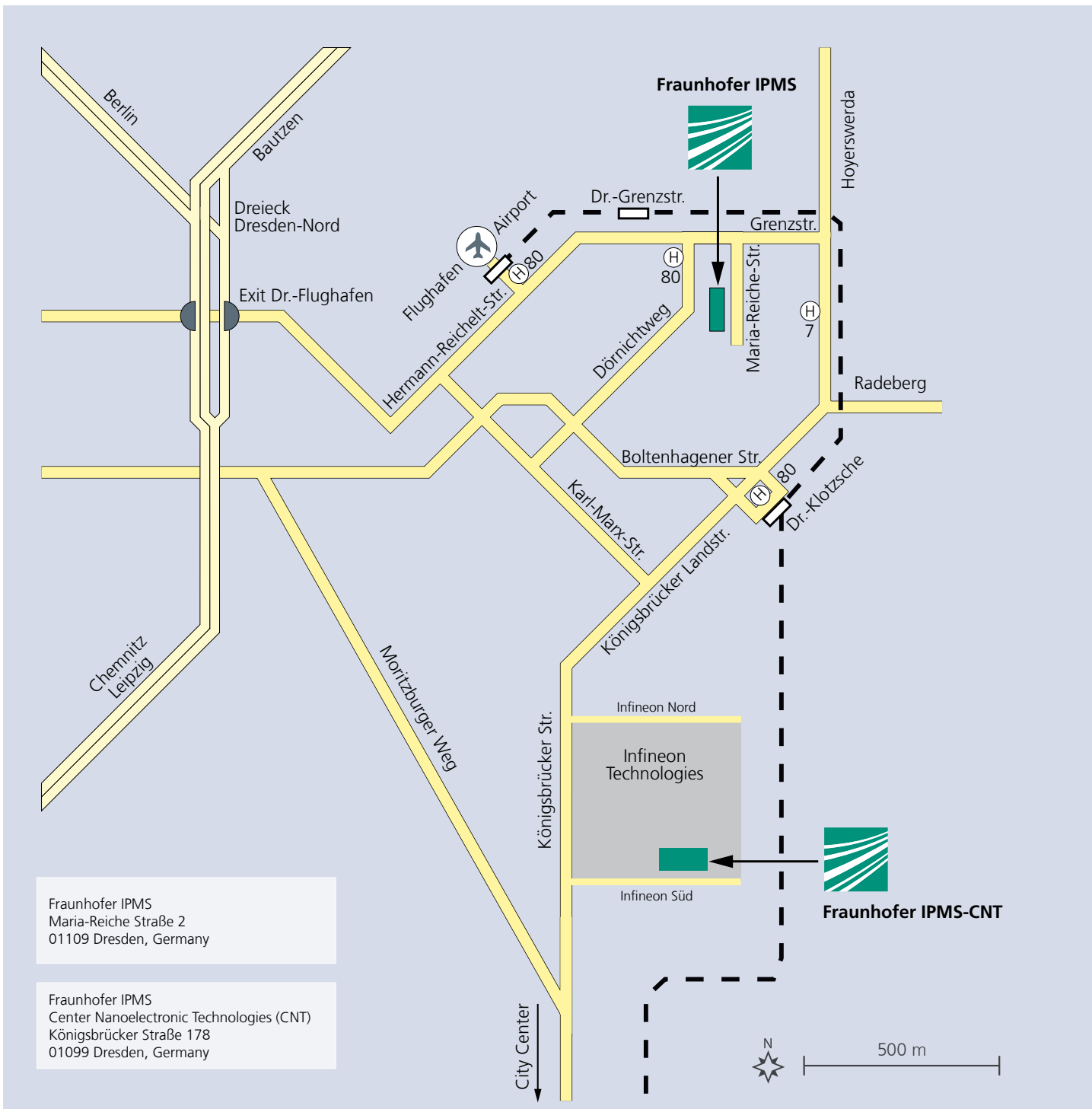
Zum Standort »Center Nanoelectronic Technologies« über die Autobahn A4 Ausfahrt »Dresden-Flughafen« (81b) abfahren in Richtung Dresden Flughafen. Rechts in die Flughafenstraße abbiegen, diese mündet in die Karl-Marx-Straße. Biegen Sie erneut rechts auf die Königsbrücker Landstraße, folgen Sie dieser 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« nutzen Sie die Buslinie 77 vom Flughafen direkt zu Infineon Nord. Von da aus sind es 5 Minuten zum Gebäude 48.





Fraunhofer IPMS  
 Maria-Reiche Straße 2  
 01109 Dresden, Germany

Fraunhofer IPMS  
 Center Nanoelectronic Technologies (CNT)  
 Königsbrücker Straße 178  
 01099 Dresden, Germany



## WEITERE INFORMATIONEN

# MORE INFORMATION

---

DR. MICHAEL SCHOLLES

---

Phone: +49 351 / 8823 - 201

Fax +49 351 / 8823 - 266

Email: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto: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)



[youtube.com/user/fraunhoferipms](https://youtube.com/user/fraunhoferipms)

## IMPRESSUM

# EDITORIAL NOTES

© Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme  
IPMS, Dresden 2016

### RECHTE

---

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur mit  
Genehmigung der Institutsleitung.

### GESTALTUNG

---

Fraunhofer IPMS

### ÜBERSETZUNG

---

Fraunhofer IPMS  
Terry Jung, Dresden

### DRUCK

---

Förster & Borries GmbH & Co. KG, Zwickau

### FOTOS

---

Fraunhofer-Gesellschaft;  
Jürgen Lösel/VISUM;  
Maximilian Drescher  
Sven Döring/VISUM, FOCUS  
Torsten Becker Illustrationen, Dresden

© Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems  
IPMS, Dresden 2016

### COPYRIGHTS

---

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

### LAYOUT

---

Fraunhofer IPMS

### TRANSLATION

---

Fraunhofer IPMS  
Terry Jung, Dresden

### PRINT

---

Förster & Borries GmbH & Co. KG, Zwickau

### PHOTOS

---

Fraunhofer-Gesellschaft;  
Jürgen Lösel/VISUM;  
Maximilian Drescher  
Sven Döring/VISUM, FOCUS  
Torsten Becker Illustrationen, Dresden

