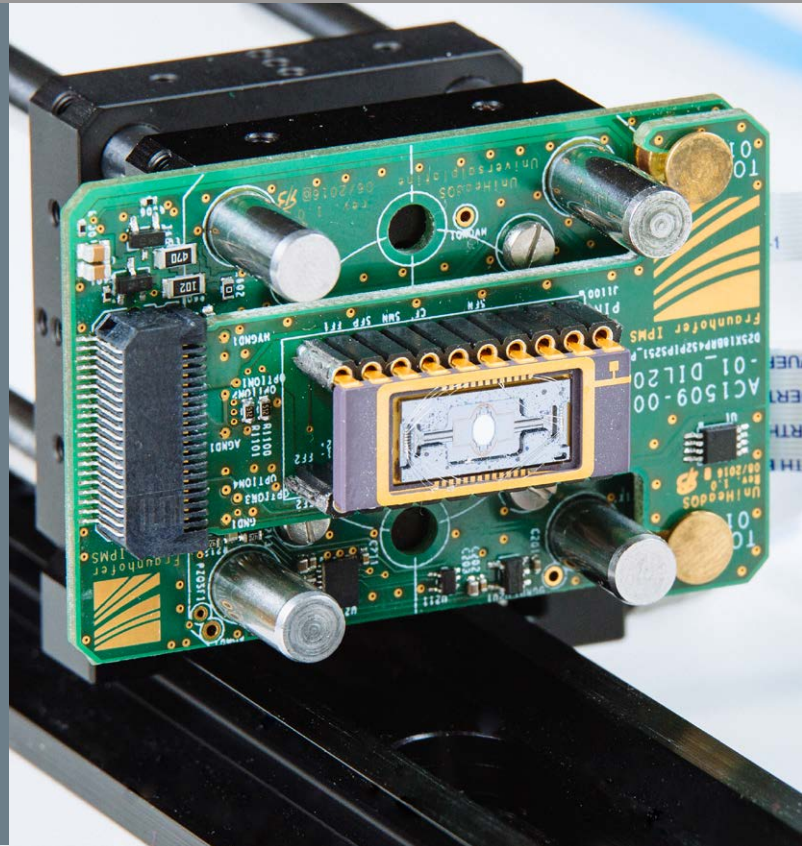




# Fraunhofer

## IPMS

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR PHOTONIC MICROSYSTEMS IPMS



JAHRESBERICHT  
ANNUAL REPORT

2016



---

Quality Management

ISO 9001

[www.dekraseal.com](http://www.dekraseal.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  
Postfach 10 13 44  
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  
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, Friends and Partners of the Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems,

First and foremost, we would like to thank you for your trust. Because of our steadfast collaboration with you, our customers with whom we have established long-term strategic partnerships, we were able to successfully complete the 2016 financial year. Financing more than half the operating budget of almost 35 million euros, industry contract research once again played a decisive role in a positive annual result that exceeded expectations.

Last year, we announced that our microsystems technology clean room would be expanded to 200 mm wafers. In 2016, the European Regional Development Fund (ERDF) provided 30 million euros to help with the procurement and installation of both new and upgraded existing equipment for the microsystems technology. We would like to thank the Free State of Saxony, the Federal Republic of Germany and the European Commission for these funds. Work is expected to be completed by the beginning of 2018. At that time, we will be compatible with many regional as well as international industry and research partners, to the benefit of our customers for whom new possibilities for the development and manufacture of innovative components of microsystems technology will then be available.

The requirements in microsystems technology, nanoelectronics and related technological aspects can rarely be met unilaterally.

## VORWORT

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

zunächst gilt Ihnen unser Dank für Ihr Vertrauen. Nur durch die vertrauensvolle Zusammenarbeit mit Ihnen, unseren Kunden, mit denen uns langjährige, strategische Partnerschaften verbinden, konnten wir das zurückliegende Geschäftsjahr 2016 wieder sehr erfolgreich abschließen. Entscheidenden Anteil daran hatte erneut die Vertragsforschung mit der Industrie, die mit etwas mehr als der Hälfte zur Finanzierung des operativen Betriebsbudgets in Höhe von diesmal annähernd 35 Millionen Euro beitrug. Damit wurde insgesamt ein positives Jahresergebnis erzielt, das die Erwartungen übertraf.

Bereits im letzten Jahresbericht berichteten wir über die Erweiterung unseres Mikrosystemtechnik-Reinraums auf 200-mm-Wafer. Mit Hilfe von 30 Millionen Euro aus dem »Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung – EFRE« begann im Jahr 2016 die Beschaffung und Installation neuer sowie die Umrüstung bestehender Anlagen für die Mikrosystemtechnik. Wir danken dem Freistaat Sachsen, der Bundesrepublik Deutschland und der Europäischen Kommission für die Bereitstellung dieser Mittel und rechnen mit einem termingerechten Abschluss der Arbeiten bis Anfang 2018. Wir werden dann kompatibel mit vielen regionalen und internationalen Industrie- und Forschungspartnern sein, was für unsere Kunden weitere Möglichkeiten zur Entwicklung und Fertigung innovativer Bauelemente der Mikrosystemtechnik eröffnet.

Die Anforderungen in der Mikrosystemtechnik, der Nanoelektronik und verwandten technologischen Aspekten lassen sich heutzutage nur noch selten im Alleingang bedienen. Die geforderten technologischen Fähigkeiten



Prof. Dr. Harald Schenk

sind dafür oft zu breit gefächert, oder es fehlt an der notwendigen Infrastruktur und apparativen Ausstattung. Das Fraunhofer IPMS hat dieser Entwicklung bereits in den Vorjahren Rechnung getragen. Beispiele sind zum einen das im Mai 2015 gestartete ECSEL-Projekt »ADMONT« und zum anderen das Anfang 2016 begonnene Leistungszentrum »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik«. Das Leistungszentrum hat sich im ersten Jahr des Bestehens bereits als großer Erfolg erwiesen.

Als nächsten Schritt werden im Laufe des Jahres 2017 die Institute des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik ihre Zusammenarbeit untereinander und mit anderen außer-universitären Forschungseinrichtungen der Mikro- und Nanoelektronik neu ausrichten und organisieren. Um auch kleineren Unternehmen Spitzentechnologien unter Wettbewerbsbedingungen anbieten zu können, werden die elf Verbundinstitute, sowie die Leibniz-Institute IHP in Frankfurt/Oder und FBH in Berlin die vorhandene, bislang dezentral organisierte Technologieforschung in einem gemeinsamen, standortübergreifenden virtuellen, zentral organisierten Technologiepool »Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland« (FMD) zusammenführen und strategisch ausbauen. Für den Aufbau der FMD stehen vom Bundesministerium für Bildung und Forschung insgesamt 350 Millionen Euro in Aussicht. Der Förderantrag wurde Anfang 2017 eingereicht.

Wir sind zuversichtlich, dass wir insgesamt 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

Either the necessary technological skills are often too broad or critical infrastructure and equipment is not at hand. Fraunhofer IPMS has addressed these issues in previous years through the ECSEL "ADMONT" project launched in May of 2015 and the "Functional Integration for Micro-/Nanoelectronics" project which began in early 2016. The performance center has already proven to be a great success in its first year, taking in a high amount of additional industrial orders.

In 2017, the institutes of the Fraunhofer Group for Microelectronics will take the next steps of newly orienting and organizing collaborations among themselves as well as with other non-university institutions doing micro- and nanoelectronics research. In order to be able to competitively provide smaller companies state-of-the-art technologies, the eleven group institutes as well as the Leibniz Institutes IHP in Frankfurt/Oder and FBH in Berlin will merge and strategically expand the existing, decentralized technological research into the joint "Research Factory Microelectronics Germany" (FMD) multi-location, virtual, centrally-organized technology pool.

Overall, we are confident that we have set the course for the institute's continued success and would be pleased to keep you as our customers, sponsors and partners.

Hubert Lakner and Harald Schenk

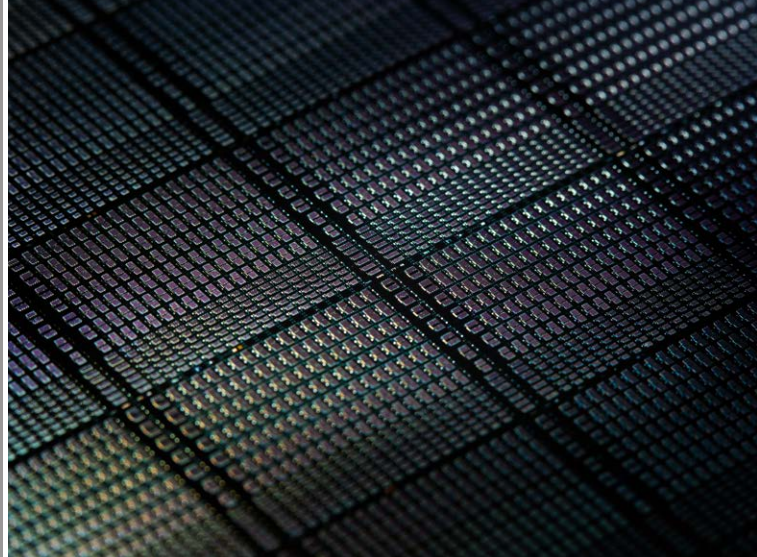


## CONTENTS

<b>Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems IPMS</b> .....	<b>1</b>
The Fraunhofer IPMS in Profile. ....	6
Fraunhofer-Gesellschaft. ....	8
Fraunhofer Group for Microelectronics ....	9
Fraunhofer IPMS in Figures ....	10
Board of Trustees. ....	11
Memberships and Networks ....	12
Scientific Excellence. ....	14
<b>Applications and Business Units</b> .....	<b>18</b>
Active Micro-optical Components and Systems ....	20
Spatial Light Modulators ....	22
Environmental Sensing ....	24
Mesoscopic Actuators and Systems ....	26
Wireless Microsystems. ....	28
Center Nanoelectronic Technologies ....	32
<b>MEMS Technologies Dresden</b> .....	<b>36</b>
<b>Center Nanoelectronic Technologies</b> .....	<b>46</b>
<b>Highlights</b> .....	<b>54</b>
Research Factory Microelectronics Germany. ....	56
Fraunhofer IPMS Microsystems Clean Room Extends to 200 MM Process Line ....	58
VON ARDENNE Supplies Fraunhofer IPMS with Cluster System for MEMS Fabrication ....	59
Official Launch of the ECSEL "IoSense" Project ....	60
ADMONT Presents First Demonstrator ....	61
Micro/Nano High Performance Center starts operational work ....	62
Economy 4.0: German Federal Ministry of Education and Research and Fraunhofer set common course ....	63
Prof. Dr. Hubert Lakner receives Fraunhofer Medal ....	64
The Center Nanoelectronic Technologies Industry Partner Day ....	65
Ten Years of Successful Cooperation between HiperScan and Fraunhofer IPMS ....	66
Prof. Lakner visits semiconductor companies in Taiwan. ....	67
Award for Novel, High-Performance Electrostatic Microactuators. ....	68
Dr. Bert Kaiser receives Max Grünebaum Prize ....	69
Fraunhofer IPMS Featured at German Unity Celebration in Dresden. ....	70
Completed Public Projects. ....	71
<b>Knowledge Management</b> .....	<b>74</b>
Patents ....	76
Publications. ....	85
Academic Theses. ....	92

- ◀ In 2016 the upgrade from 150 mm wafers to 200 mm wafers has begun.

Capacitive pressure sensors in surface micromechanics integrable as post CMOS module. ▶




---

## INHALT

---

<b>Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS</b> .....	<b>1</b>
Das Fraunhofer IPMS im Profil .....	6
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>18</b>
Aktive Mikrooptische Komponenten und Systeme .....	20
Flächenlichtmodulatoren .....	22
Environmental Sensing .....	24
Mesoskopische Aktoren und Systeme .....	26
Drahtlose Mikrosysteme .....	28
Center Nanoelectronic Technologies .....	32
<b>MEMS Technologies Dresden</b> .....	<b>36</b>
<b>Center Nanoelectronic Technologies</b> .....	<b>46</b>
<b>Höhepunkte</b> .....	<b>54</b>
Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland .....	56
Fraunhofer IPMS stellt Anlagen und Prozesse auf größeres Waferformat um .....	58
VON ARDENNE rüstet Fraunhofer IPMS mit Cluster-System für die MEMS-Fertigung aus .....	59
ECSEL-Projekt »IoSense« offiziell gestartet .....	60
ADMONT präsentiert ersten Demonstrator .....	61
Leistungszentrum »Mikro/Nano« nimmt operative Arbeit auf .....	62
Wirtschaft 4.0: Bundesministerium für Bildung und Forschung und Fraunhofer setzen gemeinsame Akzente .....	63
Prof. Dr. Hubert Lakner erhält die Fraunhofer-Medaille .....	64
Industry Partner Day des Center Nanoelectronic Technologies CNT .....	65
Zehn Jahre erfolgreiche Zusammenarbeit zwischen HiperScan und Fraunhofer IPMS .....	66
Prof. Lakner besucht Mikroelektronik-Unternehmen in Taiwan .....	67
Auszeichnung für neuartige, leistungsfähige Klasse elektrostatischer Mikroaktoren .....	68
Dr. Bert Kaiser erhält Max-Grünebaum-Preis .....	69
Fraunhofer IPMS präsentierte sich zur Einheitsfeier in Dresden .....	70
Abgeschlossene öffentliche Projekte .....	71
<b>Wissensmanagement</b> .....	<b>74</b>
Patente .....	76
Veröffentlichungen .....	85
Wissenschaftliche Arbeiten .....	92



### THE FRAUNHOFER IPMS IN PROFILE

---

The Fraunhofer IPMS with its 300 employees is dedicated to applied research and development at the highest international level in the fields of photonic microsystems, microsystems technologies, nano-electronic technologies and wireless microsystems. Innovative processes and products which are based upon our various technologies can be found in all large markets – such as information and communication technologies, consumer products, automobile technology, semi-conductor technology, measurement and medical technology. More than 50 percent of our annual operating expense of 35 million euros is financed by direct commissions from industry.

Regarding micromechanical and photonic microsystems we offer complete solutions: From conception to component right up to complete systems. This includes sample and pilot production in our 1500 m<sup>2</sup> (15,000 ft<sup>2</sup>) clean room (ISO 14644-1 class 4) with qualified processes. In order to meet the challenging demands of our customers, our institute is certified according to the standard DIN EN 9001:2008 for research, development and fabrication including semiconductor and microsystem processes as well as integrated actuators and sensor technologies.

Additionally, our business unit Center Nanoelectronic Technologies CNT provides services in the field of nano and micro electronics with functional electronic materials, processes and systems, device and integration, maskless lithography and analytics. Another 800 m<sup>2</sup> of clean room space (ISO 14644-1 class 6) is available for this purpose, along with analysis and metrology processes with atomic resolution and high sensitivity.

### DAS FRAUNHOFER IPMS IM PROFIL

---

Das Fraunhofer IPMS mit seinen 300 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern steht für angewandte Forschung und Entwicklung auf internationalem Spitzenniveau in den Bereichen Photonische Mikrosysteme, Mikrosystemtechnologien, Nanoelektronische Technologien und Drahtlose Mikrosysteme. In allen großen Märkten – wie Informations- und Kommunikationstechnologien, Konsumgüter, Fahrzeugtechnik, Halbleiter, Mess- und Medizintechnik – finden sich innovative Prozesse und Produkte, die unsere Technologien nutzen. Mehr als die Hälfte unseres jährlichen operativen Aufwands von 35 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 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



*Johannes Kade*

Compliance



*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*

Environmental  
Sensing

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 69 institutes and research units. The majority of the 24,500 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of 2.1 billion euros. Of this sum, 1.9 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 state 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/en.html](http://www.fraunhofer.de/en.html)

## 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 69 Institute und Forschungseinrichtungen. 24 500 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen 1,9 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 18 Mitgliedsinstituten, darunter dem Fraunhofer IPMS, gebündelt. Das jährliche Budget beträgt etwa 412 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 branchenspezifische, ganzheitliche und maßgeschneiderte Systementwicklungen in den folgenden Geschäftsfeldern, die 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 18 Fraunhofer institutes including the Fraunhofer IPMS with a total of more than 3000 employees and a combined budget of roughly 412 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:

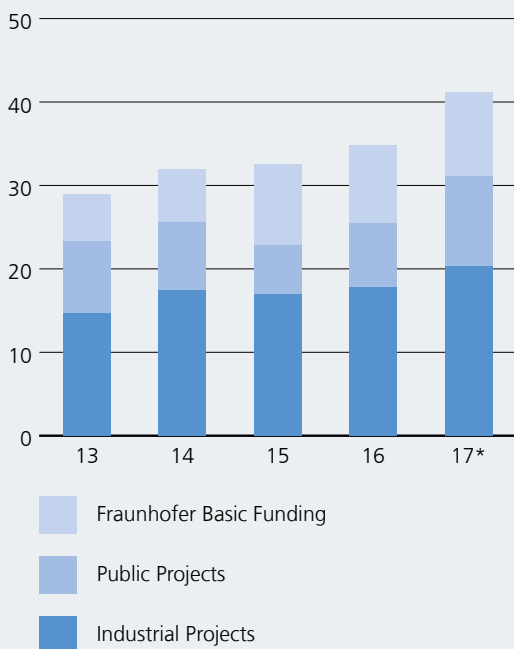
- Smart and Healthy Living
- Energy Efficient Systems
- Mobility and Urbanization
- Industrial Automation

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.

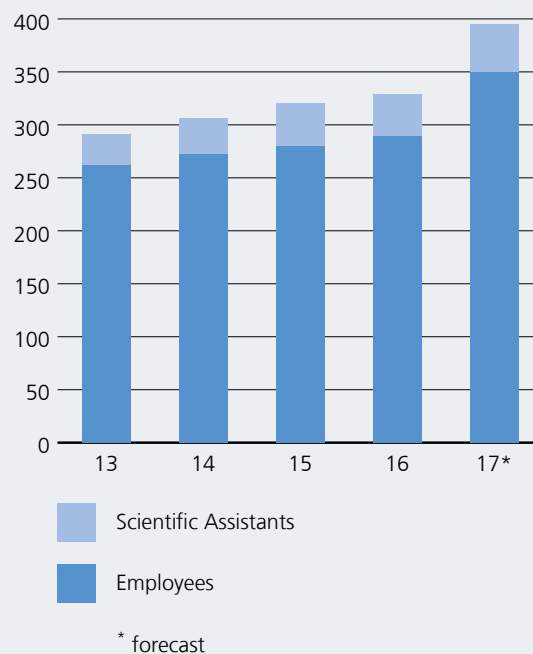
[www.mikroelektronik.fraunhofer.de/en/](http://www.mikroelektronik.fraunhofer.de/en/)

# FRAUNHOFER IPMS IN FIGURES

BUDGET (IN MILLION EUROS)



EMPLOYEES



BREAKDOWN OF PROJECT REVENUES AS PERCENTAGES OF THE OPERATING BUDGET

	2013	2014	2015	2016	2017*
Industry	51,5 %	54,7 %	52,5 %	51,0 %	49,3 %
Public Revenues	29,6 %	25,6 %	17,8 %	22,1 %	26,4 %
Total	81,7 %	80,4 %	70,3 %	73,1 %	75,7 %
Employees	262	272	280	289	350




---

KURATOREN

BOARD OF TRUSTEES

---

**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*

**Konrad Herre**

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

**Dirk Hilbert**

*Landeshauptstadt Dresden, Mayor*

**Dr. Claudia Herok**

*Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur Brandenburg, Head of Division*

**Dagmar Lange**

*Industrie- und Handelskammer Chemnitz, Project Manager »Digitalisierung, Industrie 4.0«*

**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**

*Independent Consultant*

**Dr. Hermann Schenk**

*Schenk Industry Consulting, Managing Director*

**Dr. Ronald Schnabel**

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

**Prof. Dr. Frank Schönefeld**

*T-Systems Multimedia Solutions GmbH, Member of the Board*

**Prof. Dr. Ronald Tetzlaff**

*TU Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, Dean*

MITGLIEDSCHAFTEN UND NETZWERKE

MEMBERSHIPS AND NETWORKS



Association for Automatic Identification and Mobility



NETZWERK DRESDEN  
STADT DER WISSENSCHAFTEN





---

## NETZWERKE DES FRAUNHOFER IPMS

---

Das Fraunhofer IPMS engagiert sich in Wissenschafts- und Kompetenznetzwerken der optischen Technologien und Photonik, der Mikrosystemtechnik, drahtlosen Kommunikation 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.

Um den Austausch mit der Wirtschaft zu fördern, pflegt das Fraunhofer IPMS eine enge Zusammenarbeit mit verschiedenen Branchenverbänden wie dem Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien (SPECTARIS), dem AMA Verband für Sensorik und Messtechnik, dem globalen Netzwerk für die Mikro- und Nanoelektronikindustrie SEMI oder Silicon Saxony. So war das Fraunhofer IPMS im Jahr 2016 beispielsweise Gastgeber des Silicon Saxony RFID-Symposiums und gemeinsam mit SEMI Mitveranstalter der Reise einer Industriedelegation nach Taiwan.

Das Fraunhofer IPMS ist außerdem in Standardisierungsorganisationen sowohl für die drahtgebundene und drahtlose Kommunikation als auch für das Thema Industrie 4.0 aktiv. Neben der Mitarbeit im CiA, der OPC Foundation und im AMA ist hier das Engagement im Industrieverband für Automatische Identifikation, Datenerfassung und Mobile Datenkommunikation (AIM) hervorzuheben. Mit dem AIM beteiligte sich das Fraunhofer IPMS 2016 erstmalig auch als Aussteller auf der Fachmesse für Verpackungslösungen FachPack und nahm auf dem AIM-Gemeinschaftsstand auch für die LogiMAT – internationale Fachmesse für Distribution – im März 2017 teil.

---

## FRAUNHOFER IPMS COOPERATIONS

---

Fraunhofer IPMS operates in the scientific and competence networks of optical technologies and photonics, microsystems technology, wireless communication and microelectronics. Scientists actively exchange experience by participating in specialist lectures, exhibitions and working circles. They promote know-how transfer, advocate close economic relationships and encourage strong innovation.

In support of its exchange with industry, Fraunhofer IPMS maintains close collaborations and holds regular joint events with various industry associations such as the Industry Association for Optical, Medical and Mechatronic Technologies (SPECTARIS), the AMA Association for Sensors and Measurements, the global SEMI network for the micro- and nano-electronics industry and Silicon Saxony. In 2016, Fraunhofer IPMS hosted the Silicon Saxony RFID Symposium and co-organized a Taiwanese industrial delegation together with SEMI.

The Fraunhofer IPMS is also active in standardization organizations for both wired and wireless communication as well as for smart industrial solutions. In addition to cooperations with the CiA, the OPC Foundation and the AMA, emphasis is placed on involvement in the Automatic Identification, Data Collection and Mobile Data Communication (AIM) industry association. Fraunhofer IPMS first participated with AIM as an exhibitor at the 2016 FachPack trade fair for packaging solutions and recently took part in the AIM joint stand at the 2017 LogiMAT international trade fair for distribution in March.

# SCIENTIFIC EXCELLENCE

### SCIENCE COOPERATIONS

---

Through professorships of its directors Hubert Lakner and Harald Schenk as well as group manager Dirk Reichelt, Fraunhofer IPMS is closely linked with the Dresden University of Technology and also with the Brandenburg Technical University Cottbus-Senftenberg and the Dresden University of Technology and Economics. (see the following pages). In addition to Fraunhofer IPMS industry business relationships and networking with other Fraunhofer institutes within the Fraunhofer Group for Microelectronics, these close affiliations make up a central pillar of the Fraunhofer success model. While the universities provide this special cooperation with innovative ability and competence in basic research, Fraunhofer IPMS contributes application-oriented research as well as technical equipment, contacts to businesses and market expertise. Students therefore receive both a well-founded theoretical education as well as practical training.

Close cooperation further exists at a regional level with institutes of the Max-Planck, Helmholtz and Leibniz associations, with whom Fraunhofer IPMS collaborates in the "Dresden – City of Sciences" and "DRESDEN concept" networks. These relationships have been forged to promote joint projects with the aim of combining the theoretical foundations of non-university research institutes with Fraunhofer IPMS practical implementation and to develop synergies in the areas of research, training, infrastructure and administration. Moreover the cooperation with institutes of the Leibniz association within the framework of the envisaged Research Factory Microelectronics (see page 56) is taking on a new quality.

### WISSENSCHAFTSKOOPERATIONEN

---

Das Fraunhofer IPMS ist durch Professuren seiner Institutsleiter Prof. Dr. Hubert Lakner und Prof. Dr. Harald Schenk sowie von Gruppenleiter Prof. Dr. Dirk Reichelt mit der Technischen Universität Dresden sowie darüber hinaus mit der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg sowie der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden verbunden (siehe nachfolgende Seiten). Diese enge Verzahnung ist neben den Geschäftsbeziehungen mit der Wirtschaft und der Vernetzung mit anderen Fraunhofer-Instituten im Verbund Mikroelektronik eine zentrale Säule des Fraunhofer-Erfolgsmodells. Während die Hochschulen ihre Innovationsfähigkeit und Kompetenz in der Grundlagenforschung in die Kooperation einbringen, leistet das Fraunhofer IPMS anwendungsorientierte Forschungsarbeit und steuert seine Kontakte zu Wirtschaftsunternehmen, technische Ausstattung und Marktexpertise bei. Studierende erhalten so nicht nur eine fundierte theoretische, sondern auch eine praxisnahe Ausbildung.

Eine enge Zusammenarbeit besteht außerdem auf regionaler Ebene mit Instituten der Max-Planck-, Helmholtz- und Leibniz-Gesellschaft, mit denen sich das Fraunhofer IPMS in den Netzwerken »Dresden – Stadt der Wissenschaften« und »DRESDEN-concept« zusammengeschlossen hat. Dies soll gemeinsame Projekte mit dem Ziel befördern, die theoretischen Grundlagen an den außeruniversitären Forschungseinrichtungen mit der praktischen Umsetzung am Fraunhofer IPMS zu verbinden und Synergien in den Bereichen Forschung, Ausbildung, Infrastruktur und Verwaltung zu erschließen. Die Vernetzung mit Mikroelektronik-Instituten der Leibniz-Gesellschaft wird darüber hinaus zukünftig im Rahmen der geplanten Forschungsfabrik Mikroelektronik (siehe Seite 56) eine neue Qualität erreichen.





---

## TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN

---

Seit Gründung des Fraunhofer IPMS besteht eine enge Partnerschaft mit der Technische Universität Dresden. Dies gilt im Besonderen für die Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik. Die Dekane stehen dem Fraunhofer IPMS traditionell als Kurator beratend zur Verfügung. Über die Professur für Optoelektronische Bauelemente und Systeme von Prof. Dr. Hubert Lakner aber auch darüber hinaus über andere Institute der Fakultät besteht ein intensiver Austausch mit Studierenden, Absolventinnen und Absolventen in der Grundlagen- und Auftragsforschung. Ausdruck der gemeinsamen Forschungsarbeiten sind regelmäßige gemeinschaftliche öffentliche Projektanträge, Veröffentlichungen, Messeteilnahmen und Patentanmeldungen.

Mit dem im Jahr 2015 ins Leben gerufenen Leistungszentrum »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik« wurde die Zusammenarbeit, speziell auf dem Gebiet der Entwicklung innovativer Komponenten und Fertigungstechnologien, im Jahr 2016 weiter intensiviert (siehe Seite 62).

Auch nach außen treten TU Dresden und Fraunhofer IPMS gemeinsam auf. Die TU Dresden gehört zu den elf Exzellenzuniversitäten Deutschlands. Unter der Marke »DRESDEN-concept« hat sich die TU Dresden mit Partnern aus Wissenschaft und Kultur, darunter dem Fraunhofer IPMS, zusammengeschlossen, um die Exzellenz der Dresdner Forschung sichtbar zu machen und ihre Wissenschaftsstrategie zu koordinieren.

---

## DRESDEN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

---

Since its founding, Fraunhofer IPMS has enjoyed a close partnership with the Dresden Technical University (TU Dresden). This applies in particular to the Faculty of Electrical Engineering and Information Technology. Deans have traditionally been available to Fraunhofer IPMS in the role of advisory trustees. Prof. Dr. Hubert Lakner's chair for optoelectronic components and systems as well as other faculties provide an intensive exchange with students and graduates in both basic and contract mission-oriented research. Examples of this collaborative research include regular joint public project proposals, publications, trade fairs and patent applications.

With the "Functional Integration for Micro-/Nanoelectronics" High-Performance-Center, launched in 2015, the development of innovative components and manufacturing technologies was further intensified in 2016 (see page 62).

Fraunhofer IPMS and TU Dresden also work together in external projects. One of the eleven designated „Universities of Excellence“ in Germany, TU Dresden has teamed with Fraunhofer IPMS and other partners from science and culture under the label „DRESDEN concept“ to coordinate a science strategy and highlight the outstanding research being conducted in Dresden.

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

Prof. Dr. Harald Schenk



## BRANDENBURG TECHNICAL UNIVERSITY COTTBUS-SENFTENBERG

---

As a result of Prof. Dr. Harald Schenk's professorship in Micro and Nano Systems, as well as the joint "Mesoscopic Actuators and Systems" project group (see page 26), Fraunhofer IPMS is closely connected to the Brandenburg University of Technology (BTU) Cottbus-Senftenberg. This unique cooperation includes the joint use of premises and laboratories at the BTU Cottbus-Senftenberg and the provision of attractive graduate studies and further education in the field of photonic microsystems in the »Cottbus Joint Lab« as well as joint research and development work.

The "Nano-Electrostatic Drive Valve and Micro-pump" project provides a good working example. In research funded by the European Fund for Regional Development, employees at BTU Cottbus-Senftenberg and Fraunhofer IPMS collaborate to develop components such as micropumps, microvalves and micro-dosing systems for silicon-based microfluidic applications for gases and liquids.

Further research activities of the BTU Cottbus-Senftenberg and Fraunhofer IPMS include working with other non-university research institutes in the cluster "FuSion" for which Prof. Dr. Harald Schenk serves as speaker. "FuSion" aims to gain a deeper understanding of materials, processes and film systems by taking an interdisciplinary approach that opens up new solutions for energy-efficient components.

## BRANDENBURGISCHE TECHNISCHE UNIVERSITÄT COTTBUS-SENFTENBERG

---

Durch die Professur für Mikro- und Nanosysteme von Prof. Dr. Harald Schenk einerseits sowie die gemeinsame Projektgruppe »Mesoskopische Aktoren und Systeme« (siehe Seite 26) andererseits ist das Fraunhofer IPMS besonders eng mit der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg verbunden. Die Zusammenarbeit reicht von der gemeinschaftlichen Nutzung von Laboren und Räumlichkeiten der BTU Cottbus-Senftenberg über die Bereitstellung attraktiver Studienschwerpunkte bei der Graduiertenausbildung und Weiterbildung auf dem Gebiet der photonischen Mikrosysteme im »Cottbus Joint Lab« bis hin zur gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsarbeit.

Ein Beispiel dafür ist das Projekt »Nano-Electrostatic Drive Valve and Micropump«. In dem vom Europäischen Fonds für Regionale Entwicklung geförderten Forschungsvorhaben entwickeln Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der BTU Cottbus-Senftenberg und des Fraunhofer IPMS Komponenten für Silizium-basierte Mikrofluidikanwendungen für Gase und Flüssigkeiten wie Mikropumpen, Mikroventile und Mikrodosiersysteme.

Darüber hinaus sind die Forschungsaktivitäten der BTU Cottbus-Senftenberg, des Fraunhofer IPMS sowie weiterer außeruniversitärer Forschungseinrichtungen im Cluster »FuSion« zusammengeführt. Ziel ist es, ein tieferes, auf einem interdisziplinären Ansatz beruhendes Verständnis zu Materialien, Prozessen und Filmsystemen zu erlangen, das neue Lösungen für energieeffiziente Bauelemente eröffnet. Sprecher des Clusters ist Prof. Dr. Harald Schenk.

Faculty of Informatics and Mathematics  
Chair of Information Management

Prof. Dr. Dirk Reichelt

---

## HOCHSCHULE FÜR TECHNIK UND WIRTSCHAFT HTW DRESDEN

---

Mit der am Geschäftsfeld »Wireless Microsystems“ angesiedelten Arbeitsgruppe »Smart Wireless Production« nutzt das Fraunhofer IPMS seit 2015 Synergien mit der Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) Dresden im Bereich Industrie 4.0. Die Gruppe, die über drei Jahre mit 1,2 Millionen Euro aus dem »Kooperationsprogramm Fachhochschulen« der Fraunhofer-Gesellschaft unterstützt wird, steht unter der Leitung von Prof. Dr. Dirk Reichelt, der gleichzeitig Professor für Informationsmanagement an der HTW Dresden ist. Die Kooperation der beiden Forschungseinrichtungen wurde am 14. Januar 2016 im Beisein von Frau Dr. Eva-Maria Stange, Sächsische Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst, feierlich gestartet. Mit der Arbeitsgruppe wollen Fraunhofer IPMS und HTW Dresden neuartige Lösungen für die digitale Transformation in der industriellen Fertigung entwickeln.

Mit einer ähnlichen Zielstellung beteiligt sich das Fraunhofer IPMS am Aufbau des so genannten »Industrial Internet of Things Test Bed« an der HTW Dresden. Dabei handelt es sich um eine Industrie 4.0-Modellfabrik, die teilautomatisierte Fertigungsprozesse möglichst real und detailliert nachbilden kann. Gemeinsam mit Industriepartnern stettet das Fraunhofer IPMS die Fabrik mit modernster Sensorik für die Aufnahme von Prozess- und Umweltparametern und Aktorik für die Prozesssteuerung aus. Das unter der Leitung von Prof. Dr. Dirk Reichelt am 1. August 2016 gestartete Projekt wird im Rahmen des Programms »Forschung an Fachhochschulen« des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) mit einer Summe von 1,5 Millionen Euro gefördert.



---

## DRESDEN UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES HTW DRESDEN

---

With the "Smart Wireless Production" working group anchored in the "Wireless Microsystems" business unit, Fraunhofer IPMS has used its synergy with the Dresden University of Applied Sciences (HTW Dresden) in the area of smart industrial production. The group, which has been supported for over three years with 1.2 million euros from the "Cooperation Program for Universities of Applied Sciences", is led by Prof. Dr. Dirk Reichelt who also holds a professorship in Information Management at the HTW Dresden. Officially launched on January 14, 2016 in the presence of Saxony's Minister for Science and Art, Dr. Eva-Maria Stange, the work group supports the Fraunhofer IPMS and HTW Dresden collaboration in developing novel solutions for the digital transformation in industrial manufacturing.

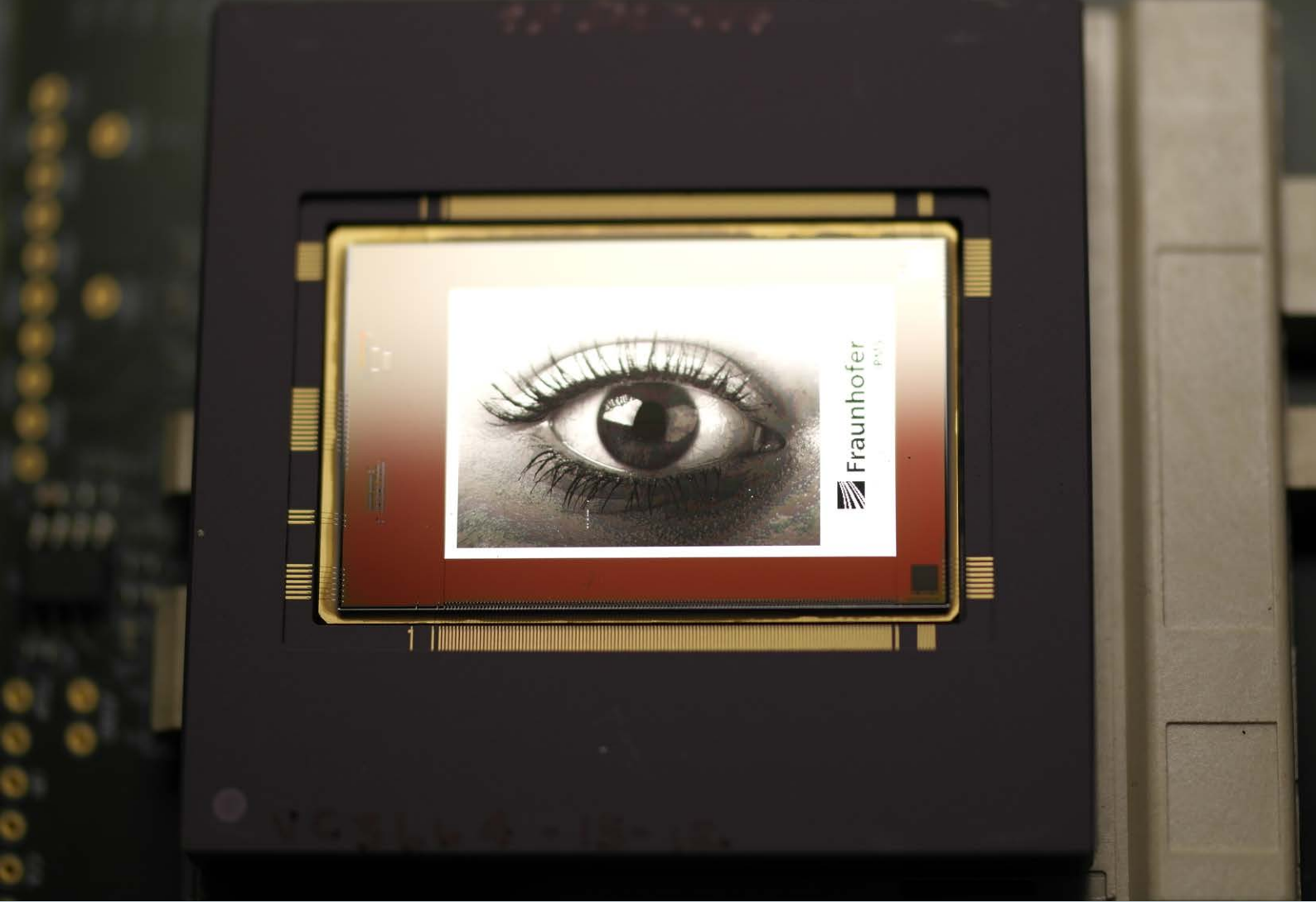
With similar intent, Fraunhofer IPMS takes part in the "Industrial Internet of Things Test Bed" project at the HTW Dresden. The test bed is a model "Industry 4.0" factory, able to reproduce highly real and precisely detailed partially-automated production processes. Together with industrial partners, Fraunhofer IPMS equips the factory with state-of-the-art sensor technology for recording both process and environmental parameters as well as actuators for process control. Launched under the direction of Prof. Dr. Dirk Reichelt on August 1, 2016, the project is funded with a total of 1.5 million euros as part of the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) "Research at Universities of Applied Sciences" program.

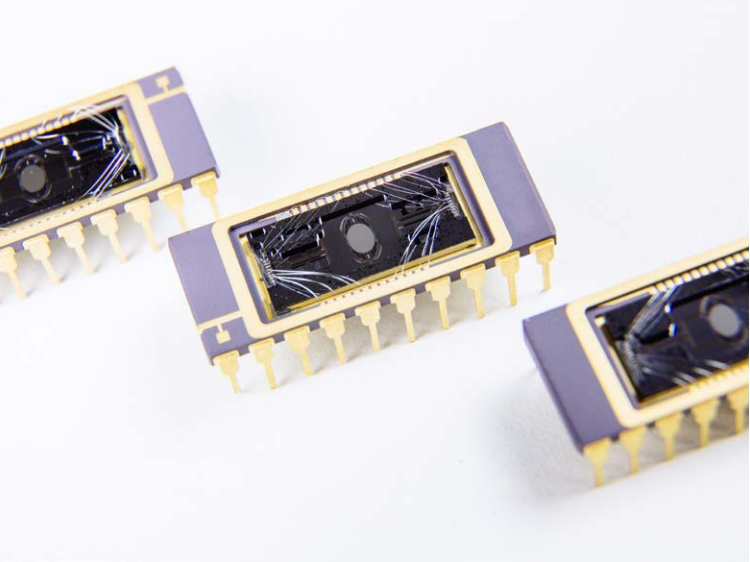
---

---

**ANWENDUNGEN UND GESCHÄFTSFELDER**

# **APPLICATIONS AND BUSINESS UNITS**





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, or 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 Fokusslagenmodulation. 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 Mikroscoopers für Anwendungen wie das Laserstrahlpositionieren oder vektorielles Scannen entwickelt.

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

◀◀ ResoLin type micro scanning mirrors.

Quasi-static MEMS scanner evaluation kit. ▶



---

### EVALUATION-KIT FÜR QUASISTATISCHE MEMS-SCANNER

---

Mit dem ResoLin-Evaluation-Kit »QSDrive Scan Kit« bietet das Fraunhofer IPMS seinen Kunden die Möglichkeit, kostenschonend und flexibel statisch auslenkbare MEMS-Scannerspiegel für Anwendungen zu erproben, die mit den verbreiteten resonant schwingenden Mikroschannern bislang nicht zufriedenstellend bedient werden konnten.

Die ResoLin-Scannertechnologie baut auf der am Institut für resonante Mikroschanner entwickelten Fertigungstechnologie auf. Die Idee besteht darin, die Antriebskämme der bisherigen resonanten Scanner gegeneinander dauerhaft zu verkippen. Damit wird ein linearer Antrieb der Spiegelplatte in einer Achse möglich. Des Weiteren kann zum Beispiel für einen Projektor ein resonanter Antrieb mit definierter Frequenz in der schnellen horizontalen Achse mit einer variablen quasi-statischen Auslenkung auf der vertikalen Achse kombiniert werden. So ausgestattete 3D-Kameras oder miniaturisierte Laserprojektoren bieten höhere Auflösung.

Das »QSDrive Scan Kit« wurde auf der Messe Vision im November 2016 vorgestellt. Es besteht aus einem ResoLin-Bauelement – einem kardanischen MEMS-Scanner mit einer linearen Achse und einer optionalen, orthogonal orientierten resonanten Achse – sowie einer Ansteuerlektronik, die den Betrieb der Bauelemente mit einer mitgelieferten optimierten Trajektorie ermöglicht. Das Bauelement wird von einem ebenfalls enthaltenen Scankopf gehalten, der leicht in gängige optische Versuchsaufbauten integriert werden kann. Je nach Ausführung des MEMS-Bauelements sind auch der geregelte Betrieb des Bauelements sowie ein synchronisierter Betrieb der resonanten Achse möglich.

---

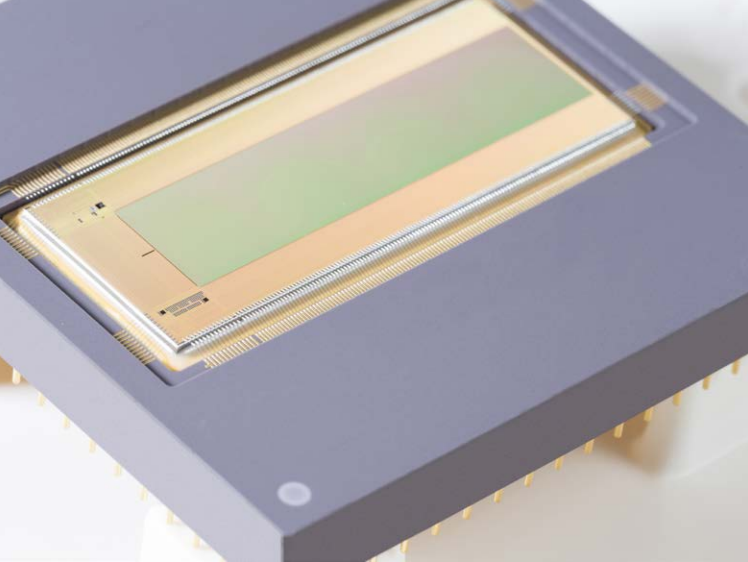
### EVALUATION KIT FOR QUASI-STATIC MEMS SCANNERS

---

With its "QSDrive Scan Kit", ResoLin Evaluation Kit, the Fraunhofer IPMS in Dresden now offers clients the opportunity for cost-effective and flexible testing of statically-deflectable MEMS scanning mirrors for applications that so far could not be satisfactorily implemented with commonly used resonant microscanners.

ResoLin scanner technology builds upon the manufacturing technology for resonant microscanners developed at the institute. The concept is to sustainably tilt the drive combs of the resonant scanners already in place toward each other, thereby allowing a linear drive of the mirror plate in one axis. Furthermore, a resonant drive with a defined frequency in the fast, horizontal axis can be combined with a variable quasi-static deflection on the vertical axis for a projector. 3D cameras or miniaturized laser projectors so equipped offer higher resolution.

The "QSDrive Scan Kit" was first presented at the Vision show in November 2016. It is comprised of a ResoLin component (a cardanic MEMS scanner with a linear axis and an optional, orthogonally-oriented resonant axis) as well as control electronics to operate components with an optimized trajectory. A scanning head, which can be easily integrated into popular optical test setups, is included. Controlled operation as well as the synchronized operation of the resonant axis are possible depending on the specific design of the MEMS component.



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

---

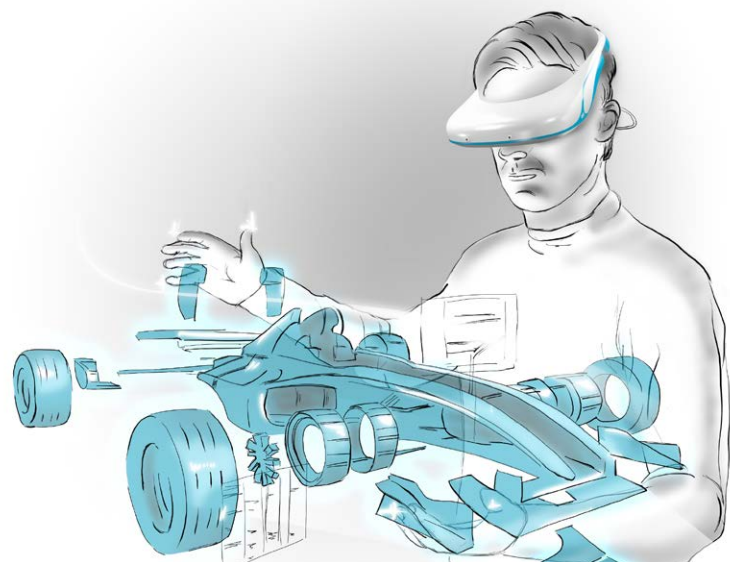
Flächenlichtmodulatoren des Fraunhofer IPMS bestehen aus einer Anordnung von Mikrosiegeln auf einem Halbleiterchip, wobei die Spiegelanzahl anwendungsspezifisch von einigen hundert bis zu mehreren Millionen Spiegeln variiert. Hierbei kommt in den meisten Fällen ein hochintegrierter anwendungsspezifischer 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 höhere Modulationsfrequenzen erzielt werden. Weitere Anwendungsbereiche sind die Augenheilkunde, Astronomie und Mikroskopie sowie die räumliche und zeitliche Laserstrahl- und Pulsformung.



◀◀ Micromirror array in ceramic package..

Fatigue-free virtual reality by micromirror array based holographic head-mounted display (© SeeReal Technologies). ▶



---

### COMPUTER-GENERIERTE HOLOGRAFIE MIT FLÄCHENLICHTMODULATOREN

---

Kaum jemand kann sich der Faszination holografischer Bilder entziehen. Sie können dem Betrachter eine realistische dreidimensionale Szene bieten und sind damit den einfacheren Stereobildern weit überlegen. Während statische Hologramme schon seit langem weit verbreitet sind, scheiterte die Darstellung bewegter, computer-generierter Hologramme mit guter Qualität bisher an den sehr großen technischen Herausforderungen. Inzwischen sind Computer so leistungsfähig, dass die Berechnung der Bilddaten in nicht zu umfangreichen, aber schon praktisch relevanten Fällen möglich wird. Zur realen Erzeugung der für den Betrachter sichtbaren Bilder sind die heute verfügbaren Technologien jedoch noch nicht ausreichend. Flächenlichtmodulatoren mit Mikrospiegeln versprechen hier gegenüber konkurrierenden Ansätzen ein hervorragendes Potenzial und beste technische Daten.

Mit unserer langjährigen Erfahrung in der Entwicklung von Flächenlichtmodulatoren für andere Anwendungsfelder mit höchsten Anforderungen ist das Fraunhofer IPMS ideal aufgestellt, um bei der computer-generierten Holografie eine zentrale Rolle einzunehmen. Im Vergleich zu unseren Flächenlichtmodulatoren werden hier allerdings mehr und kleinere Mikrospiegel gebraucht, die mit deutlich kleineren Adressspannungen und Verlustleistungen relativ große Auslenkungen erreichen, bei weiterhin großer Bildwiederholrate und Präzision der Auslenkung. Dazu haben wir im Jahr 2016 Studien durchgeführt und Konzepte zu Aktordesign, Adresselektronik und Fertigungsprozessen entwickelt. Mittels Simulationen konnten die erhofften günstigen Eigenschaften und die Machbarkeit gezeigt werden. Die tatsächliche Realisierung wird in zukünftigen Projekten erfolgen.

---

### COMPUTER GENERATED HOLOGRAPHY USING SPATIAL LIGHT MODULATORS

---

Holographic images are fascinating for almost everybody. They offer realistic 3D scenes with all the perceived depth cues in agreement with each other and thus are highly superior to stereo images. While static holograms are already widely used the display of moving, computer generated holograms of good quality is still prevented by huge technical challenges. Nowadays computers are powerful enough to calculate holographic image data in cases of moderate complexity but still of practical relevance. However, available technologies for creating real, visible images are still lacking sufficient quality. Compared to competing solutions spatial light modulators with micro mirrors can offer an excellent potential and superior technical specifications.

Fraunhofer IPMS has a long standing experience in the development of spatial light modulators for various kinds of highly demanding applications. We are thus ideally positioned to play a central role in computer generated holography. However, compared to our existing spatial light modulators more and smaller micro mirrors will be needed that can reach rather large deflections on smaller addressing voltages and power dissipation while maintaining high frame rates and precision of deflection. In 2016 we have conducted studies and developed concepts for actuator design, addressing electronics and fabrication processes. Simulations showed the advantageous properties and the feasibility. The actual realization will be done in future projects.



Dr. Sebastian Meyer

## ENVIRONMENTAL SENSING

The "Environmental Sensing" (ENV) business unit focuses on the development of sensory devices, components and subsystems to be used in application-specific devices for the detection and evaluation of environmental conditions. For this purpose, Fraunhofer IPMS develops silicon-based microsystems technology components such as solid-state sensors, ultrasonic transducers as well as photonic sensors and modulators. These sensory elements are fully-developed over functional models, prototypes and pre-series to ultimately be used in systems designed and implemented in the business unit. The wide range of application areas includes food monitoring, water and soil analysis, industrial metrology, security and medical technology. In addition, Fraunhofer IPMS can provide feasibility studies, test measurements and the characterization of sensory elements and systems.

Know-how specific to the business unit includes comprehensive knowledge for the production of MEMS components and characterization as well as performance and operating-point determination for each application. Highly precise, state-of-the-art micro-mounting equipment that allows accurate placement of devices in the single-digit micrometer range as well as spectral characterization tools (e.g., various spectrometer types NIR to FTIR, spectrographs, monochromator with integrating sphere, FFT analyzer) are utilized. Upon this foundation, it is, for example, possible to construct state-of-the-art miniature optical spectrometers in the size of a sugar cube.

## ENVIRONMENTAL SENSING

Das Geschäftsfeld »Environmental Sensing« (ENV) fokussiert sich auf die Entwicklung sensorischer Bauelemente, Komponenten und Subsysteme für den Einsatz in anwendungsspezifischen Geräten zur Erfassung und Auswertung von Umgebungszuständen. Dazu werden eigens am Fraunhofer IPMS entwickelte Mikrosystemtechnik-Bausteine als Festkörpersensoren, Ultraschallwandler und photonische Sensoren und Modulatoren auf Siliziumbasis vom Funktionsmuster bis in den Prototypenstatus und zur Vorserie entwickelt. Diese sensorischen Elemente werden in Systemen eingesetzt, die auch im Geschäftsfeld entworfen und umgesetzt werden können. Das Anwendungsspektrum reicht von der Lebensmittelüberwachung, der Wasser- und Bodenanalytik, der industriellen Messtechnik, dem Security-Bereich bis hin zur Medizintechnik. Zusätzlich bietet das Geschäftsfeld Machbarkeitsstudien, Testmessungen sowie die Charakterisierung von sensorischen Elementen und Systemen an.

Das geschäftsfeldspezifische Know-how schließt umfangreiche Kenntnisse der Herstellung von MEMS-Komponenten, der Charakterisierung, Performance-Ermittlung und Arbeitspunktbestimmung für den jeweiligen Anwendungsfall ein. Das Geschäftsfeld nutzt modernes hochgenaues Mikromontage-Equipment, welches Platzierungsgenauigkeiten von Bauelementen im einstelligen Mikrometerbereich erlaubt, ebenso wie spektrale Charakterisierungstools (z.B. verschiedene Spektrometertypen NIR bis FTIR, Spektrographen, Monochromator mit Ulbrichtkugel, FFT-Analyser). Auf dieser Grundlage ist es zum Beispiel möglich, modernste optische Mini-Spektrometer in der Größe eines Zuckerkubens aufzubauen.

- ◀◀ Initial prototype and subsequent miniaturized version of a multi-spectral camera.

An image with visible and infrared spectral components taken with the single-lens multi-spectral camera. ▶



### MULTISPEKTRALE KAMERA MIT NUR EINER OPTIK

Ein Entwicklungsteam des Geschäftsfelds ENV hat im Jahr 2016 eine hoch auflösende Kamera entwickelt, die mit mehreren Detektoren durch ein Objektiv deckungsgleiche Bilder für unterschiedliche Spektralbereiche erzeugt. Die Verwendung eines Objektivs, dessen optische Funktionsflächen aus Spiegeln bestehen, bietet aufgrund der Farbfehlerfreiheit von Spiegeln nicht nur die Chance, handelsübliche Kamerasysteme zu ersetzen, sondern auch völlig neue Anwendungen, für die Gewicht und Bauraum kritisch sind, zu erschließen.

Das Objektiv ist dabei als spezielle Schiefspiegleroptik ausgelegt, welche bauartbedingt die in bisherigen Systemen auftretenden chromatischen Aberrationen oder Zentralabschattungen vermeidet. Die einzelnen Spiegelflächen werden zur Korrektur von geometrischen Abbildungsfehlern zumindest teilweise asphärisch ausgeführt und zur Sicherstellung einer hohen Reflektivität über einen breiten Spektralbereich mit geeigneten Vergütungsschichten versehen. Aufgrund der mit diesem Ansatz verfolgten parallaxefreien simultanen Bildaufnahme in verschiedenen Spektralbereichen durch ein gemeinsames Objektiv entfällt zum einen eine aufwändige nachträgliche Datennachbearbeitung der beiden Bilder und zum anderen das bisher benötigte zweite Objektiv. Die Wahl der Spektralbereiche wird dabei aufgrund der Farbfehlerfreiheit des Objektivs nur noch durch die zur Verfügung stehenden Detektoren begrenzt.

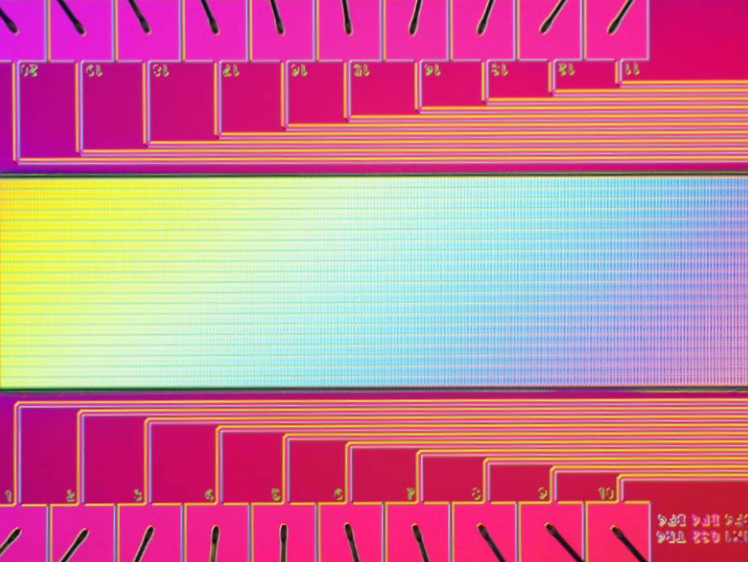
Die Forscher haben Objektiv und Bildsensoren mit Elektronik und Software in einem ersten Funktionsdemonstrator integriert und auf der Optatec vom 7. bis 9. Juni 2016 in Frankfurt/Main erstmalig der Fachöffentlichkeit vorgestellt.

### MULTI-SPECTRAL CAMERA WITH A SINGLE LENS

In 2016 Dr. Meyer and his team have developed a high-resolution camera which produces congruent images for two spectral ranges using multiple detectors through a single lens. Using mirrors instead of lenses for the optical system not only provides the opportunity to replace commonly available camera systems, but also offers the chance for the creation of new applications for which weight and space are critical.

The lens is designed as a special tilted mirror system which, because of its construction, avoids the chromatic aberrations or central obscuration effects occurring in current systems. Individual mirror surfaces are designed in a partially aspheric manner to correct geometric aberrations and are provided with suitable coatings to ensure high reflectivity over a wide spectral range. Due to the parallax-free simultaneous image capturing in different spectral ranges through a single lens resulting from this approach, both the previous need for a second lens as well as subsequent elaborate post-processing of image data have been eliminated. The choice of the spectral range of the reflective optics is then limited only by the detectors available.

The researchers have integrated the lens and image sensors with electronics and software in a first functional demonstrator. The prototype was presented to the professional public for the first time at the Optatec International Trade Show from June 7-9, 2016 in Frankfurt/Main.



Prof. Dr. Harald Schenk

## MESOSCOPIC ACTUATORS AND SYSTEMS

Under the direction of Prof. Dr. Harald Schenk, the "Mesoscopic Actuators and Systems" (MESYS) project group is working on a novel class of electrostatic bending actuators to facilitate the design of microsystems that cannot be realized with conventional electrostatic micro-actuators. Until now, an active control of the curvature of microbars and microplates was only possible with thermomechanical or piezoelectric actuators. Now, electrostatic bending actuators are to become a reality. This new class of bending actuators provides decisive advantages. For example, they can be produced by pure CMOS processes, have a high dynamic range and consume a small amount of electrical power. Thus, they provide a more attractive solution for the deformation of micro components as compared to alternative technologies and offer competitive benefits over the state-of-the-art systems for the commercialization of microsystems.

In recent years, the fundamentals and technologies of the new actuator class have been evaluated in depth. Technologies were developed and validated for movements both in and out of the chip plane. As a next step, the application areas in which these new actuators can demonstrate their full potential need to be determined. Therefore, two major projects were launched in 2016: One is working with actuators for micropumps, microvalves and dosing systems, the other is investigating a completely new approach for the design of silicon-based micro loudspeakers which are to be developed very close to a final product.

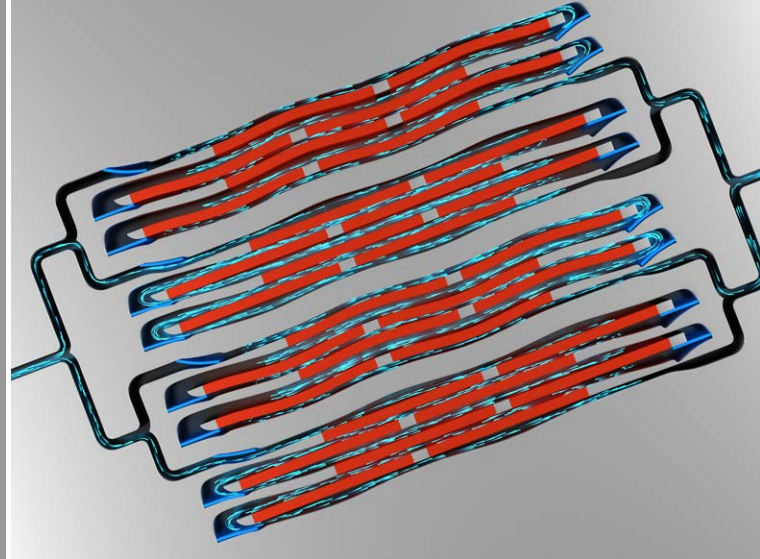
## MESOSKOPISCHE AKTOREN UND SYSTEME

Die Projektgruppe »Mesoskopische Aktoren und Systeme« (MESYS) arbeitet unter der Leitung von Prof. Dr. Harald Schenk an einer neuartigen Klasse elektrostatischer Biegeaktoren. Das neue Konzept ermöglicht Designs von Mikrosystemen, die mit herkömmlichen elektrostatischen Mikroaktoren bisher nicht realisierbar waren. Eine gesteuerte – aktiv veränderbare – Krümmung von Mikrobalken und -platten war bisher nur den thermomechanischen oder piezoelektrischen Aktoren vorbehalten. Mit der neuen Klasse werden nun auch elektrostatisch krümmbare Aktoren möglich. Mit entscheidenden Vorteilen: Denn elektrostatische Aktoren können mit reinen CMOS-Prozessen hergestellt werden, verfügen über einen hohen Dynamikbereich und benötigen eine geringe elektrische Leistung. Dies macht sie für die Deformation von Mikrobauteilen gegenüber alternativen Techniken attraktiv und stellt einen entscheidenden Vorteil in der kommerziellen Verwertung des damit realisierten Mikrosystems dar.

In den vergangenen Jahren wurden die Grundlagen und Technologien der neuen Aktorklasse vollumfänglich evaluiert. Technologien wurden für Bewegungen aus der Chipenebene heraus, aber auch für Bewegungen in der Chipenebene entwickelt und validiert. In einem weiteren Schritt gilt es nun zu demonstrieren, in welchem Einsatzgebiet diese Aktoren ihr volles Potenzial unter Beweis stellen können. Hierfür wurden in 2016 mit zwei entscheidenden Arbeiten begonnen. Zum einen sollen die Aktoren für Mikropumpen, Mikroventile und -dosiersysteme eingesetzt werden. Zum anderen wird ein völlig neuer Ansatz siliziumbasierter Mikrolautsprecher untersucht, der in diesem Anwendungsgebiet produktnah entwickelt werden soll.

◀◀ Binary coded electrostatic bending actuators.

NED (nanoscopic electrostatic drive)-based micropump. ▶



### NEUARTIGE MEMS-BIEGEAKTOREN

Eine in der MESYS-Gruppe entwickelte neue Klasse elektrostatisch angetriebener Mikroaktoren ermöglicht große vertikale oder laterale Auslenkungen bei geringem Energieverbrauch und niedriger elektrischer Antriebsspannung. Die nanoskopischen elektrostatischen Aktoren (NED) ermöglichen es, den Elektrodenabstand, der für die Erzeugung der elektrostatischen Kräfte benötigt wird, auf wenige hundert Nanometer zu reduzieren und dennoch große Auslenkbewegungen von über 100 Mikrometern zu erreichen. Große Auslenkungen sind normalerweise nur mit größeren Elektrodenabständen und demnach mit sehr hohen Antriebsspannungen möglich. Bei NED-Aktoren werden elektrostatische Kräfte allerdings in laterale Kräfte umgeleitet. Diese transformierten lateralen Kräfte bewirken innerhalb eines Biegebalkens eine quasi-statische Auslenkung, die wesentlich größer sein kann, als der Elektrodenabstand. Die Aktoren kommen so bei höherer Leistungsfähigkeit mit weitaus weniger Energie aus.

Die Technologie ist geeignet, bestehende Mikrosystemlösungen zu erweitern und neue Anwendungsgebiete mit neuartigen Designs zu erschließen. Dabei könnte die Technologie durchaus ihr Potential für eine Volumenfertigung nachweisen. Denn NED-Aktoren werden mit üblichen MEMS-Herstellungsverfahren der Oberflächen- und Volumenmikromechanik gefertigt und können einfach in Halbleiterbauelemente und CMOS-Schaltkreise integriert werden.

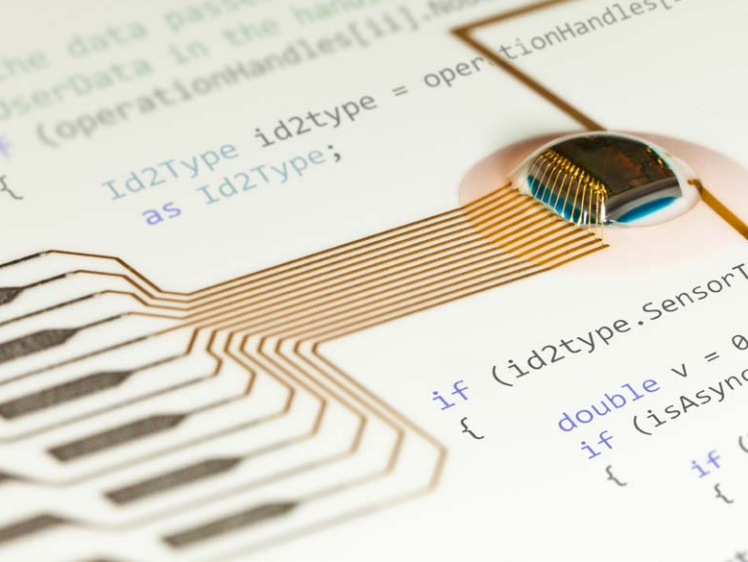
Erste Funktionsdemonstratoren wurden im Jahr 2016 entwickelt und auf der Photonics West, der internationalen Leitmesse und -konferenz für optische Technologien, vom 30. Januar bis 2. Februar 2017 erstmals vorgestellt.

### NOVEL MEMS BENDING ACTUATORS

A new class of electrostatic micro actuators developed by the MESYS group enables large vertical or lateral deflections with little energy consumption and low electrical drive voltage. The nanoscopic electrostatic drive (NED) actuators reduce the electrode spacing needed to generate electrostatic forces to a few hundred nanometers and still achieve large deflection movements of more than 100 micrometers. Large deflections are normally only possible with larger electrode distances and, therefore, with very high driving voltages. In NED actuators, however, electrostatic forces are diverted into lateral forces. These transformed lateral forces produce a deflection of a bending beam, which can be substantially larger than the electrode spacing. As a result, the actuators provide higher performance while using much less energy.

This technology can be used to extend existing microsystems solutions as well as develop new application areas with novel designs. It could prove its potential for volume production. NED actuators are manufactured using conventional MEMS manufacturing methods for surface and bulk micromachining and can be easily integrated into semiconductor components and CMOS circuits.

In 2016, first functional NED demonstrators and prototypes have been developed and presented for the first time at Photonics West, the leading international trade fair and conference for optical technologies, that was taking place from January 30 to February 2, 2017.



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.

## 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 Hot-spot-Lösungen für Datenraten von wenigen Kilobits pro Sekunde 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 Indoor-Navigation, ortsbezogene Dienste, Ortung von Assets in der Fertigung, elektronische Losbegleitscheine und Fertigungs-optimierung, Personaleinsatzplanung und vorbeugende Wartung von Equipment.

◀◀ The ROAD-server makes it easy to integrate RFID technology into intelligent production environments. ▶



---

## UNIVERSALADAPTER FÜR RFID-KOMPONENTEN

---

Ein Entwicklerteam am Fraunhofer IPMS hat eine Middleware entwickelt, die es möglich macht, RFID-Komponenten wie Reader, Identifikationstransponder oder Sensortransponder unabhängig von Hersteller, Schnittstelle und gewähltem Frequenzbereich zu kombinieren und über eine generische Schnittstelle anzusteuern. Für Systemintegratoren, Anlagenbauer oder RFID-Hardware-Anbieter wird es damit erheblich leichter, RFID-Technik in intelligente Produktionsumgebungen zu integrieren. Die RFID-Middleware wurde auf der Messtechnik-Messe Sensors Expo vom 22. bis 23. Juni 2016 in San Jose vorgestellt.

Der so genannte »ROAD-Server« funktioniert wie ein Universaladapter. Er gewährleistet, dass beliebige Lesegeräte und Tags für die verschiedensten LF-, HF-, UHF- und NFC-Frequenzbereiche über eine einheitliche Schnittstelle in Prozessanlagen eingebunden werden und miteinander kommunizieren können. Das ist vor allem für Anwender interessant, die mit Sensor-Transpondern verschiedene Parameter wie Temperatur, Feuchtigkeit, Licht oder Druck erfassen wollen.

Im Fokus der Entwicklung stand speziell die komfortable Einbindung moderner Sensor-Transponder. Die für Windows-Plattformen konzipierte Middleware erkennt den Reader- und Transpondertyp und wählt autonom eine geeignete Ansteuerung aus, die dem Nutzer den Zugriff auf den Transponder sowie das Auslesen von ID, Speicher und Messwerten über eine einheitliche Schnittstelle erlaubt. Für den Nutzer besteht somit nicht mehr die Notwendigkeit, sich mit der detaillierten Ansteuerung von Readern, Transpondern und Sensoren auf elektronischer und Protokollebene zu beschäftigen.

---

## UNIVERSAL ADAPTER FOR RFID COMPONENTS

---

A development team at Fraunhofer IPMS has developed a middleware that makes it possible to combine RFID components like readers, identification transponders or sensor transponders regardless of manufacturer, interface and selected frequency range and for those components to be controlled via a generic interface. This makes it much easier for system integrators, plant manufacturers or RFID hardware vendors to integrate RFID technology into intelligent production environments. The RFID middleware was presented at the Sensors Expo in San Jose from June 22 to 23, 2016.

The so-called "ROAD server" works like an universal adapter. It ensures that any readers and tags for various LF, HF, UHF and NFC frequency ranges are integrated via a standard interface in process systems and are able to communicate with each other. This is especially interesting for users who want to record various parameters such as temperature, humidity, light or pressure with sensor transponders.

Development was especially focused on the convenient incorporation of modern sensor-transponders. Designed for MS Windows platforms, the middleware recognizes the reader and transponder type and autonomously chooses a suitable controller, which allows the user to access the transponder as well as ID, memory and measured values readouts over a standard interface. Therefore, users must no longer deal with the detailed control of readers, tags and sensors at electronic and protocol levels.



◀ Plug Fest testing in Nuremberg.

Li-Fi HotSpot: Optical wireless communication over distances in real-time with up to 1 gigabit per second. ▶

Li-Fi technology is intended to supplement or replace wired fieldbus or Ethernet systems prone to wear and tear. ▶▶

### CAN FD CONTROLLER IP CORE EXCELS THROUGH THIRD PLUG FEST TESTING

---

In 2016 the CAN FD Controller core developed by Fraunhofer IPMS successfully underwent its third Plug Fest testing experience. After two days of rigorous testing it turned out that the CAN-CTRL IP Core was one of the most production-ready CAN FD controller cores available. This high-performance, fully-featured controller supports all versions of the CAN FD standard and is available as a register-transfer level (RTL) soft core for ASICs or optimized netlist for FPGAs.

These Plug Fests were sponsored by the CAN in Automation (CiA) trade group to approximate real-world conditions that go well beyond typical lab testing procedures. The 2016 Plug Fest was the most rigorous yet, with twenty participating CAN FD suppliers, thirty-three device nodes, and very challenging network topologies and timing scenarios presented by automakers Daimler AG and Volkswagen AG. It also featured CAN FD running in an actual automobile for the first time, a modified Passat provided by Volkswagen.

Fraunhofer engineers evaluated the CAN FD controller core running on CAST's CAN FD Reference Design, implemented on Altera's DEO Nano Development Kit board and using transceivers from multiple suppliers.

### CAN FD CONTROLLER IP CORE ERFOLGREICH BEI DRITTER PLUGFEST-PRÜFUNG

---

Im Juni 2016 hat der vom Fraunhofer IPMS entwickelte CAN FD Controller Core seine dritte Plugfest-Prüfung erfolgreich bestanden. Nach zweitägigen intensiven Tests bestätigte sich, dass der CAN FD Controller Core vom Fraunhofer IPMS einer der am besten zur Produktion geeigneten IP Cores ist. Der voll ausgestattete Hochleistungs-Controller unterstützt alle Versionen des CAN FD-Standards und ist als Soft Core auf Registertransferebene (RTL) für ASICs oder als optimierte Netzliste für FPGAs verfügbar.

Die Plugfests wurden durch den Branchenverband CAN in Automation (CiA) unterstützt und dienten dazu, möglichst reale Bedingungen zu erreichen, die weit über typische Laborprüfungen hinausgehen. Das Plugfest im Juni 2016 war das bislang strengste: 20 CAN FD-Anbieter nahmen teil, es gab 33 Geräteknoten sowie sehr anspruchsvolle Netzwerktopologien, die von den Automobilunternehmen Daimler AG und Volkswagen AG vorgestellt wurden. Zudem arbeitete CAN FD dort erstmals in einem echten Fahrzeug – einem modifizierten, durch Volkswagen bereitgestellten Passat.

Die Fraunhofer-Ingenieure evaluierten den CAN FD Controller Core im CAN FD Referenzdesign von CAST, welches im DEO Nano-Entwicklungsboard von Altera umgesetzt wurde, unter Verwendung von Transceivern mehrerer Anbieter.





### ECHTZEIT-LI-FI FÜR INDUSTRIE 4.0

Ein Entwicklerteam des Fraunhofer IPMS hat ein Li-Fi-Kommunikationsmodul entwickelt, das eine drahtlose Vernetzung von Geräten ermöglicht, die in der industriellen Fertigung eingesetzt werden. Die optische Übertragungstechnik erlaubt nicht nur den Austausch sehr großer Datenmengen, sondern erfüllt auch die hohen Echtzeiteigenschaften der Automatisierungstechnik.

Das Li-Fi-Kommunikationsmodul mit dem Namen »GigaDock« nutzt das Spektrum des Lichts mit Bandbreiten bis 12,5 Gigabit pro Sekunde. Das ist zehnmals schneller als bei verfügbaren Funklösungen wie WLAN, Bluetooth oder ZigBee. Trotzdem konnten auf Distanzen bis 50 mm sehr gute Echtzeiteigenschaften und Latenzzeiten von weniger als einer Millisekunde erreicht werden.

GigaDock ist damit vor allem für Unternehmen interessant, die im Umfeld der Fertigungs- und Prozessautomatisierung existierende langsame Kommunikationslinks ersetzen oder ergänzen wollen und dabei auf drahtgebundene Ethernet-Systeme verzichten möchten. Denn Steckverbindungen, Spezialkabel oder Schleifringe sind insbesondere bei beweglichen oder bewegten Anlagenteilen wie zum Beispiel Greifarmen oder Hebeeinrichtungen verschleißanfällig und teuer, und das Verlegen einer Signalleitung von der Sensorik oder Aktorik zur Steuereinheit stellt sich oft als sehr aufwändig oder sogar unmöglich heraus.

Die auf der ECOC im September 2016 präsentierten GigaDock-Kommunikationsmodule sind auch als Evaluation-Kits verfügbar.

### REAL-TIME LI-FI FOR "INDUSTRIE 4.0"

A team at the Fraunhofer IPMS has developed a Li-Fi communication module that allows wireless networking of devices that are used in industrial production. The optical transmission technology not only facilitates the exchange of huge amounts of data, but also meets the high real-time characteristics of automation technology.

The Li-Fi communication module, named "GigaDock" uses the available regulatory-free spectrum of light with a bandwidth up to 12.5 gigabits per second. That's ten times faster than current wireless solutions such as WLAN, Bluetooth or ZigBee. However, the experts were able to achieve very good real-time characteristics at distances of up to 50 mm and demonstrated latency values of less than one millisecond.

Hence, the GigaDock technology is particularly interesting for companies that have long tended to replace or supplement slow communication links existing in the field of production and process automation and that would like to manage without Ethernet systems as these systems are wired and unable to function without expensive, wear-prone connections, special cables or slip rings. Installing a signal cable from the sensors or actuators to the control unit is often found to be very expensive or even impossible, particularly in mobile or moving system components such as gripper arms or lifting.

The GigaDock communication modules were presented at ECOC in September 2016 and are available as individual customer evaluation kits.



Dr. Romy Liske

Optical microscope image of Resistive RAM testchips with different memory array cell sizes (via E-beam lithography). ▶

### CENTER NANO ELECTRONIC TECHNOLOGIES

---

The business unit "Center Nanoelectronic Technologies" (CNT) 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 research 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 NANO ELECTRONIC TECHNOLOGIES

---

Das Geschäftsfeld »Center Nanoelectronic Technologies« (CNT) 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.

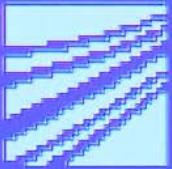
Die Arbeitsgruppe High-k Devices entwickelt Technologien zur Integration von High-k-Materialien in Mikrochips und bietet von chemischen Präkursoren über Materialscreening, Prozessentwicklung, Zuverlässigkeitsprüfung bis hin zur Pilotproduktion die gesamte Wertschöpfungskette an. Einen Schwerpunkt bildet 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).



# +PRIME RRAM+



## VER1 06/2016

SCELL1



SCCELL2



SCCELL3



SCCELL4



SCCELL5



SCCELL6



SCCELL7



SCCELL8



SCCELL9



### RESISTIVE SPEICHER FÜR LOW-POWER-ANWENDUNGEN

Eine vielversprechende Lösung für hohe Datenverarbeitungsleistung bei geringem Energieverbrauch (niedrigen Betriebsspannungen) und hoher Schreib-/Leserate ist der Einsatz von resistiven RAM-Speicherkonzepten, auch RRAM genannt. Im europäischen ECSEL (Electronic Components and Systems for European Leadership)-Verbundprojekt »Ultra-Low Power technologies and MEMory architectures for IoT« (PRIME) arbeiten 18 Projektpartner, darunter das Fraunhofer IPMS, an einer 28-nm-Ultra-Low-Power-Plattform-Lösung für kostengünstige und energieeffiziente Internet der Dinge-Anwendungen. Im Jahr 2016 haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Center Nanoelectronic Technologies dazu neuartige, nichtflüchtige und energieeffiziente Speicherkonzepte (RRAM, STT-MRAM) untersucht. Dazu wurde ein Testchip mit verschiedenen RRAM-Zellgrößen im Bereich zwischen 100 nm und 5 µm für die maskenlose Belichtung mittels Elektronenstrahlithografie auf 300-mm-Wafer entworfen. Erste Tests zeigten ein sehr gutes und stabiles Zyklusverhalten der RRAM Zellen, wobei die sehr niedrigen Spannungen von 1 V beziehungsweise 1,2 V für Set und Reset von großer Bedeutung für Low-Power-Anwendungen sind. Ziel ist die spätere Integration des RAM-Speicherkonzepts in einen Back-End-of-Line-Test-Chip des Industrieprojektpartners Globalfoundries.

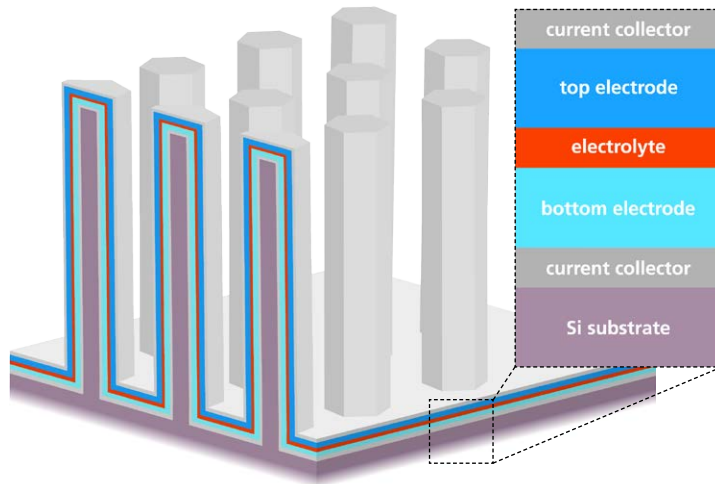
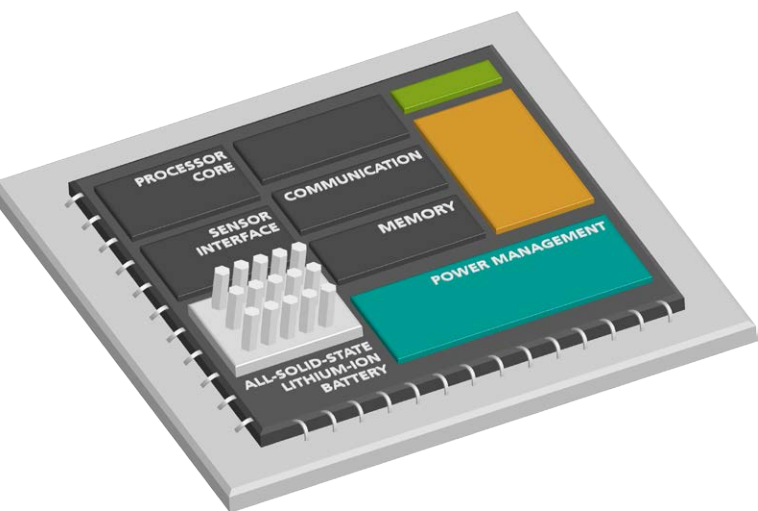
Gleichzeitig hat das Entwicklerteam damit begonnen, angepasste elektrische Charakterisierungsverfahren zu qualifizieren, um prozesstechnische Verbesserungen des Gate-Stapels in der »Fully Depleted Silicon on Insulator«-Technologie (FDSOI) schneller umsetzen zu können.

### RESISTIVE STORAGE FOR LOW-POWER APPLICATIONS

Resistive RAM memory (RRAM) provides a highly promising solution for high data processing performance with high read/write rates at low energy consumption (low operating voltages). In the European ECSEL (Electronic Components and Systems for European Leadership) "Ultra-Low Power technologies and MEMory architectures for IoT" (PRIME) project, 18 project partners, including Fraunhofer IPMS, are working on a 28 nm ultra-low-power-platform-solution for cost-effective and energy-efficient Internet of Things applications.

In 2016, scientists from the Center for Nanoelectronic Technologies examined novel, non-volatile and energy-efficient memory concepts (RRAM, STT-MRAM) in the "PRIME" project. For this purpose, a test chip with different RRAM cell sizes in the range between 100 nm and 5 µm was designed for the maskless exposure by means of electron beam lithography on 300 mm wafers. Initial tests showed a very good and stable cyclic behavior of the RRAM cells, in which the very low voltages of 1 V and 1.2 V for set and reset are of great importance for low-power applications. The project aims to later integrate the RRAM concept into a back-end-of-line test chip of industrial project partner Globalfoundries.

At the same time, the development team began to qualify adjusted electrical characterization techniques in order to be able to more quickly implement procedural improvements of the gate stack in "Fully Depleted Silicon on Insulator" (FDSOI) technology.



### EASY-TO-INTEGRATE ENERGY STORAGE FOR MICROELECTRONICS

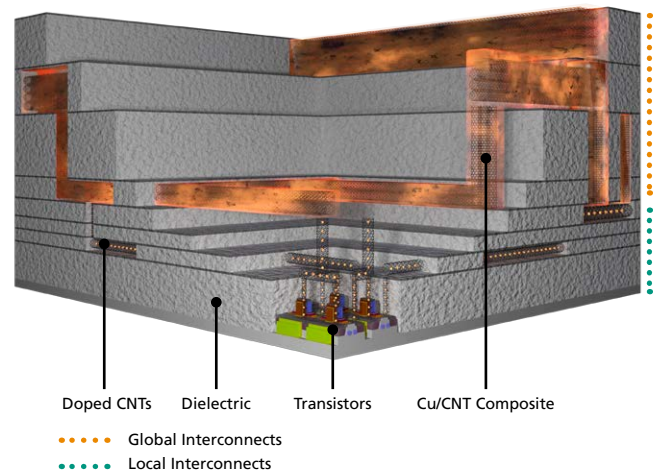
Autonomous microsystems such as wireless sensors and medical implants operate on their individual power supply, typically charged by a customized energy harvester. The growing demand for high-performance systems in microelectronics calls for the development of rechargeable energy storage devices (accumulators) based on solid electrolytes, which are characterized by a high energy density and a flexible cell design. In contrast to commercially available accumulators with liquid electrolytes, the new rechargeable storage batteries offer a high degree of safety without complex encapsulation and are easy to integrate as an assembly. In order to develop this technology, the business unit CNT applies the atomic layer deposition (ALD) method to produce defect-free, conformal layers on both planar and three-dimensional structures with high aspect ratios. The High-k Devices (HKD) group is developing various ALD processes for the production of functional layers that are used as nanometer-thin electrode and electrolyte materials for lithium-ion batteries. Both the materials used and their boundary layers determine the electrochemical properties of the accumulator. A separator is not needed to protect from short circuits between the electrodes. However, the solid electrolyte must be designed to enable optimal lithium ion transport and electrical insulation at the same time. On a structured silicon substrate, the individual layers can be combined into 3D microbatteries with a comparatively high capacity while also providing a high power density per wafer area. They are therefore particularly suitable for the rapid charging of miniaturized low-energy components.

### INTEGRIERBARE ENERGIESPEICHER FÜR DIE MIKROELEKTRONIK

Autonome Mikrosysteme wie drahtlose Sensoren und medizinische Implantate benötigen eine eigene Spannungsversorgung, die idealerweise durch einen angepassten Energie-Harvester geladen wird. Der steigende Bedarf an leistungsfähigen Systemen in der Mikroelektronik erfordert die Entwicklung wiederaufladbarer Energiespeicher – sogenannter Akkumulatoren – mit Feststoffelektrolyt, die sich durch eine hohe Energiedichte und ein flexibles Zelldesign auszeichnen. Im Gegensatz zu marktüblichen Akkumulatoren mit Flüssigelektrolyt bieten sie auch ohne aufwändige Verkapselung ein hohes Maß an Sicherheit und sind als Baugruppe integrierbar. Für die Umsetzung dieser Technologie wird im Geschäftsfeld CNT das Verfahren der Atomlagenabscheidung (ALD) eingesetzt, um defektfreie, konforme Schichten auf planaren und auch auf dreidimensionalen Strukturen mit hohen Aspektverhältnissen zu erzeugen. Die Gruppe High-k Devices (HKD) entwickelt verschiedene ALD-Prozesse zur Herstellung funktionaler Schichten, die als nanometerdünne Elektroden- und Elektrolytmaterialien für Lithiumionen-Akkumulatoren zur Anwendung kommen. Dabei bestimmen sowohl die eingesetzten Materialien als auch deren Grenzflächen die elektrochemischen Eigenschaften des Akkumulators. Um Kurzschlüsse zwischen den Elektroden zu vermeiden, ist kein Separator notwendig. Einzig der Feststoffelektrolyt muss so konzipiert werden, dass dieser einen optimalen Lithiumionentransport ermöglicht und gleichzeitig elektrisch isolierend ist. Auf einem strukturierten Siliziumsubstrat können die Einzelschichten zu 3D-Mikrobatterien mit vergleichsweise hoher Kapazität bei gleichzeitiger hoher Leistungsdichte pro Waferfläche kombiniert werden. Damit eignen sie sich besonders zum schnellen Laden von miniaturisierten Niedrigenergie-Komponenten.

◀ 3D chip design of lithium ion battery.

Carbon Nanotubes (CNTs) for on-chip interconnects in ULSI microchip production with novel architecture. ▶



### KOHLENSTOFFNANORÖHRCHEN FÜR ON-CHIP-VERBINDUNGEN

Das Center Nanoelectronic Technologies arbeitet seit Januar 2016 in einem europäischen Konsortium mit sieben Forschungs- und Industriepartnern an neuen Herstellungstechniken und Verfahren für zuverlässige Kohlenstoffnanoröhrchen (Carbon Nanotubes – CNTs) On-Chip-Verbindungen für die spätere Volumen-Chipproduktion. Diese Interconnects sind ein entscheidender Faktor, da bei voranschreitender Chipminiaturisierung die Anforderungen an elektrische und thermische Leitfähigkeit und Stromtragfähigkeit steigen. Bei dem Projekt werden einzelne, dotierte CNTs und neue Metall-CNT-Verbundmaterialien untersucht, um die in der Zukunft erwarteten Zuverlässigkeits- und Performanceprobleme der heutigen, kupferbasierten Metallisierung zu adressieren. Die Demonstration von CNT-Linien mit verbesserten elektrischen Widerstandseigenschaften und einem Durchmesser von unter 10 nm aus einzeln dotierten MWCNT (Multi-Wall Carbon Nanotubes) liegen im Fokus. Weiterhin wird an Designmethoden für eine gesteigerte Energieeffizienz auf Bauteil- und Schaltkreisebene durch neue CNT-Interconnects-Architekturen geforscht, die Stromstärken von nur wenigen Picojoule per Bit benötigen.

Mit deutlich verbesserten elektrischen und thermischen Widerstandseigenschaften, höherer Strombelastbarkeit und optimierten Elektromigrationseigenschaften von CNT-Interconnects, wird zukünftig eine höhere Leistungs- und Skalierungsdichte von CMOS und CMOS-Erweiterungen verfügbar sein. Die CMOS-Kompatibilität und die Herausforderungen der Übertragung neuer Prozesse in die industrielle Massenfertigung sind ebenfalls Gegenstand des Projektes und eine Kernkompetenz des Centers Nanoelectronic Technologies.

### CARBON NANOTUBES FOR ON-CHIP INTERCONNECTS

Since January 2016, the Fraunhofer Center for Nanoelectronic Technologies has been working in a European consortium of seven research and industrial partners focusing on new manufacturing techniques and procedures for reliable carbon nanotube (CNT) on-chip interconnects for subsequent high-volume chip production. Because the requirements for electrical and thermal conductivity as well as ampacity continue to increase as chip minimization progresses, these interconnects are a decisive factor. The project examines individual, doped CNTs and new metal-CNT composite materials to address the expected future reliability and performance issues of today's copper-based metallization. The partners aim to successfully demonstrate CNT-lines with improved electrical resistance properties and a diameter of less than 10 nm from individually doped MWCNT (Multi-Wall Carbon Nanotubes). Furthermore, research is being conducted on design methods to increase energy efficiency at component and circuit levels through new CNT-interconnects architectures that require current ratings of only a few picojoules per bit.

Significantly improved electrical and thermal resistance characteristics, higher ampacity and optimized electromigration properties of CNT interconnects make for a higher performance and scaling density of CMOS and CMOS extensions in the future. CMOS compatibility and the challenges of transferring new processes into industrial mass production are also subjects of the project and core competences of the Center Nanoelectronic Technologies.

---

---

**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/200 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 customized 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 40 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/200-mm-Wafern. Diese Leistung reicht von technologischen Machbarkeitsuntersuchungen über Einzelprozessentwicklungen bis hin zur Entwicklung von kompletten Fertigungsabläufen, einschließlich Inline-Monitoring, 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 Bulk-mikromechanik. 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 Ansteuerelektronik in einem Waferprozess hergestellt werden. Unser aus 40 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 Reinraumanlagen 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>Lithography</b>		
Nikon Stepper Technology	iLine (365 nm), 1:5 projection technique	400 nm L/S
Spin Coating	Resists, polyimide, BCB	Sacrificial layer, passivation, patterning
Spray Coating		Lithography in deep structures
Double-side Mask Aligner	Contact, proximity	Front & back side wafer preparation
Lift-off Technology		
<b>Deposition, Diffusion, Oxidation</b>		
PE-CVD	Undoped / doped SiO <sub>2</sub> (phosphorous, boron)	Sacrificial layers, ILD
	Undoped / doped a-Si:H (phosphorous, boron)	Sacrificial layers
	Silicon nitride	Passivation, membranes
	HDP oxide	Sacrificial layers, ILD
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
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)	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	CD, FIB - cut, inspection	
Atomic Force Microscope		
Ellipsometer		
X-Ray Diffractometer		
White Light Interferometer		
<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 50

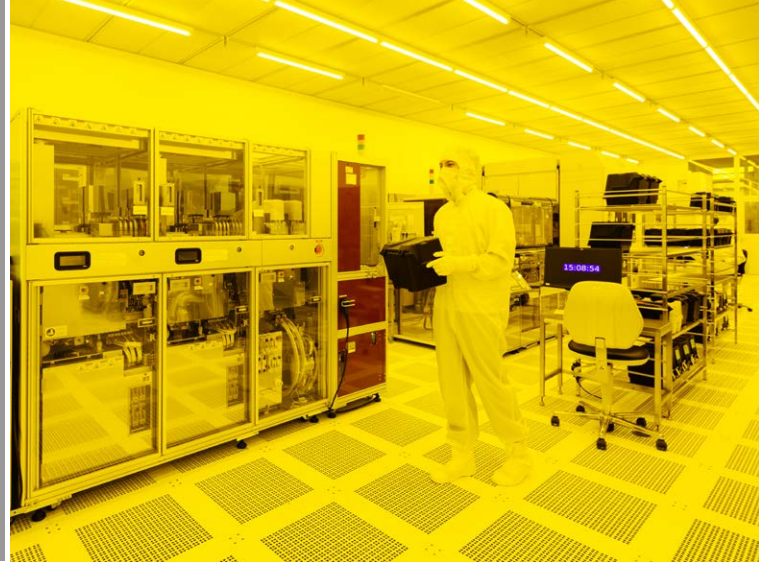
## REINRAUM & PILOTFERTIGUNG

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 200-mm-Waferstandard schaffen wir die Voraussetzungen, um ein attraktiver FuE-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 50 Operatoren, Meistern, Technikern und

◀◀ 200 mm capable AP&S Cleaning I GIGASTEPE

Coater-Developer SCREEN SK-80X  
for 200 mm wafer lithography. ▶



Ingenieuren, das sich in folgende Verantwortungsbereiche gliedert:

- Operating im Dreischichtbetrieb (5-Tage x 24 h) inkl. Prozesssteuerung zur Sicherstellung stabiler Prozesse und Reinraumbedingungen
- Equipment Engineering und Instandhaltung
- Fertigungsplanung und -steuerung für eine durchgehend termingerechte Abarbeitung

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.

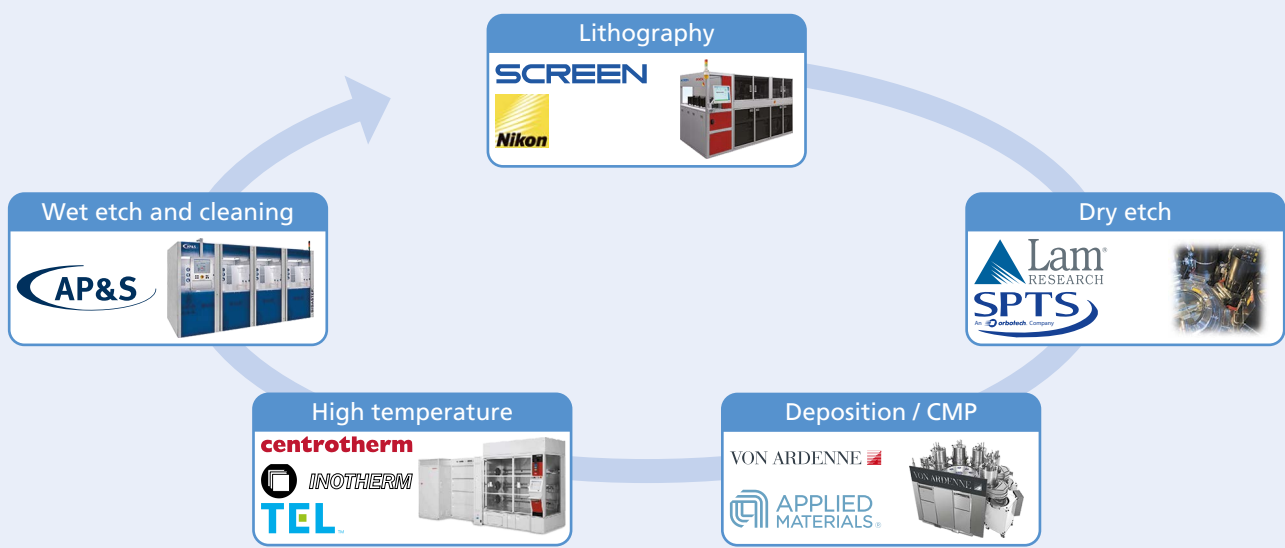
Die qualitätsgerechte Realisierung unseres High-Mix/Low-Volume-Ansatzes sichern wir durch ein PPS integriertes Qualitätsmanagement (ISO 9001), welches neben engmaschiger Prozessüberwachung und aktiver Durchlaufzeit-Steuerung, zur hohen Zuverlässigkeit und Liefertreue beiträgt.

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

- Operations: 5 x 24 operations (three shifts) incl. process control to ensure stable processes and consistent clean room conditions
- Equipment Engineering and Maintenance
- Production planning and control: to achieve on-time delivery

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.



#### EXPANSION OF 200 MM STARTED

Total funding of 30 million euros has been made available to expand the Fraunhofer IPMS microsystems technology clean room to 200 mm wafer technology. EDRF and the State of Saxony have provided 24 million euros with the federal government contributing a further 6 million euros. 25 million euros will be earmarked for a total of 40 new process systems, 2.6 million will be invested in retrofitting existing equipment and 2.4 million will support the supply systems of clean room equipment.

Within the scope of public bidding procedures, many well-known equipment manufacturers were able to provide proven systems platforms, taking Fraunhofer IPMS a major step forward to further standardization of processes and increasing the Fraunhofer IPMS compatibility with external technology and project partners.

In summer of 2014, a detailed planning phase began addressing the complex expansion project from technical, technological and logistical perspectives. The project officially started on September 30, 2015 and after funds were released, asset procurement began and was completed by the beginning of 2017. The interdisciplinary team is currently in the advanced phase of commissioning. The most important individual processes at 200 mm needed to begin integration with first customer technologies have been available since April 1, 2017. With expiration of the 150 mm line scheduled for the end of 2017, Fraunhofer IPMS is now able to offer comprehensive R&D services at 200 mm.

#### ERWEITERUNG AUF 200-MM-WAFER GESTARTET

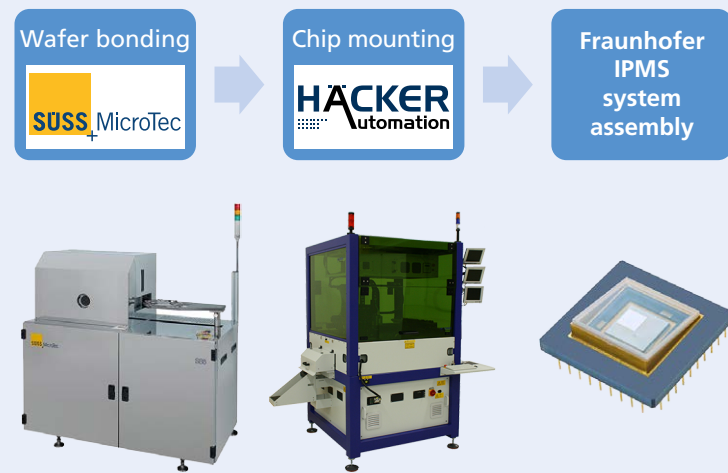
Der Mikrosystemtechnik-Reinraum des Fraunhofer IPMS befindet sich aktuell in der Erweiterung auf die 200-mm-Wafertechnologie. Dafür stehen in Summe 30 Mio Euro Fördermittel zur Verfügung: neben 24 Mio Euro aus dem EFRE-Fond sowie sächsischen Landesmitteln trägt der Bund weitere 6 Mio Euro bei. Für 25 Mio Euro werden knapp 40 neue Prozessanlagen beschafft, weitere ca. 2,6 Mio Euro fließen in Umrüstungen bereits vorhandener Anlagen und für ca. 2,4 Mio Euro erfolgen Erweiterungsmaßnahmen an den Versorgungssystemen für den Reinraum bzw. die Anlagen.

Im Rahmen der öffentlichen Bieterverfahren konnten sich viele namhafte Anlagenhersteller mit ihren bewährten Anlagenplattformen durchsetzen, womit sich dem Fraunhofer IPMS ein großer Schritt in Richtung weiterer Standardisierung von Prozessen und damit erhöhter Kompatibilität zu externen Technologie- und Projektpartnern ergibt.

Da es sich bei dieser umfangreichen Erweiterungsmaßnahme um ein komplexes Vorhaben sowohl aus technischer, technologischer als auch logistischer Sicht handelt, wurde bereits im Sommer 2014 mit einer detaillierten Planungsphase begonnen. Der offizielle Maßnahmenbeginn erfolgte am 30. September 2015. Mit diesem Meilenstein der Mittelfreigabe begann die Phase der Anlagenbeschaffung, die bis Anfang 2017 im wesentlichen abgeschlossen werden konnte. Aktuell befindet sich das interdisziplinäre Projektteam in der fortgeschrittenen Phase der Anlagenbetriebnahme. Ab dem 1. April 2017 stehen die wichtigsten Einzelprozesse auf 200 mm zur Verfügung, um mit der Integration erster Kundentechnologien beginnen zu können. Damit ist das Fraunhofer IPMS in der Lage, mit dem

◀◀ 200 mm wafer processing (equipment examples).

200 mm packaging (equipment examples). ▶



Auslaufen der 150-mm-Linie Ende 2017 unsere kompletten FuE-Dienstleistungen und -Services auf 200 mm anbieten zu können. Parallel dazu werden bestehende Pilotfertigungsdienstleistungen auf 200 mm bis 2018 qualifiziert.

Um noch laufende Projekte auf Basis von 150-mm-Wafern mit Kunden des Fraunhofer IPMS ohne zeitliche und qualitative »Nebenwirkungen« auf 200 mm transferieren zu können, erfolgten frühzeitige Abstimmungen mit den Kunden des Fraunhofer IPMS sowie interne Vorlaufmaßnahmen, beispielsweise zur Installation von Bestandspuffern.

In den Verhandlungen mit den Anlagenherstellern ist es uns gelungen, neben dem Wiederherstellen von 150-mm-Prozessen auf 200 mm auch neuartige Prozesse und Anlagenmodule zu beschaffen. Highlights sind dabei:

- 5-Zonen-CMP für deutlich verbesserte Planaritäten
- 6-Modul-Sputteranlage für reaktive Abscheideprozesse
- CVD-Abscheidung mit den neuen Prozessmodulen HDP-Oxid und SiGe

Aufgrund der neuen Prozessanlagen ergibt sich eine Kompatibilität zu Partnern des Fraunhofer IPMS, die sich bereits konkret in der Bündelung von Fähigkeiten der Partner aus dem ADMONT-Projekt mit dem Ergebnis des Technologietransfers eines Fraunhofer IPMS-Projekts auf 200-mm-Wafer manifestierte. Mit der 200-mm-Kompatibilität als typische Wafergröße für die MEMS-Fertigung gelang es uns in den vergangenen Monaten, mehrere Anlagenhersteller für die Kooperation zur Entwicklung von neuen Prozessen und auch für die Optimierung von Anlagen für die MEMS-Fertigung zu gewinnen.

Current pilot manufacturing services will also be qualified to 200 mm by 2018.

In order to be able to smoothly transfer customer projects based on 150 mm wafers to 200 mm with no temporal and qualitative side effects, early coordination was conducted with Fraunhofer IPMS clients and internal preliminary measures for the installation of, for example, inventory buffers were put in place.

In negotiations with equipment manufacturers, we succeeded in obtaining new processes and equipment modules as well as restoring 150 mm processes at 200 mm. Highlights include:

- 5-zone CMP for significantly improved planarities
- 6-module sputtering system for reactive deposition processes
- CVD deposition using the new HDP oxide and SiGe process modules

New process equipment has provided Fraunhofer IPMS compatibility with its partners which has already manifested in the collaborative abilities in the ADMONT project which resulted in transferring the technology of a Fraunhofer IPMS project to 200 mm wafers. With compatibility to the 200 mm as the typical wafer size for MEMS production, we have been able to win over several equipment manufacturers for both cooperative development of new processes as well as collaborative optimization of equipment for MEMS production.

## Equipment

<b>Lithography</b>	Stepper I-line	NSR-2205i 14E2   Nikon	●
	Mask Aligner	MA 200 GEN 3   SUSS	○
	Coater / Developer I-line	SK-80BW-AVP   Screen	●
	Coater / Developer I-line	SK-80EX   Screen	●
	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:B, HDP oxide)	Centura   Applied Materials	●
	PE-CVD / SA-CVD (USG, PSG, BPSG, Silicon nitride, a-Si:B)	Centura   Applied Materials	○
	LP-CVD (Poly-Si, stress red. 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> )	CS400S   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 (Oxide, Diffusion, Anneal)	E1550 HT 300-5   Centroterm	○
	Horizontal Furnace (H <sub>2</sub> Anneal, O <sub>2</sub> Anneal)	Inotherm	○
	Horizontal Furnace (POCl <sub>3</sub> )	Inotherm	○
	Vertical Furnace (Gate Oxide)	Alpha 8SE   TEL	●
	RTA/RTP	Heatpuls 8800   OEMgroup	●
<b>Dry Etch</b>	Etch (Oxide, Nitride, Poly-Si, Deep Si)	Omega fxP   SPTS	○
	Etch (Oxide, Nitride, Deep Si)	Omega fxP   SPTS	●
	Etch (Deep Si)	Omega i2L   SPTS	○
	Etch (Al alloys)	ALLIANCE 9600PTX   LAM	●
	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)	Manual wet bench   AP&S	○
	Wet Etch (Anisotropic Si: TMAH)	Manual wet bench   AP&S	○
	Wet Strip	Solvent Spray Tool   Semitool	○
	Wet Strip (EKC clean)	Cintillio SST   OEMgroup	●
	Wafer Cleaning (SC1, SC2, DHF, RCA)	GigaStep   AP&S	○
	Cleaning Processor (High velocity spray, Scrubber)	3300ML   SSEC	○
	Nanospray, Brush, Bevel Brush	SS-80BW-AVR   Screen	●
<b>Chemical Mechanical Polishing (CMP)</b>	CMP (Silicon oxide, a-Si)	DESICA   Applied Materials	●
<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 9100/8000 X   Nanometrics	○
	Film Thickness Measurement System	Lambda Ace RE-3300   Screen	○
	Sheet Resistance Measurement	CDE ResMap 168   Creative Design Engineering	○
	Wafer Stress Measurement	FSM 500TC-R   FSMG	○
	Defect Inspection	Compass Pro   Applied Materials	○
	Defect Classification (optical review)	INS3000   Leica	○
	Scanning Electron Microscope	JSM-6700F   Jeol	○
	Scanning Electron Microscope	Helios Nanolab 660   FEI	●
	CD-SEM Measurement	Verity Lite   Applied Materials	●
	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+   ThermoFischer	○

## Equipment (cont.)

<b>Packaging</b>	Wafer Saw	DAD 651   Disco	⊙
	Dispenser	Schiller	○
	Bond Aligner (Anodic & adhesive)	BA8 Gen3   SUSS	●
	Bonder (FEOL)	SB8 Gen2   SUSS	●
	Bonder (BEOL)	XB8   SUSS	●
	Pick & Place (chip assembly)	VICO Xtec/Laser   Häcker Automation	⊙
	Fineplacer (chip assembly)	FEMTO   Finetech	
	<b>Test and Characterization</b>	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 Prober 6" / 8" / 12"		UF3000EX   Accretech	⊙

## 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/UF3000EX Advantest	72 digital pins, 32 analog pins, 51 V/5 A supply, various digitizers & generators, wafer size 4", 5", 6", 8", 12"; temperature: -40 ... +125°C
Parametric Test System	B1500/EG4090μ/UF3000EX Keysight	48 channels, wafer size 4", 5", 6", 8", 12"; 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 MEMS/MOEMS	AP200   Suss Microtech, changeable chuck-addons for MEMS probing	Wafer size 6", temperature: 15 ... 125°C, SMU, laser light barriers, frequency counter, switch matrix, up to 72 channels
Optical Inspection	PA200   Suss Microtech	Manual or fully automated image processing
Non-electrical Test	Pressure Burst Test System	Up to 5 channels; pressure ≤ 200 bar
	pH Sensor Tester IPMS	Up to 20 channels, configurable set points
	Thermal Calibration ESPEC	-45°C ... 145°C @ (14 deg/min) rH controlled
	Shock and Vibration LDS, Endevco	300 N sine; up to 5000 g pulse
CV Analysis	LF and HF CV	Oxide thickness; flat band voltage; effective oxide charge; average bulk dop.; threshold voltage; Debye length; interface trap density
	HF-Ct	Relaxation time; minority carrier lifetime; surface scan velocity
	TVS; CV BTS	Mobile ions concentration (Na, K, ...); oxide thickness
Characterization of Insulator Integrity and Reliability	$E_{\text{ramp}}$ and $E_{\text{const}}$ (TDDB)	Breakdown field; Weibull plot; time/charge to breakdown
	$J_{\text{ramp}}$ ; $J_{\text{const}}$	Time/charge to breakdown; breakdown voltage; Weibull plot

---

---

**CENTER NANOELECTRONIC TECHNOLOGIES**

**CENTER  
NANOELECTRONIC  
TECHNOLOGIES**







## SERVICES

---

The business unit CNT has its own infrastructure for process and material development on 300 mm wafers at 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 (down to 2X 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 40 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-Wafern 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 40 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.

◀◀ 300 mm clean room at Center Nanoelectronic Technologies.

Scientist at CNT evaluating NextIn Aegis I wafer inspection system for qualification. The tool combines bright field and dark field imaging in one device for 200/300 mm wafer analysis. ▶



---

### SCREENING-SERVICE FÜR DIE HALBLEITERFERTIGUNG

---

Im Jahr 2016 wurden am Center Nanoelectronic Technologies unter Anderem neuartige Wafer-Reinigungs-Chemikalien mit dem Hersteller bubbles & beyond weiter qualifiziert. Diese ermöglichen eine umweltfreundlichere Produktion von Mikrochips, indem Schichten und Verschmutzungen hocheffektiv abgelöst werden können, ohne diese chemisch aufzulösen oder zu ätzen. Neben der Verbrauchsmittel-evaluation, der Prozessentwicklung und der Technologieintegration besteht für Hersteller die Möglichkeit, komplette Anlagen unter realen Bedingungen zu testen und zu qualifizieren. So wurde im vergangenen Jahr ein Defektinspektionssystem des südkoreanischen Herstellers NextIn evaluiert und optimiert, dass eine Hellfeld- und Dunkelfeldanalyse in einer Anlage kombiniert. Die Anlage stellt nach der Qualifikation nun eine flexible Metrologiealternative für 2X nm Technologieknoten am Markt dar.

Diese Anwendungen zeigen exemplarisch die Rolle des CNT als Plattform für Halbleiterproduzenten, Equipmenthersteller und Materialzulieferer für die Qualifizierung und Integration neuer Produkte und Prozesse unter Industriebedingungen für die Volumenproduktion. Insbesondere auf den Gebieten der Atomlagenabscheidung, der elektrochemischen Abscheidung, dem chemisch-mechanischen Polieren und der Wafer-Reinigung arbeitet das CNT eng in der Prozessentwicklung und Prozessoptimierung mit der Industrie zusammen. Durch das professionelle Wafer-Handling, Kontaminationsmanagement sowie das ISO 9001 Qualitätsmanagement sind schnelle Wafer-Loops und eine direkte Integration von Innovationen in die Produktionslinie möglich.

---

### SCREENING SERVICES FOR SEMICONDUCTOR PRODUCTION

---

Among other things in 2016, CNT worked with manufacturer bubbles & beyond to further refine novel wafer cleaning chemicals which, in the future, will enable more environmentally friendly microchip production where complete layers or residues and particles can be effectively removed without being chemically dissolved or etched. In addition to resource consumption analysis, process development and technology integration, manufacturers may also test and qualify complete systems under real conditions. Last year, a defect inspection system that combines bright field and dark field analysis from South Korean manufacturer NextIn was evaluated and optimized. Subsequent to successful qualification, the system now presents a flexible metrology alternative for 2X nm technology nodes on the market.

These applications demonstrate the exemplary role of the CNT as a catalyst for new technologies in the semiconductor industry for the qualification and integration of new products and processes under industrial conditions for high volume production for semiconductor producers, equipment manufacturers and material suppliers. The CNT closely cooperates with industry in process development and optimization, particularly in the fields of atomic layer deposition, electrochemical deposition, chemical-mechanical planarization and wafer cleaning. Professional wafer handling, contamination management and ISO 9001 quality management allow for fast wafer-loops and the direct integration of innovations into production lines.

## 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	Tecnaï   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

## Capabilities (cont.)

Metallization / CMP		
<b>Electroplating</b>		
Cu	Dual damascene, bumps, TSV	BEoL
Cu coupons		Lab
<b>CMP</b>		
Cu	Cu polish	BEoL
Ta, TaN, Co	Barrier polish	BEoL
SiO <sub>2</sub> , low-k, SiN	Oxide polish	FEoL / BEoL
SiO <sub>2</sub> , SiN	STI polish	FEoL / BEoL

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

## Capabilities (cont.)

### 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	

---

---

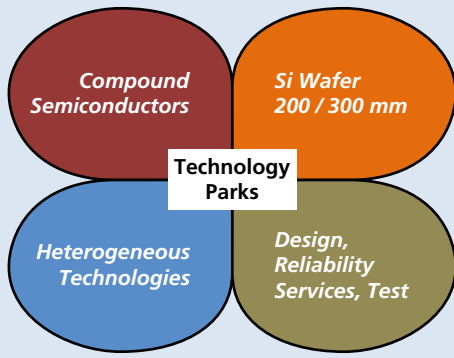
HÖHEPUNKTE

**HIGHLIGHTS**





## RESEARCH FAB MICROELECTRONICS GERMANY



Fraunhofer (11) + Leibniz (2)

**German Microelectronics Consortium**

◀ Management structure and governance of the Research Factory Microelectronics Germany FMD.

Clean room for microsystems at Fraunhofer IPMS. ▶

## RESEARCH FACTORY MICROELECTRONICS GERMANY

Together with the Leibniz Institute for Innovative Microelectronics (IHP) in Frankfurt/Oder and the Ferdinand-Braun Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH) in Berlin, the eleven institutes of the Fraunhofer Group for Microelectronics (see page 9), including the Fraunhofer IPMS, are planning to merge and strategically expand their decentralized technological research in the field of micro- and nanoelectronics into a joint, multi-location, centrally-organized virtual technology pool. In the so-called "Microelectronics Research Factory Germany" (FMD), thematic and logistical processes and infrastructures are to be appropriately grouped, organized and strategically developed across institutional boundaries. As a result, member institutes will have access to all essential technology areas for the research, development and (pilot) production of micro- and nanosystems – whether for the generation and processing of information, telecommunication engineering, communication technology or power electronics. This strategy will substantially increase Fraunhofer competitiveness against large international research facilities.

The Microelectronics Research Factory Germany was launched in 2016 and submitted to the Federal Ministry of Education and Research in February 2017 for funding.

The concept stipulates that existing locations are to be retained, but that services offered are to be closely coordinated and organized in a newly established business center. Process chains are to be redefined across the institutes and future research topics are to

## FORSCHUNGSFABRIK MIKROELEKTRONIK DEUTSCHLAND

Die elf Institute des Verbunds Mikroelektronik (siehe Seite 9), darunter das Fraunhofer IPMS, wollen gemeinsam mit dem Leibniz-Institut für Innovative Mikroelektronik IHP in Frankfurt/Oder und dem Berliner Ferdinand-Braun Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik FBH ihre bislang dezentral organisierte Technologieforschung auf dem Gebiet der Mikro- und Nanoelektronik in einem gemeinsamen, standortübergreifenden virtuellen Technologiepool zusammenführen und strategisch ausrichten. In der so genannten »Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland« (FMD) sollen thematisch und logistisch zusammengehörende Prozesse und Infrastrukturen über Institutsgrenzen hinweg zusammengefasst, gemeinsam organisiert und strategisch weiterentwickelt werden. So wird es möglich, dass Mitgliedsinstitute aus einer Hand alle Technologiebereiche bedienen können, die für die Erforschung, Entwicklung und (Pilot-) Fertigung von Mikro- und Nanosystemen essentiell sind – sei es für die Informationsgewinnung und -verarbeitung, die Nachrichtentechnik und Kommunikation oder die Leistungselektronik. Dies stärkt die Konkurrenzfähigkeit von Fraunhofer gegenüber internationalen Großforschungseinrichtungen.

Die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland wurde im Jahr 2016 ins Leben gerufen und im Februar 2017 beim Bundesministerium für Bildung und Forschung ein Antrag zur Förderung eingereicht.

Das Konzept sieht vor, dass die bisherigen Standorte erhalten bleiben, das Leistungsangebot aber in enger Abstimmung in einer neu zu schaffenden Geschäftsstelle koordiniert und organisiert wird. Prozessketten sollen dazu institutsübergreifend neu definiert und



Zukunftsthemen entwickelt werden. Im Fokus stehen die für die strategische Positionierung Deutschlands wichtigen Anwendungsbereiche Informationsgewinnung und -verarbeitung, Nachrichtentechnik und Kommunikation sowie die Steuerung elektronischer Ströme (Leistungselektronik). Hierbei soll die institutsübergreifende Arbeit in vier zukunftsrelevanten so genannten »Technologieparks« liegen, in denen Deutschland beziehungsweise Europa im internationalen Wettbewerb führend ist: »Siliziumbasierte Technologien«, »Verbindungshalbleiter und Sondersubstrate«, »Heterointegration« und »Design, Test und Zuverlässigkeit«. Ein gemeinsam zu schaffendes übergreifendes Manufacturing Execution System (MES) soll außerdem erstmals eine gemeinsame Organisation von Forschung und Entwicklung über mehrere Standorte hinweg ermöglichen.

Bei der Förderung des Aufbaus der Forschungsfabrik durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung handelt es sich um eine flankierende Maßnahme für das auf europäischer Ebene beantragte »Important Project of Common European Interest« (IPCEI) zur Mikroelektronik, in dem das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie die deutsche Halbleiterindustrie für die nächsten Produktgenerationen fit machen will. Während das IPCEI auf den Aufbau von industriellen Produktionskapazitäten fokussiert ist, könnte die Fraunhofer-Gesellschaft in Kooperation mit der Leibniz-Gemeinschaft mit Hilfe der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland die begleitende Forschung und Entwicklung absichern. Die Entscheidung zur Bewilligung des Vorhabens über 350 Mio. Euro für die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland wird im Frühjahr 2017 erwartet.

be developed. Focus lies in the areas of application most important for the strategic positioning of Germany to include information generation and processing, telecommunications engineering and communication technology as well as the control of electronic current (power electronics). Interdisciplinary work is to be conducted in four future-oriented "technology parks" in fields in which Germany and Europe are leading the international competition such as silicon-based technologies, compound semiconductors and special substrates, hetero-integration or design, test and reliability. In addition, a jointly-created, overlapping Manufacturing Execution System (MES), will enable the concerted organization of research and development across multiple sites for the first time.

The promotion of the structuring of the research factory by the German Federal Ministry of Education and Research is an accompanying initiative for the "Important Project of Common European Interest" (IPCEI) in microelectronics, which was submitted at the European level to serve the German Federal Ministry of Economics and Energy in its mission to strengthen the German semiconductor industry for the next generation of products. While IPCEI is focused on the growth of industrial production capacities, Fraunhofer could, in cooperation with the Leibniz Association, secure the accompanying research and development with the help of the Microelectronics Research Factory Germany. A decision to approve over 350 million euros in funding is expected in spring 2017.



- ◀ Official opening of the 200 mm extension at Fraunhofer IPMS (l.t.r. Prof. Dr. Harald Schenk, Dr. Eva-Maria Stange, Prof. Dr. Hubert Lakner).

VON ARDENNE cluster sputter system CS400S. ▶

### FRAUNHOFER IPMS MICROSYSTEMS CLEAN ROOM EXTENDS TO 200 MM PROCESS LINE

In a celebratory event on September 21, 2016, Fraunhofer IPMS officially launched the extension of its microsystems clean room to a 200 mm process line in front of an audience including Dr. Eva-Maria Stange, Saxony's Minister for Science and Art, Dresden's Lord Mayor Dirk Hilbert and guests from science, business and politics on September 21, 2016. Besides wafers with 150 mm diameter, this extension enables the Institute to process wafers 200 mm in diameter commonly used in industrial applications of microsystems technology.

Dr. Eva-Maria Stange symbolically commissioned one of the first newly-installed systems. The Free State of Saxony supports the 200 mm extension with 24 million euros from resources coming from both the state and European funds for regional development.

Most important research and development partners have already transitioned to 200 mm technology. Hence, the 200 mm wafer format extension is prerequisite for the continuation of working at the highest levels with business and industry partners. It provides, for example, new possibilities in the distribution of wafer processing work, as how Fraunhofer and X-FAB have already begun in the ECSEL-funded ADMONT project.

In 2017 the 200 mm extension will be used to adapt existing supply unit infrastructure as well as to convert plants and processes and furnish new systems. The overall extension project will be completed in 2018.

### FRAUNHOFER IPMS STELLT ANLAGEN UND PROZESSE AUF GRÖßERES WAFERFORMAT UM

Im Rahmen einer feierlichen Auftaktveranstaltung hat das Fraunhofer IPMS am 21. September 2016 im Beisein von Sachsens Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst Dr. Eva-Maria Stange und Dresdens Oberbürgermeister Dirk Hilbert gemeinsam mit Gästen aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik die Erweiterung seines Mikrosystemreinraums auf eine 200-mm-Prozesslinie offiziell gestartet. Mit der Erweiterung kann das Institut zukünftig neben Wafern mit einem Durchmesser von 150 mm auch die in der Mikrosystemtechnik industrieeüblichen 200-mm-Wafer verarbeiten.

Wissenschaftsministerin Dr. Eva-Maria Stange nahm symbolisch eine der ersten neu installierten Anlagen in Betrieb. Der Freistaat Sachsen unterstützt die 200-mm-Erweiterung mit 24 Millionen Euro aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung und aus Landesmitteln.

Die wichtigsten Forschungs- und Entwicklungspartner sind bereits auf die 200-mm-Technologie umgestiegen. Die Erweiterung auf das 200-mm-Waferformat ist daher eine Grundvoraussetzung dafür, weiterhin auf Spitzenniveau mit Partnern aus Industrie und Wirtschaft wie beispielsweise in dem ECSEL-geförderten Projekt ADMONT mit der Firma X-FAB zusammenzuarbeiten.

Mit der 200-mm-Erweiterung werden sowohl die bestehende Versorgungsinfrastruktur angepasst als auch Anlagen und Prozesse umgerüstet und Anlagen neu beschafft. Das Gesamtvorhaben wird noch bis zum Jahr 2018 andauern.



---

### VON ARDENNE RÜSTET FRAUNHOFER IPMS MIT CLUSTER-SYSTEM FÜR DIE MEMS-FERTIGUNG AUS

---

Das Fraunhofer IPMS hat der VON ARDENNE GmbH den Auftrag über eine neue Sputter-Clusteranlage CS400S für die Abscheidung dünner Schichten erteilt. Die Anschaffung ist Teil der Reinraumerweiterung des Dresdner Forschungsinstituts auf die 200-mm-Wafer-Technologie. Das Fraunhofer IPMS und VON ARDENNE wollen mit der Installation der CS400S sowohl die Entwicklung als auch die Pilotfertigung von hochreflektierenden Schichtsystemen für MEMS und MOEMS vorantreiben.

Die Anlage ist eines der größten bislang von der VON ARDENNE GmbH gebauten Cluster-Systeme, sie besteht aus zwei Magazinladekammern, einer Vorbehandlungskammer und fünf Prozesskammern. Die Kammern sind um einen zentralen Handler gruppiert, in dem eine Kühl- und Alignment-Station integriert ist. Die Cluster-Bauweise ermöglicht es, mehrere aufeinander folgende Schichten in situ abzuscheiden, ohne dass das Substrat das Vakuum verlassen muss.

Fraunhofer IPMS und VON ARDENNE planen eine enge Kooperation, in der beide Seiten gemeinsam oder mit Kunden weitere Anwendungen für den industriellen Einsatz entwickeln und zur Marktreife führen können. Durch die Kompetenz der beteiligten Partner und die Flexibilität des Systems sind notwendige Anpassungen problemlos möglich.

---

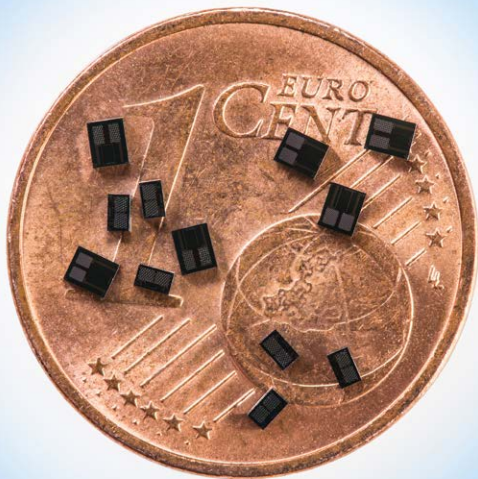
### VON ARDENNE SUPPLIES FRAUNHOFER IPMS WITH CLUSTER SYSTEM FOR MEMS FABRICATION

---

The Fraunhofer IPMS has placed an order with VON ARDENNE for a new cluster sputter system CS400S for the deposition of thin films. The investment is part of the extension of the clean room of the Dresden-based institute to accommodate the 200 mm wafer technology. By installing the CS400S, Fraunhofer IPMS and VON ARDENNE seek to advance the development and production of highly reflective layer systems for micro-(opto)-electro-mechanical systems, the so-called MEMS and MOEMS.

This CS400S is one of the largest cluster systems that VON ARDENNE has built so far. It consists of two magazine load lock chambers, one pre-treatment chamber and five process chambers. The chambers are grouped around a central handling unit with an integrated alignment station. The cluster design of the system enables the sequential in situ deposition of several layers, without the necessity to remove the substrate from the vacuum.

Fraunhofer IPMS and VON ARDENNE plan to establish a close cooperation so that both parties can develop more applications for industrial use and make them marketable. This can either be done in cooperation with each other or together with customers. Thanks to the expertise of both partners and the flexibility of the sputter system, it will be easy to adjust it to new requirements.



- ◀ Within the "IoSense" framework, Fraunhofer IPMS develops e.g. pressure sensors in surface micromechanics.

ADMONT technical meeting on January 20, 2016. ▶

### OFFICIAL LAUNCH OF THE ECSEL "IOSENSE" PROJECT

In Mai 2016 the project "IoSense" was officially launched. The pilot line project aims to develop new competitive sensors and sensor systems 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).

Within IoSense, Fraunhofer IPMS works as a low volume R&D line providing CMOS wafers from Infineon Technologies Dresden with micromechanical sensor elements. The semiconductor lines of Infineon and Fraunhofer IPMS are virtually linked and the technological and logistical interfaces are defined. This will be demonstrated by the integration of a surface micromachining pressure sensor on the Infineon CMOS technology. Tasks of development include the technological adaptation of integration processes as well as the electronic readout of the sensor elements. This cooperation enables faster developments and a simpler and quicker transfer of development results on an industrial pilot line.

IoSense is part of ECSEL, the European program for microelectronics. The IoSense project will run for a three-year period at a cost of 65 million euros. The EU is supporting the project with approximately 14.7 million euros as part of its ECSEL program. The State of Saxony and the BMBF are together providing around 5.2 million euros.

### ECSEL-PROJEKT »IOSENSE« OFFIZIELL GESTARTET

Im Mai 2016 wurde das Projekt »IoSense« (Internet of Sensors) offiziell gestartet. Ziel des Pilotlinienprojekts ist die Entwicklung neuartiger wettbewerbsfähiger Sensoren und Sensorsysteme 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.

Innerhalb von IoSense ist das Fraunhofer IPMS als Low-Volume-R&D-Line eingebunden. In diesem Verbund sollen CMOS-Wafer von Infineon Technologies Dresden mit mikromechanischen Sensorelementen versehen werden. Hierzu werden die beiden Halbleiterlinien von Infineon und Fraunhofer IPMS virtuell verknüpft und die technologischen und logistischen Schnittstellen definiert. Nachgewiesen wird dies durch die Integration eines Drucksensors in Oberflächenmikromechanik auf die Infineon-CMOS-Technologie. Die Entwicklungsaufgaben umfassen hierbei sowohl die technologische Anpassung des Prozesses zur Integration als auch die elektronische Auslese der Sensorelemente. Die Verknüpfung der Linien ermöglicht schnellere Entwicklungen und einen einfacheren und schnelleren Transfer von Entwicklungsergebnissen auf eine industrielle Pilotlinie.

IoSense ist Teil von ECSEL, dem europäischen Förderprogramm für Mikroelektronik. IoSense hat eine Projektlaufzeit von drei Jahren und ein Volumen von 65 Millionen Euro. Die EU fördert das Vorhaben im Rahmen von ECSEL mit rund 14,7 Millionen Euro. Das Land Sachsen und das BMBF beteiligen sich gemeinsam mit rund 5,2 Mio. Euro.



---

### ADMONT PRÄSENTIERT ERSTEN DEMONSTRATOR

---

Das im Rahmen der Joint Undertaking ECSEL im Jahr 2015 gestartete Projekt ADMONT »Advanced Distributed Pilot Line for More-than-Moore-Technologies« hat die Etablierung einer leistungsfähigen und flexiblen More-than-Moore (MtM) Pilotlinie am Standort Dresden zum Ziel. Dafür wurde im Jahr 2016 ein erster Demonstrator, der Fertigungsschritte in allen vier Reinräumen erfordert, fertiggestellt und Mitte des Jahres präsentiert. Des Weiteren starteten mehr als ein Dutzend Lose in dem von X-FAB im Rahmen des Projekts weiter entwickelten CMOS-Prozess, der zur Herstellung weiterer im Projektantrag vorgesehener Demonstratoren verwendet wurde. Die durchgängig positive Bewertung des Projekts wurde durch externe unabhängige Gutachter während des ersten Projektreviews am 22. Juni 2016 in Dresden bestätigt.

ADMONT (Projekt ID: 661796 – ECSEL-2014-2) wird zur einen Hälfte von der Europäischen Kommission und zur anderen Hälfte von den beteiligten Mitgliedsstaaten finanziell über vier Jahre unterstützt. Die nationale Förderung für sächsische Projektpartner tragen Bund und Freistaat Sachsen jeweils zur Hälfte. Die räumlich verteilte, aber dennoch zu einer durchgängigen More-than-Moore-Plattform integrierte Pilotlinie vereint grundlegende CMOS-Prozesse des federführenden Industriepartners 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.

---

### ADMONT PRESENTS FIRST DEMONSTRATOR

---

Launched in 2015 within the framework of the ECSEL joint undertaking, the "Advanced Distributed Pilot Line for More-than-Moore Technologies" (ADMONT) project aims to establish a powerful and flexible More-than-Moore (MtM) pilot line in Dresden. A first demonstrator, which required production steps in all four clean rooms, was completed and presented in the middle of 2016. In addition, more than a dozen lots were started in the CMOS process which was further developed by X-FAB as part of the project. These were used for the production of further demonstrators provided for in the project proposal. The overall positive assessment of the project was independently confirmed by external experts during the first project review on June 22, 2016 in Dresden.

ADMONT (project ID: 661796 – ECSEL-2014-2) is financially supported over a four-year period with funding being equally divided between the European Commission and the participating member states. National funding for Saxon project partners is split between the German government and the Free State of Saxony. Spatially separate yet continuously integrated More-than-Moore platform pilot lines combine fundamental CMOS processes of leading industry partner X-FAB with Fraunhofer IPMS technologies for sensors and MEMS components, Fraunhofer FEP-COMEDD OLED-on-CMOS-Integration and Fraunhofer IZM-ASSID 2.5D- and 3D-integration possibilities into a unique and uninterrupted process flow.



Leistungszentrum  
mikro | nano

KONRAD HERRE

Phone: +49 351 8823-354

Web: [www.leistungszentrum-mikronano.de](http://www.leistungszentrum-mikronano.de)

Email: [LZ-MikroNano@fraunhofer.de](mailto:LZ-MikroNano@fraunhofer.de)

### MICRO/NANO HIGH PERFORMANCE CENTER STARTS OPERATIONAL WORK

Following the approval of funds on February 12, 2016, project partners at the »Functional Integration for Micro-/Nanoelectronics« High-Performance-Center began work in four sub-projects. Headed by Konrad Herre, the Fraunhofer IPMS Innovation Transit Office started marketing project work with the aim of expanding the range of services through the acquisition of additional cooperation partners and industrial orders. Project work was presented at the 2016 DATE (March 14-18, 2016, Dresden) and at the VDI/VDE Congress (November 7-8, 2016, Mannheim). Preparations were also made to facilitate participation in other events such as the 2017 trade fair in Hannover. As a result, the Fraunhofer Institutes for Material and Beam Technology IWS and Ceramic Technologies and Systems IKTS joined the group and initial industrial contracts with companies such as MGG-Lamps were finalized in the 2016 financial year.

Made up of the Fraunhofer IPMS, ENAS, IIS and IZM institutes, the Technical Universities of Dresden and Chemnitz as well as the University of Applied Sciences Dresden, the High-Performance-Center is a collaboration in the field of microsystems technology (sensors, actuators) with a focus on system integration in industrial automation. In order to strengthen the region, research know-how should be deepened and innovations should be implemented more quickly in applications and products through close cooperation with resident companies. The center is funded during a two-year pilot phase with support coming from the Free State of Saxony, the Fraunhofer-Gesellschaft and industrial partners.

### LEISTUNGSZENTRUM »MIKRO/NANO« NIMMT OPERATIVE ARBEIT AUF

Nach Bewilligung der Mittel am 12. Februar 2016 nahmen die Projektpartner des Leistungszentrums »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik« die operative Arbeit in den vier Teilprojekten auf. Gleichzeitig startete das Innovationstransferbüro unter Leitung von Konrad Herre mit Sitz am Fraunhofer IPMS mit der Vermarktung der Projektarbeit mit dem Ziel, das Leistungsspektrum über die Gewinnung weiterer Kooperationspartner zu erweitern und Industrienaufträge zu akquirieren. So wurden die Arbeiten in den Projekten auf der DATE 2016 (14. -18. März 2016, Dresden) und auf dem VDI/VDE-Kongress (7. - 8. November 2016, Mannheim) vorgestellt und die Teilnahme an der Hannover Messe für das Jahr 2017 vorbereitet. Im Ergebnis schlossen sich die Fraunhofer-Institute für Werkstoff- und Strahltechnik IWS sowie für Keramische Technologien und Systeme IKTS dem Verbund an. Zudem konnten schon 2016 erste Industrienaufträge, zum Beispiel mit der MGG Micro-Glühlampen-Gesellschaft Menzel GmbH, abgeschlossen werden.

Das Leistungszentrum ist ein Zusammenschluss der Fraunhofer-Institute IPMS, ENAS, IIS, IZM mit den Technischen Universitäten Dresden und Chemnitz sowie der Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden auf dem Gebiet der Mikrosystemtechnik (Sensoren, Aktoren) mit Fokus auf die Systemintegration in der Industrieautomation. In enger Kooperation mit ansässigen Unternehmen sollen Forschungs-Know-how vertieft, Innovationen schneller in Anwendungen und Produkte umgesetzt und damit die Region gestärkt werden. Finanziert werden die Projekte des Leistungszentrums während einer zweijährigen Pilotphase aus Mitteln des Freistaates Sachsen und der Fraunhofer-Gesellschaft.



◀◀ Workshop of the High Performance Center at Fraunhofer IPMS on February 2, 2017.

Prof. Boris Otto, head of research project "Industrial Data Space", Prof. Reimund Neugebauer, President of the Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Dr. Johanna Wanka, Federal Minister of Education and Research, Prof. Hubert Lakner, chairman of the Fraunhofer Group for Microelectronics and Director of the Fraunhofer IPMS (l.t.r.). © Matthias Heyde / Fraunhofer-Gesellschaft. ▶



-----  
**WIRTSCHAFT 4.0: BUNDESMINISTERIUM FÜR  
BILDUNG UND FORSCHUNG UND FRAUNHOFER  
SETZEN GEMEINSAME AKZENTE**  
-----

Am 26. Oktober 2016 fand im Fraunhofer-Forum in Berlin ein Pressegespräch zum Thema »Wirtschaft 4.0: Datenökonomie und Digitale Souveränität« statt. Bei Impulsvorträgen äußerten sich Prof. Johanna Wanka, Bundesministerin für Bildung und Forschung, Prof. Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Boris Otto, Leiter des Forschungsprojekts Industrial Data Space und des Fraunhofer Innovationszentrums für Logistik und IT, und Prof. Hubert Lakner, Institutsleiter des Fraunhofer IPMS und Vorsitzender des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik, zur technologischen Souveränität Deutschlands und diskutierten die Fortschritte im ersten Jahr der Initiative Industrial Data Space sowie deren branchenspezifische Anwendungen.

Durch diesen engen Schulterschluss von Politik, Wirtschaft und angewandter Forschung bleibt Deutschland einer der modernsten Industriestandorte. Mit der »Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland« wird Fraunhofer zudem gemeinsam mit Partnern die Mikro- und Nanoelektronik als unsichtbare aber unverzichtbare Schlüsselindustrie der Industrie 4.0 weiter vorantreiben. Auch das Feld des »Maschinellen Lernens« birgt noch unerschlossene Potenziale: Als Schlüsselverfahren für die technologische Souveränität Deutschlands sehen es Fraunhofer-Forscherinnen und -Forscher daher als eine der zentralen Herausforderungen, dieses Potenzial zu heben.

-----  
**ECONOMY 4.0: GERMAN FEDERAL MINISTRY OF  
EDUCATION AND RESEARCH AND FRAUNHOFER  
SET COMMON COURSE**  
-----

On October 26, 2016, the Fraunhofer Forum in Berlin hosted a press conference on »Economy 4.0: Data Economy and Digital Sovereignty«. Distinguished speakers discussing progress made in the first year of the Industrial Data Space initiative as well as its sector-specific applications included: Prof. Johanna Wanka, Federal Minister for Education and Research, Prof. Reimund Neugebauer, President of the Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Boris Otto, Head of the Industrial Data Space Research Project and the Fraunhofer Innovation Center for Logistics and IT, Prof. Hubert Lakner, Chairman of the Fraunhofer IPMS and the Fraunhofer Group for Microelectronics.

Due to strong solidarity between politics, business and applied research, Germany remains one of today's most modern industrial locations. Together with its partners, Fraunhofer will continue to promote microelectronics and nanoelectronics as an invisible but indispensable key industry for smart industrial production through the "Microelectronics Research Factory of Germany". The field of »machine learning« still holds undeveloped potential: Fraunhofer researchers regard raising this potential to be one of the central challenges in the key procedure to further strengthen Germany's technological sovereignty.



◀ Prof. Neugebauer presents Prof. Dr. Hubert Lakner with the Fraunhofer Medal.

Participants of the Industry Partner Day at CNT. ▶

### PROF. DR. HUBERT LAKNER RECEIVES FRAUNHOFER MEDAL

Prof. Dr. Reimund Neugebauer, President of the Fraunhofer-Gesellschaft, honors Prof. Dr. Hubert Lakner, Chairman of the Fraunhofer Group for Microelectronics and Director of the Fraunhofer IPMS, with the Fraunhofer Medal for his outstanding dedication to microelectronics. In recognition of the 20th anniversary of the Fraunhofer Microelectronics Alliance, Prof. Dr. Hubert Lakner was awarded the Fraunhofer Medal on May 23, 2016 in Berlin. In his opening remarks, Prof. Dr. Neugebauer emphasized the importance of the Microelectronics Alliance within the Fraunhofer-Gesellschaft and presented excellent research examples.

Prof. Dr. Lakner has led the Fraunhofer IPMS since its spin-off from the Fraunhofer Institute for Microelectronic Circuits and Systems IMS in 2003. In 2011, he succeeded Prof. Dr. Heinz Gerhäuser as Chairman of the Fraunhofer Group for Microelectronics. As a member of the Fraunhofer Board, Prof. Lakner has been instrumental in numerous evaluations, restructurings and appointment committees of member institutions. In addition, Prof. Lakner has served in diverse capacities to strategically position Fraunhofer microelectronic activities. Among other responsibilities, Prof. Lakner sits on the supervisory board of AENEAS (a European association for nano-electronics), is a member of the Electronic Leaders Group ELG (an association made up of leading European semiconductor and research executives) and is the Speaker of the advisory board of Silicon Saxony.

### PROF. DR. HUBERT LAKNER ERHÄLT DIE FRAUNHOFER-MEDAILLE

Prof. Dr. Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft, ehrte Prof. Dr. Hubert Lakner, Vorsitzender des Fraunhofer-Verbundes Mikroelektronik und Institutsleiter des Fraunhofer IPMS, mit der Fraunhofer-Medaille für sein Engagement um die Mikroelektronik. Prof. Dr. Hubert Lakner wurde im Zuge des 20-jährigen Jubiläums des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik am 23. Mai 2016 in Berlin mit der Fraunhofer-Medaille gewürdigt. In seiner Eröffnungsrede betonte Prof. Neugebauer die Bedeutung des Verbunds Mikroelektronik für die Fraunhofer-Gesellschaft und berichtete über exzellente Forschungsbeispiele.

Prof. Dr. Lakner leitet das Fraunhofer IPMS seit es im Jahr 2003 von einem Institutsteil des Fraunhofer-Instituts für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS in die Selbstständigkeit überführt wurde. Als Vorsitzender des Fraunhofer-Verbundes Mikroelektronik folgte er 2011 Prof. Dr. Heinz Gerhäuser nach. Als Mitglied des Fraunhofer-Präsidiums wirkte Prof. Lakner bei zahlreichen Evaluationen, Umstrukturierungen sowie in Berufungskommissionen von Mitgliedsinstituten mit. Darüber hinaus engagiert sich Prof. Lakner in verschiedenen Positionen für eine strategische Positionierung der mikroelektronischen Aktivitäten von Fraunhofer: Er ist unter anderem Mitglied des Aufsichtsrats von AENEAS, einer europäischen Vereinigung für Nanoelektronik, der Electronic Leaders Group ELG, zu der sich Führungskräfte der europäischen Halbleiterindustrie und -forschung zusammengeschlossen haben, und Sprecher des wissenschaftlichen Beirats von Silicon Saxony.



---

### INDUSTRY PARTNER DAY DES CENTER NANOELECTRONIC TECHNOLOGIES CNT

---

Das Center Nanoelectronic Technologies (CNT) präsentiert einmal im Jahr die neuesten Entwicklungen auf den Gebieten High-k Devices, Non-volatile Memories, Interconnects und MEMS auf dem Industry Partner Day. Die sechste Austragung des Industry Partner Day fand am 3. November 2016 statt.

Etwa 100 Gäste aus Industrie und Wissenschaft diskutierten auf der Königsbrücker Straße in den Räumlichkeiten des CNT über aktuelle Projekte, Entwicklungen und Ausblicke. Forschungspartner und Industrievertreter von Globalfoundries, X-FAB oder Singulus präsentierten gemeinsame Projekte und aktuelle Entwicklungstrends in der Halbleiterbranche.

Im Anschluss bot das Fraunhofer IPMS Interessierten eine exklusive Führung durch die eigenen Reinräume und die Infrastruktur auf dem Gelände der Infineon Technologies AG an.

---

### THE CENTER NANOELECTRONIC TECHNOLOGIES INDUSTRY PARTNER DAY

---

On November 3, 2016, the Center for Nanoelectronic Technologies (CNT) presented the latest developments in the fields of high-k devices, non-volatile memories, interconnects and MEMS at its sixth annual Industry Partner Day.

Around 100 guests from industry and science discussed current projects, developments and outlooks at the CNT facilities on Königsbrücker Strasse in Dresden. Representatives from Globalfoundries, X-FAB and Singulus presented joint projects and shared current development trends in the semiconductor industry.

Fraunhofer IPMS also provided interested parties exclusive tours of both in-house clean rooms as well as infrastructure on the premises of Infineon Technologies AG.

CNT  
INDUSTRY  
PARTNER DAY

November 3, 2016





#### TEN YEARS OF SUCCESSFUL COOPERATION BETWEEN HIPERSCAN AND FRAUNHOFER IPMS

Founded on May 24, 2006 as a Fraunhofer startup, HiperScan celebrated its 10th anniversary in the year 2016. Today, HiperScan is a successful company providing high-quality technologies and applications for the analysis of materials in the near infrared range.

HiperScan has grown strongly over the last decade, thanks in part to the excellent cooperation with Fraunhofer IPMS. The company had already completed their first compact near infrared spectrometer SGS1900 prototype based on scanning-grating technology. Designed to verify the identity of raw materials used in the pharmacy, the HiperScan "Apo-Ident" analysis system was successfully placed on the market in the following year. Apo-Ident is currently being used in both German and international pharmacies. Over 1500 pharmacies are already using the Apo-Ident NIR analysis system and the introduction of yet another spectrometer is imminent. Development of this new product allows numerous industries to perform both qualitative and quantitative analysis.

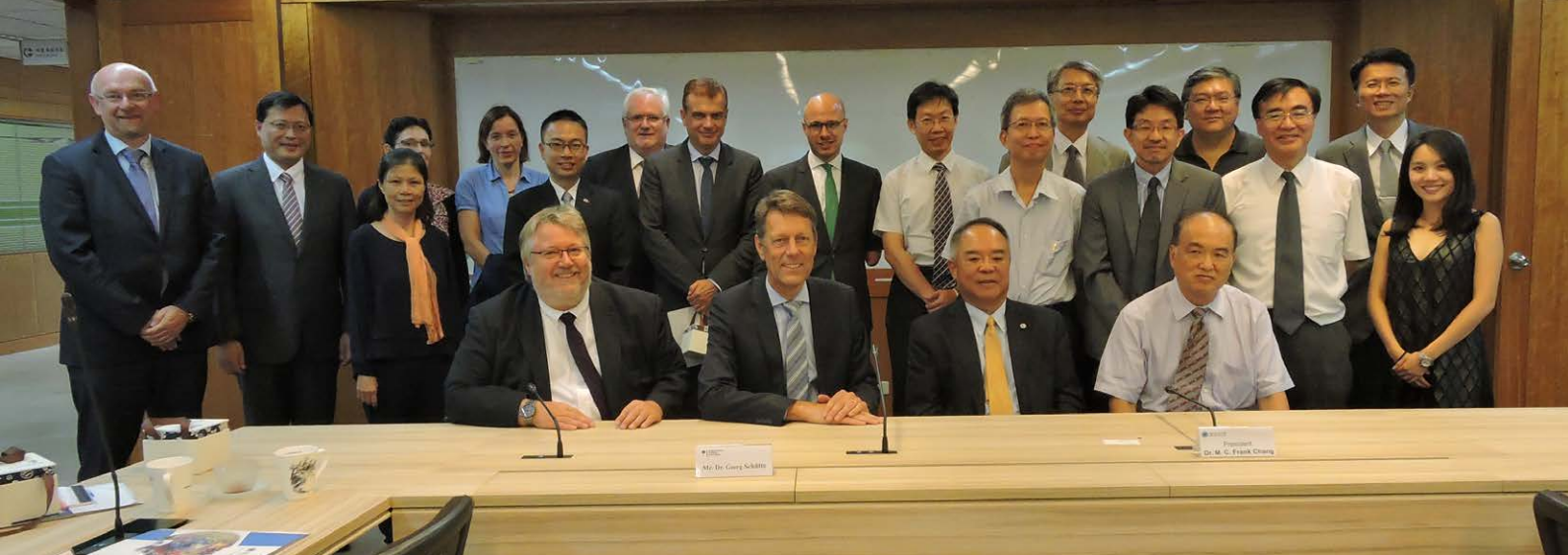
Fraunhofer IPMS will continue to work with HiperScan in the future in the areas of high-tech development and the development of next-generation equipment in terms of the miniaturization of spectrometers. A micro scanning mirror with diffraction grating developed at Fraunhofer IPMS is the center of the HiperScan scanning-grating spectrometer.

#### ZEHN JAHRE ERFOLGREICHE ZUSAMMENARBEIT ZWISCHEN HIPERSCAN UND FRAUNHOFER IPMS

Die HiperScan GmbH feierte im Jahr 2016 ein Jubiläum. Vor zehn Jahren, am 24. Mai 2006, wurde sie als Startup aus dem Fraunhofer IPMS ausgegründet. Heute ist HiperScan ein erfolgreiches Unternehmen für hochwertige Technologien und Anwendungen zur Analyse von Stoffen im nahen Infrarotbereich.

In den vergangenen zehn Jahren ist das Unternehmen, nicht zuletzt dank der hervorragenden Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IPMS, stark gewachsen. Bereits 2008 wurde der erste Prototyp des kompakten Nahinfrarotspektrometers SGS1900 auf Grundlage der Scanning-Grating-Technologie fertiggestellt. Im Folgejahr fand die erfolgreiche Platzierung des Analyse-systems »Apo-Ident« am Markt statt. Es ist speziell für die Identitätsprüfung von Ausgangsstoffen in der Apotheke konzipiert. Apo-Ident wird in Deutschland und mittlerweile auch international vertrieben. Inzwischen nutzen bereits über 1500 Apotheken das NIR-Analysesystem.

Zudem steht die Einführung eines weiteren Spektrometers bevor. Mit dieser neuen Produktentwicklung sind neben qualitativen Untersuchungen auch quantitative Analysen in zahlreichen Industriezweigen möglich. Herzstück der Scanning-Grating-Spektrometer von HiperScan sind die vom Fraunhofer IPMS entwickelten Mikroscoannerspiegel mit Beugungsgitter.



---

### PROF. LAKNER BESUCHT MIKROELEKTRONIK- UNTERNEHMEN IN TAIWAN

---

Vom 24. bis 28. August 2016 reiste eine Delegation des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) nach Taiwan, um Einblicke in die Struktur und Organisation der beruflichen Bildung in Taiwan zu gewinnen und Möglichkeiten der Zusammenarbeit mit Deutschland abzustimmen. Als Teil dieser Delegation begleitete Prof. Hubert Lakner Herrn Staatssekretär Dr. Georg Schütte nach Taiwan.

Die Teilnehmer der Berufsbildungsdelegation diskutierten mit Vertretern der deutschen und taiwanesischen Unternehmerschaft sowie der Regierung über die Zukunft der Berufsbildung in Taiwan. Bei Gesprächen mit Vertretungen der deutschen Wirtschaft wurde deutlich, dass der Fachkräftemangel auch in Taiwan ein großes Thema ist.

Mit auf dem Programm standen Besuche namhafter taiwanesischer Forschungsinstitute und Unternehmen der Mikroelektronik. Neben dem Industrial Technology Research Institute ITRI und der Hon Hai Precision Industry Co., Ltd., die unter dem Namen Foxconn Technology Group am Markt auftritt – einer der größten Fertigungsbetriebe für elektronische Produkte weltweit – besuchte Herr Lakner die Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, Limited TSMC. TSMC ist nach Intel und Samsung der weltweit drittgrößte Halbleiterhersteller und die weltweit größte unabhängige Foundry. In Gesprächen auf Leitungsebene wurden Markttrends in der Mikro- und Nanoelektronik diskutiert und Chancen einer Kooperation mit dem Fraunhofer IPMS diskutiert.

---

### PROF. LAKNER VISITS SEMICONDUCTOR COMPANIES IN TAIWAN

---

A delegation from the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF), including State Secretary Dr. Georg Schütte and Prof. Hubert Lakner, was in Taiwan from August 24-28, 2016 to gain insights into the structure and organization of vocational education and training in Taiwan and to determine the possibilities for German/Taiwanese cooperation.

Members of the vocational training delegation discussed the future of vocational training in Taiwan with German and Taiwanese entrepreneurs and government officials. During talks with German business representatives, it became clear that the deficit of skilled labor in Taiwan is also a big issue.

The program included visits to renowned Taiwanese research institutes and microelectronics companies. In addition to the Industrial Technology Research Institute (ITRI), Prof. Lakner stopped by Hon Hai Precision Industry Co. Ltd., part of the Foxconn Technology Group, one of the largest manufacturing companies for electronic products worldwide. Prof. Lakner also visited the Taiwan Semiconductor Manufacturing Company, Limited (TSMC). After Intel and Samsung, TSMC is the world's third largest semiconductor manufacturer and the world's largest independent foundry. Management-level talks focused on micro- and nanoelectronics market trends as well as opportunities for cooperation with Fraunhofer IPMS.



◀ Award ceremony: Holger Conrad, Stefan Müller (l.t.r.).

Award ceremony: Dr. Bert Kaiser, Prof. Dr. Christiane Hipp,  
vice-president of the BTU Cottbus-Senftenberg (l.t.r.). ▶

### AWARD FOR NOVEL, HIGH-PERFORMANCE ELECTROSTATIC MICROACTUATORS

---

Project manager Holger Conrad of the Fraunhofer IPMS has been honored with the German Federal Ministry for Education and Research (BMBF) VIP/VIP+ validation award. Holger Conrad took the first place in the 2017 VIP/VIP+ Validation Prize 2017 awarded by the BMBF for the research results within the MESYS group in the "Nano e-drive" project which was funded by the BMBF in the period from September 1, 2012 to December 31, 2015 (promotion code: 03V0297). The award was presented by Parliamentary State Secretary Stefan Müller in Berlin on February 1, 2017 within the framework of the Innovation Conference on the "Validation of the Social and Technological Potential of Scientific Research" (VIP/VIP+).

The award-winning approach provides the possibility to bypass the pull-in effect of conventional electrostatic actuators and to move them into an area which is usually no longer relevant for actuation. The quasistatic deflections of such actuators can therefore be significantly greater than what electrode spacing currently permits. The novel actuators are impressive, with a low electrical drive voltage, little energy consumption and short reaction times. In addition, they are CMOS and RoHS-compatible which, in combination with the easy integration into standard silicon processes, enables cost-effective volume production.

Within the scope of BMBF funding, scientists were able to develop the complete manufacturing chain and process technology for the new actuator principle. The theory of the actuators was validated as highly successful. Results were transferred into a first demonstrator and first sample applications.

### AUSZEICHNUNG FÜR NEUARTIGE, LEISTUNGSFÄHIGE KLASSE ELEKTROSTATISCHER MIKROAKTOREN

---

Für die Forschungsergebnisse der MESYS-Gruppe im Projekt »Nano e-drive« wurde Projektleiter Holger Conrad vom Fraunhofer IPMS durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF mit dem 1. Platz für den VIP/VIP+ Validierungspreis 2017 ausgezeichnet. Das Projekt »Nano e-drive« wurde im Zeitraum 1. September 2012 bis 31. Dezember 2015 durch das BMBF gefördert (Förderkennzeichen: 03V0297). Der Preis wurde im Rahmen der Innovationstagung zur Fördermaßnahme »Validierung des gesellschaftlichen und technologischen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung« (VIP/VIP+) durch den Parlamentarischen Staatssekretär Stefan Müller am 1. Februar 2017 in Berlin verliehen.

Der prämierte Ansatz schafft die Möglichkeit, den Pull-In-Effekt herkömmlicher elektrostatischer Aktoren zu umgehen bzw. in einen Bereich zu verschieben, welcher für den aktorischen Betrieb nicht mehr relevant ist. Die quasi-statischen Auslenkungen derartiger Aktoren können damit wesentlich größer sein, als der Elektrodenabstand es derzeit zulässt. Die neuartigen Aktoren überzeugen mit einer niedrigen elektrischen Antriebsspannung, geringem Energieverbrauch und kurzen Reaktionszeiten. Zudem sind sie CMOS- und RoHS-kompatibel, was in Kombination mit der einfachen Integrierbarkeit in Standard-Silizium-Prozesse eine kostengünstige Volumenfertigung erlaubt.

Im Rahmen der BMBF-Förderung konnten die Wissenschaftler die komplette Herstellungskette und Verfahrenstechnik für das neue Aktorprinzip entwickeln. Die Theorie der Aktoren wurde sehr erfolgreich validiert und die Ergebnisse in einen ersten Demonstrator und erste Musteranwendungen überführt.



---

#### DR. BERT KAISER ERHÄLT MAX-GRÜNEBAUM- PREIS

---

Die Max Grünebaum-Stiftung würdigte am 16. Oktober 2016 in Cottbus Dr. Bert Kaiser von der Fraunhofer-Projektgruppe Mesoskopische Aktoren und Systeme (MESYS) für seine wissenschaftlich herausragende Doktorarbeit. Der Max-Grünebaum-Preis wurde 2016 zum 20. Mal vergeben und ist mit 5000 Euro dotiert. Mit dem Preis wollen die Nachkommen von Max Grünebaum (1851-1925) an seine großzügigen sozialen und kulturellen Zuwendungen erinnern.

Bert Kaiser schrieb seine mit »summa cum laude« bewertete Doktorarbeit zum Thema »Simulation und Charakterisierung eines neuartigen mikromechanischen elektrostatischen Aktors« im Fachgebiet Mikro- und Nanosysteme. Die Dissertation beschäftigt sich mit der effizienten Erzeugung von Bewegungen von mikroskopisch kleinen Biegebalken. Mikroaktoren finden sich heute in unzähligen Anwendungen. Elektrostatische Antriebe werden gegenüber anderen Aktorprinzipien wie zum Beispiel elektromagnetischen Antrieben aufgrund ihrer hohen Energieeffizienz und der einfachen Integrierbarkeit mit elektronischen Schaltungen auf Siliziumscheiben stark bevorzugt.

Kaiser hat in seiner Arbeit den Nachweis erbracht, dass das vorgeschlagene, in der Fraunhofer Projektgruppe MESYS konzipierte Prinzip deutlich höhere Hübe als konventionelle elektrostatische Aktoren erreicht. Seine Entwicklung ist eine Alternative zu piezoelektrischen Aktoren, die viel schwerer in Herstellungsprozesse integrierbar sind und oft Blei enthalten. Die neuen Aktoren besitzen zudem alle Vorteile der Integrierbarkeit und damit der kostengünstigen Fertigung in großen Stückzahlen.

---

#### DR. BERT KAISER RECEIVES MAX GRÜNEBAUM PRIZE

---

On the 16. October 2016, the Max Grünebaum Foundation honored Dr. Bert Kaiser from the Fraunhofer Mesoscopic Actuators and Systems (MESYS) project group for his outstanding scientific dissertation. Endowed with 5000 euros, 2016 marked the 20th awarding of the Max Grünebaum Prize. Descendants of Max Grünebaum (1851-1925) present this award in memory of his generous social and cultural contributions.

Bert Kaiser wrote his "summa cum laude" doctoral thesis entitled "Simulation and Characterization of a Novel Micro-mechanical Electrostatic Actuator" in the field of micro- and nanosystems. The dissertation deals with the efficient generation of movements of microscopically small bending beams. Microactuators are now found in countless applications. Because of their high energy efficiency and simple integration with electronic circuits on silicon wafers, electrostatic drives are strongly preferred to other actuator principles such as electromagnetic drives.

In his work, Kaiser provided evidence that the proposed principle, conceived in the MESYS Fraunhofer project group, achieves considerably higher ranges than conventional electrostatic actuators. Its development is an alternative to piezoelectric actuators, which are much more difficult to integrate into manufacturing processes and often contain lead. The new actuators also have all the advantages of integratability and can therefore be cost-effectively produced in large quantities.



◀ Johannes Kade of Fraunhofer IPMS (left) with Thomas Schmidt, State Minister for Environment and Agriculture, and Aline Fiedler, Member of the Saxon State Parliament.

MEMS diffraction grating with driving electronics. ▶▶

### FRAUNHOFER IPMS FEATURED AT GERMAN UNITY CELEBRATION IN DRESDEN

The State of Saxony organized local celebrations to mark the Day of German Unity which included, among other things, a citizens festival from October 1-3, 2016, in the center of Dresden. Under the motto "Fraunhofer in Saxony – Closely Experiencing Research", the Saxon Fraunhofer institutes presented themselves in a joint pavilion on the festival's "Science Mile". The diversity of topics encompassed biological research, materials science and manufacturing techniques as well as nano- and microelectronics. In proximity to the famous Church of Our Lady, Fraunhofer IPMS presented a wide range of micro-electro-mechanical systems to a large audience and demonstrated how versatile, value-adding and exciting research can be.

The Science Mile was well attended drawing, among others, Saxon State Minister for Science and Art, Dr. Eva-Maria Stange. Minister President Stanislaw Tillich was also present on the first day, studying current research developments in the tents of the participants. Martin Dulig, Saxon Minister of Economic Affairs, Labor and Transport and Thomas Schmidt, Saxon Minister of the Environment and Agriculture were also spotted touring the Science Mile.

### FRAUNHOFER IPMS PRÄSENTIERTE SICH ZUR EINHEITSFEIER IN DRESDEN

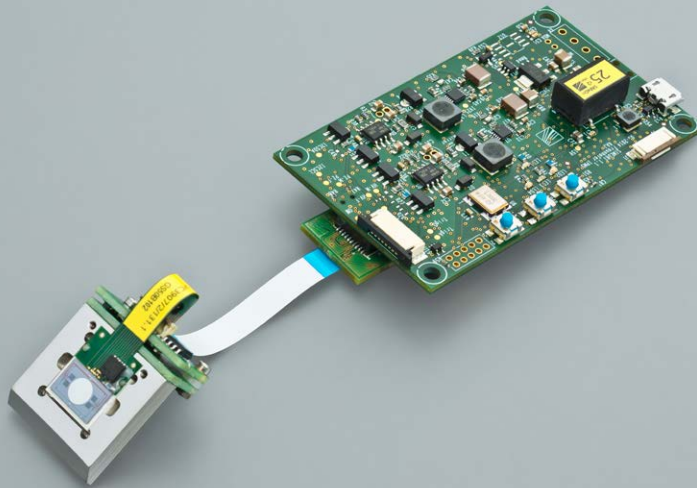
Das Land Sachsen richtete in diesem Jahr die zentralen Feierlichkeiten zum Tag der Deutschen Einheit aus. Unter anderem lud ein Bürgerfest vom 1. bis zum 3. Oktober 2016 in die Dresdner Innenstadt ein. Unter dem Motto »Fraunhofer in Sachsen – Forschung hautnah erleben« präsentierten sich die sächsischen Fraunhofer-Institute in einem gemeinsamen Pavillon auf der Wissenschaftsmeile am Dresdner Neumarkt. Die Themenvielfalt reichte von biologischer Forschung über Materialwissenschaften, Fertigungstechniken bis hin zur Nano- und Mikroelektronik. Rund um die Frauenkirche stellte das Fraunhofer IPMS einem breiten Publikum die Anwendungsvielfalt mikro-elektro-mechanischer Systeme vor und demonstrierte damit wie vielseitig, wertschöpfend und spannend Forschung sein kann.

Die Wissenschaftsmeile war durchweg gut besucht. Unter anderen nahm sich auch die Sächsische Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst, Dr. Eva-Maria Stange, Zeit für einen Rundgang über die Wissenschaftsmeile. Ebenfalls am ersten Tag vor Ort war Ministerpräsident Stanislaw Tillich, der sich in den Zelten der Teilnehmer über aktuelle Forschungsentwicklungen informierte. Weitere Ministerrundgänge folgten am zweiten Tag mit Martin Dulig, Sächsischer Staatsminister für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr, sowie dem Sächsischen Staatsminister für Umwelt und Landwirtschaft, Thomas Schmidt.



ABGESCHLOSSENE  
ÖFFENTLICHE PROJEKTE

# COMPLETED PUBLIC PROJECTS



---

## MIRIFISENS

---

Projektlaufzeit: 09/2012 – 08/2016

Fördergeber: EU

Förderkennzeichen: 317884

Entweichende Giftstoffe durch Umweltverschmutzung, Industrieunfälle oder Terroranschläge gefährden die Gesundheit von Mensch und Umwelt. Mögliche Risiken potenziell gefährlicher Substanzen können mittels spektroskopischer Untersuchungen erkannt werden. Denn die relevanten chemischen Stoffe haben eindeutige und charakteristische Absorptionslinien im mittleren Infrarotbereich (3  $\mu\text{m}$  - 12  $\mu\text{m}$ ). Im Rahmen des Europäischen Verbundforschungsprojekts »Mid Infrared Innovative Lasers for Improved Sensor of Hazardous Substances« (MIRIFISENS) hat das Fraunhofer IPMS mit 17 weiteren Projektpartnern aus neun Ländern gemeinsam an der Entwicklung einer neuartigen, handlichen durchstimmbaren monochromatischen Strahlungsquelle für den mittleren Infrarotbereich gearbeitet. Diese bildet die technologische Grundlage für die Entwicklung handlicher Spektrometer, die in der Lage sind, die Konzentration verschiedener Gefahrstoffe schnell und vor Ort zu ermitteln. Herzstück des Systems ist ein miniaturisierter Quantenkaskadenlaser (QCL), der am Fraunhofer-Institut für Angewandte Festkörperphysik IAF in Freiburg entwickelt wird. Dieser deckt einen großen Bereich der für den spektroskopischen »Fingerabdruck« wichtigen Wellenlängen ab. Um das Licht des Quantenkaskadenlasers auf definierte Wellenlängen einstellen zu können, haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IPMS in MIRIFISENS ein lichtstarkes Beugungsgitter mit 5 mm Durchmesser entwickelt. Dieses agiert als durchstimmbarer externer Resonator des Quantenkaskadenlasers.

---

## MIRIFISENS

---

Duration: 09/2012 – 08/2016

Provider of funds: EU

Grant number: 317884

Toxins set free from environmental pollution, industrial accidents or terrorist attacks put both the health of humans and the environment in danger. Risks of potentially hazardous substances can be identified by means of spectroscopic examinations, because the relevant chemical substances have clear and characteristic absorption lines in the middle infrared range (3  $\mu\text{m}$  - 12  $\mu\text{m}$ ). Fraunhofer IPMS teamed up with 17 project partners from nine countries within the framework of the European "Mid Infrared Innovative Lasers for Improved Sensor of Hazardous Substances" (MIRIFISENS) collaborative research project to develop a novel manually-tunable monochromatic radiation source for the mid-infrared range. This forms the technological basis for the development of hand-held spectrometers able to quickly determine the concentration of different hazardous substances on site. A miniaturized quantum cascade laser (QCL) developed at the Fraunhofer Institute for Applied Solid-State Physics IAF in Freiburg which covers a large area of the wavelengths important for the spectroscopic "fingerprint" is at the core of the system. Researchers at Fraunhofer IPMS working in the MIRIFISENS project have developed a powerful diffraction grating with a diameter of 5 mm which acts as a tunable external resonator able to set the light of the quantum cascade laser to defined wavelengths.

Intelligent fluid

Water or alcohol  
for deactivation

Creeping &  
fragmenting

Intelligent fluid

Penetration

Layer  
(to be removed)

Lift-off

Substrate

Removal of layer

### SMARTAPP

Duration: 05/2014 – 09/2016

Provider of funds: SAB

Grant number: 100183079

The "SMARTTECH" project aimed to develop a technology based on environmentally-friendly phase fluids for semiconductor manufacturing, which can be used for a variety of purification applications. The Fraunhofer IPMS-CNT "SMARTAPP" sub-project investigated the principle effects of the phase fluids as well as the development of procedural steps at laboratory scale and, experimentally, in industrial 300 mm production plants for the integration into semiconductor-typical production processes. Research has significantly contributed to increasing the potential application scope of phase-fluid-based purification technology. At laboratory scale, the purifying process with phase fluids was successful in 80 percent of the purification applications. In an initial stage of the project, purified phase fluids for use in clean rooms were produced with close attention to the expected level of purity required – setting a milestone in the project. Thereafter, Fraunhofer IPMS-CNT work focused on process development on a 300 mm production line. For this purpose, the research team examined three phase fluids in three different chamber configurations for various purification applications. Studies conducted on the interaction with copper showed great potential for phase fluid technology. Both the abrasion rate and the influence on the surface roughness of copper materials were dramatically reduced when using phase fluids as compared to a reference process.

### SMARTAPP

Projektlaufzeit: 05/2014 – 09/2016

Fördergeber: SAB

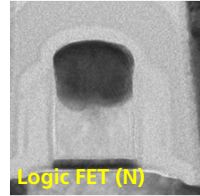
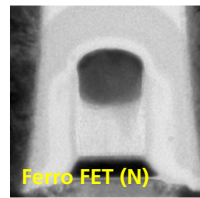
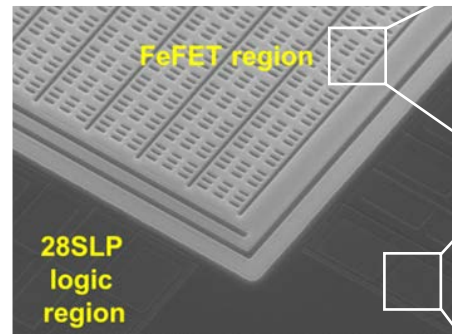
Förderkennzeichen: 100183079

Das Verbundvorhaben »SMARTTECH« hatte zum Ziel, eine Technologie auf Basis umweltschonender Phasenfluide für die Halbleiterfertigung zu entwickeln, die für eine Vielzahl von Reinigungsapplikationen genutzt werden kann. Das Teilvorhaben »SMARTAPP« des Fraunhofer IPMS-CNT umfasste dabei die Erforschung des Wirkprinzips der Phasenfluide sowie die Entwicklung von Verfahrensschritten sowohl im Labormaßstab als auch testweise in industriellen 300-mm-Fertigungsanlagen zur Integration in halbleitertypische Fertigungsabläufe. Die Forschungsarbeiten trugen dazu bei, die Bandbreite möglicher Anwendungen der phasenfluidbasierten Reinigungstechnologie deutlich zu vergrößern. Im Labormaßstab verlief in 80 Prozent der untersuchten Reinigungsapplikationen der Reinigungsprozess mit Phasenfluiden erfolgreich. In einer ersten Projektphase gelang es, aufgereinigtes Phasenfluid für die Nutzung in Reinraumanlagen unter Beachtung der dort erwarteten Reinheiten herzustellen – ein Meilenstein im Projekt. Im Folgenden konzentrierten sich die Arbeiten des Fraunhofer IPMS-CNT auf die Prozessentwicklung an einer 300-mm-Fertigungsanlage. Dazu untersuchte das Forschungsteam drei Phasenfluide an drei verschiedenen Kammerkonfigurationen für verschiedene Reinigungsanwendungen. Großes Potenzial für die Phasenfluidtechnologie zeigte sich in den Untersuchungen zur Wechselwirkung mit Kupfer. Sowohl die Abtragsrate als auch der Einfluss auf die Oberflächenrauheit von Kupfermaterialien wurde bei Einsatz der Phasenfluide im Vergleich zu einem Referenzprozess deutlich reduziert.

- ◀ Working principle of phase fluid: the layer is penetrated, fragmented and finally lifted off from the substrate.

64 kb FeFET memory cell array embedded in a 28 nm super-low-power CMOS platform.

Magnifications: TEM cross-section HKMG transistor in CMOS range (up) TEM cross section FeFET layer stack in memory cell array (down). ▶



## ARTEMIS

Projektlaufzeit: 07/2014 – 09/2016  
Fördergeber: SAB  
Förderkennzeichen: 100193891/2939

Im SAB-Verbundprojekt APOLLO unter Führung von GLOBALFOUNDRIES haben Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IPMS-CNT im Teilprojekt »ARTEMIS« den weltweit ersten im FEOL eingebetteten nicht-flüchtigen Speicher für 2X nm Technologieknoten entwickelt und demonstriert. Nach der bereits 2012 erfolgten Demonstration der Skalierbarkeit der FeFET-Einzelzelle auf 2X nm, ist dies der nächste entscheidende Schritt hin zu einer Kommerzialisierung dieses überlegenen Speicherkonzepts.

Ein besonderer Vorteil dieser Speicherlösung ergibt sich aus der hohen Schaltgeschwindigkeit und niedrigen Programmierspannung des FeFETs und dessen an die CMOS-Fertigung angelehnten Zellaufbaus. Dies ermöglicht eine non-invasive und kostengünstige Integration.

Eingebettete nichtflüchtige Speicher gewinnen zunehmend an Bedeutung und sind als zentraler Baustein moderner System-on-Chip (SoC) Lösungen unverzichtbar. Im Zusammenspiel mit Ultra-Low-Power-CMOS-Plattformen bilden sie das Rückgrat gegenwärtiger und zukünftiger IoT-Anwendungen. Durch eine Verschmelzung von Logik und Speicher auf einem Chip können Kosten und Formfaktoren minimiert und Energieeffizienz und Geschwindigkeit maximiert werden.

## ARTEMIS

Duration: 07/2014 – 09/2016  
Provider of funds: SAB  
Grant number: 100193891/2939

Within the joint SAB APOLLO project led by GLOBALFOUNDRIES scientists of the Fraunhofer IPMS-CNT developed and demonstrated the world's first FEOL-embedded, non-volatile memory for 2X nm technology nodes within the subproject "Artemis". After already demonstrating the scalability of the FeFET single cell in 2012 to 2X nm, this is the next decisive step toward commercializing the new superior storage concept.

The high switching speed and low programming voltage of FeFET and its CMOS-fabricated cell structure provide this storage solution a particular advantage and allow a non-invasive and cost-effective integration.

Becoming ever more significant, embedded non-volatile memories are indispensable as the central building blocks of modern system on chip (SoC) solutions. Together with Ultra Low Power CMOS platforms, they form the backbone of current and future IoT applications. Merging logic and memory on one die minimizes cost and shape factors and maximizes energy efficiency and speed.

---

---

**WISSENSMANAGEMENT**

**KNOWLEDGE  
MANAGEMENT**



UNIV  
0200/  
286

Referent:  
Korreferent:  
Tag der Einreichung:  
Tag der Prüfung:

Dipl.

Prof. Dr.

Darmstadt

D 17

## PATENTE

# PATENTS

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

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

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

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

### **Addressing of an SLM**

■ US 7,072,090 B2

### **Akustische Wandlervorrichtung mit einem Piezo-Schallwandler und einem MUT-Schallwandler, Verfahren zum Betrieb derselben, akustisches System, akustische Koppelstruktur und Verfahren zum Herstellen einer akustischen Koppelstruktur**

□ WO 2016/188860 A1

### **Anordnung von mikromechanischen Elementen**

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

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

■ AT 413 765 B

### **Antriebsprinzip zur Erzeugung resonanter Schwingungen von beweglichen Teilen mikromechanischer Bauelemente**

■ US 6,595,055 B1

### **Apparatus and Method for Guiding Optical Waves**

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

### **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

### **Apparatus for generating two-dimensional illumination patterns**

□ US 2016/0320290 A1

### **Arrangement for building a miniaturized Fourier transform interferometer for optical radiation according to the Michelson principle a principle derived therefrom**

■ US 7,301,643 B2

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

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

### **Auslenkbares mikromechanisches Element**

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

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

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

### **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

## PATENTE

# PATENTS

### Device for Protecting a Chip and Method for Operating a Chip

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

### Druckvorrichtung zum Drucken einer dreidimensionalen Struktur

□ DE 10 2015 212 153 A1

### Elektrostatisch auslenkbares mikromechanisches Bauelement

□ DE 10 2014 225 934 A1

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

■ US 9,250,367 B2

### Fourier transform spectrometer

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

### Gehäuse zur Verkapselung eines Mikrosannerspiegels

■ DE 10 2012 207 376 B3

### Halbleitersubstrat und Verfahren zur Herstellung

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

### Herstellungsverfahren

■ DE 50 2013 003 493.3, ■ EP 2 892 844 B1, ■ IT 502016000091440, □ DE 10 2012 217 793 A1

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

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

### 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

### Ion-sensitive structure and method for producing the same

□ US 2016/0274057 A1

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

■ DE 503 04 800.3-08, ■ EP 1 601 957 B1

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

■ US 9,383,334 B2, □ DE 10 2013 109 357 A1

### Ionensensitive Struktur und Verfahren zur Herstellung derselben

□ EP 3 070 463 A1, □ DE 10 2015 204 921 A1

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

■ DE 502 02 661.8-08, ■ EP 1 436 607 B1

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

■ DE 502 13 303.1-08, ■ EP 1 583 957 B1, ■ US 7,355,200 B2

### Lichtkanal und Verfahren zum Herstellen eines Lichtkanals

□ DE 10 2014 210 903 A1

## PATENTE

# PATENTS

### Memory Cell

■ US 9,368,182 B2

### MEMS Aktuator, System mit einer Mehrzahl von MEMS Aktuatoren und Verfahren zum Herstellen eines MEMS Aktuators

■ DE 10 2015 200 626 B3

### MEMS-Wandler zum Interagieren mit einem Volumenstrom eines Fluids und Verfahren zum Herstellen desselben

□ DE 10 2015 210 919 A1, □ WO 2016/202790 A2

### Method and Apparatus for Controlling Deformable Actuators

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

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

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

### Method and Apparatus for Microlithography

■ US 6,624,880 B2

### Method for generating a micromechanical structure

■ US 7,940,439 B2

### Method for Structuring a Device Layer of a Substrate

■ US 8,199,390 B2

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

■ US 7,951,635 B2

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

■ US 7,929,192 B2

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

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

### Microelectromechanical System for tuning Lasers

□ US 2016/0336720 A1

### Micromechanical Device

■ US 7,078,778 B2

### Micromechanical Device

■ US 9,164,277 B2

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

■ US 7,830,577 B2

### Micromechanical device with an actively deflectable element

□ US 2016/0304333 A1

### Micromechanical Element

■ US 8,570,637 B2

### Micromechanical element and sensor for monitoring a micromechanical element

■ US 8,379,283 B2



## PATENTE

# PATENTS

### Micromechanical element which can be deflected

■ US 9,045,329 B2

### Microoptic reflecting component

■ US 7,490,947 B2

### Mikroelektromechanisches System zum Durchstimmen von Lasern

□ DE 10 2014 201 701 A1, □ JP 2017-504973 A

### Mikroelektromechanisches Translationsschwingersystem

■ DE 10 2010 029 072 B4

### Mikromechanische Vorrichtung mit einem aktiv biegbaren Element

□ DE 10 2015 206 774 A1

### Mikromechanisches Bauelement

■ DE 501 12 140.4-08, ■ EP 1 410 047 B1

### Mikromechanisches Bauelement

■ JP 5951640, □ EP 2 664 058 A1

### Mikromechanisches Bauelement mit einstellbarer Resonanzfrequenz

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

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

■ 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

■ AT 1 123 526, ■ CH 1123526, ■ DE 598 04 942.8-08, ■ EP 1 123 526 B1, ■ FR 1123526, ■ GB 1123526, ■ IT 1123526, ■ NL 1123526

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

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

### Mikromechanisches Bauelement mit verkippten Elektrodenkämmen

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

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

■ DE 10 2007 047 010 B4

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

■ CN 101301991 B, ■ US 7,679,152 B2

### Mikromechanisches Element

■ DE 10 2010 028 111 B4

### Mikromechanisches Element und Verfahren zum Betreiben eines mikromechanischen Elements

■ DE 10 2008 049 647 B4

## PATENTE

# PATENTS

### Mikromechanisches Element, Verfahren zu seiner Herstellung und seine Verwendung

■ CN 101139080 B

### Mikromechanisches optisches Element mit einer reflektierenden Fläche sowie dessen Verwendung

■ DE 10 2005 033 800 B4, ■ US 7,369,288 B2, ■ ZL 200610098825.7

### Mikromechanisches System mit Temperaturstabilisierung

■ DE 10 2008 013 098 B4

### Mikrooptische Anordnung

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

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

■ DE 10 2006 057 567 B4

### Mikrooptisches reflektierendes Bauelement

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

### Miniaturisiertes Fourier-Transform-Spektrometer

■ DE 50 2005 015 072.4, ■ EP 1 637 850 B1

### Objective

■ US 8,526,126 B2

### Objektiv und Bildaufnahmesystem

■ DE 10 2010 040 030 B4

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

■ US 8,045,159 B2

### Optical device comprising a structure for avoiding reflections

■ CN 101281295 B

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

□ DE 10 2009 030 338 A1

### Optische Linse mit fluidisch variabler Brennweite und Verfahren zum Herstellen derselben

□ DE 11 2010 005 674 T5

### Optische Vorrichtung in gestapelter Bauweise und Verfahren zur Herstellung derselben

□ DE 10 2008 019 600 A1

### Optischer Empfänger für eine optische drahtlose Kommunikation

■ DE 10 2013 225 611 B4

### Optischer Sensor zur Vermessung von Schweißelektroden

■ DE 10 2015 111 644 B3

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

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

### Optisches System

□ DE 10 2010 039 255 A1

## PATENTE

# PATENTS

### Optoelektronisches Bauelement mit einer Leuchtdiode und einem Lichtsensor

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

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

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

### Polarization independent electro-optically induced waveguide

□ CN 106170732 A, □ US 2016/0357037 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

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

### Projektionsvorrichtung zum scannenden Projizieren

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

### Quasi-Statische Auslenkvorrichtung für Spektrometer

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

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

■ US 8,351,032 B2

### Readerantenne für einen Einsatz mit RFID-Transpondern

■ DE 10 2008 017 490 B4

### Reduction of the dynamic deformation of translational mirrors using inertial masses

■ US 8,873,128 B2

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

□ DE 10 2009 033 191 A1

### RFID-Transponder mit einer integrierten Antennenanordnung

□ DE 10 2015 208 433 A1

### Scanner und Verfahren zum Betreiben eines Scanners

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

### Schallwandlerarray mit gekoppelten Wandlern

□ DE 10 2015 204 583 A1, □ WO 2016/146467 A1

### Schutzstruktur für Halbleitersensoren

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

## PATENTE

# PATENTS

### Semiconductor substrate and methods for the production thereof

■ US 8,357,944 B2

### Sicherheitsmerkmal, Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitsmerkmals und Verfahren zum Authentifizieren eines Benutzers unter Verwendung eines Sicherheitsmerkmals

□ DE 10 2015 212 618 A1

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

■ US 8,531,755 B2

### SLM Height Error Compensation Method

□ KR 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

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

### Spektrometer

■ US 7,027,152 B2

### Spiegelobjektiv

■ DE 10 2008 027 518 B3

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

■ DE 10 2009 046 831 B4

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

■ DE 10 2005 048 774 B4

### Torsion spring for micromechanical applications

■ US 8,511,657 B2

### Torsionsfeder für mikromechanische Anwendungen

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

### Torsionsfederelement für die Aufhängung auslenkbarer mikromechanischer Elemente

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

### Verbinder zur leitungsungebundenen Signalübertragung

■ DE 10 2012 212 254 B3

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

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

## PATENTE

# PATENTS

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

■ DE 10 2013 223 695 B4

**Verfahren zum Korrigieren der Oberflächenform eines Elements**

■ DE 50 2006 005 949.5, ■ EP 2 054 750 B1, ■ JP 4777460

**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 Erzeugung einer dreidimensionalen mikromechanischen Struktur aus zweidimensionalen Elementen und mikromechanisches Bauelement**

■ DE 10 2008 012 826 B4

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

■ CN 101279711 B

**Verfahren zur Erzeugung einer mikromechanischen Struktur**

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

**Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterstruktur, bei dem eine Gate-Struktur mit einem Gate-Dielektrikumsmaterial für einen ferroelektrischen Transistor gebildet wird.**

■ DE 10 2014 217 874 B3

**Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils**

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

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

■ EP 1 714 172 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

**Verfahren zur Strukturierung einer Nuttschicht eines Substrats**

■ DE 10 2008 026 886 B4, ■ CN 101597021 B1

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

□ DE 10 2014 207 730 A1

**Verfahren, Vorrichtung und Computerprogrammprodukt zum Erkennen von Vorhofflimmern in einem Elektrokardiogramm**

□ DE 10 2014 217 837 A1

**Vorrichtung mit einem mikromechanischen Bauelement**

□ DE 10 2014 201 095 A1

**Vorrichtung und Verfahren zum Erzeugen einer Abbildung**

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

**Vorrichtung und Verfahren zum Häusen mikromechanischen oder mikrooptoelektronischen Systems**

■ DE 10 2007 001 518 B4

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

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

## PATENTE

# PATENTS

---

**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

---

**Vorrichtung, Verfahren und System zum Prüfen eines Schallwandlers**

□ DE 10 2015 206 225 A1

---

**Zeilenkamera für spektrale Bilderfassung**

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

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

Amelung, J.; Klemm, M.; Elsäßer, L.; Kircher, M.; Weder, A.; Pietzsch, M.; Heinig, A.; Müller, M.; Grüger, H.  
**Back-end-of-line integration technology of capacitive micromachined ultrasonic transducers (CMUT)**  
International Conference and Exhibition on Integration Issues of Miniaturized Systems, 2016, München, 5 S.

Calvo, J.; Müller, M.; Sauer, B.; Drescher, M.; Schmidt, C.; Völklein, F.; Wagner-Reetz, M.  
**LPCVD in-situ doped silicon for thermoelectric applications**  
14<sup>th</sup> European Conference on Thermoelectrics (ECT), 2016, Lissabon, Portugal, 57 F.

Conrad, H.; Kaiser, B.; Gaudet, M.; Langa, S.; Stolz, M.; Uhlig, S.; Schimmanz, K.; Schenk, H.  
**A novel electrostatic actuator class**  
Procedia Engineering 168 (2016), S. 1533-1536

de Moraes, I. R.; Scholz, S.; Leo, K.  
**Influence of the applied charge on the electro-chemical degradation in green phosphorescent organic light emitting diodes**  
Organic Electronics 38 (2016), S. 164-171

Deicke, F.  
**Von Wi-Fi zu Li-Fi – Die Zukunft der drahtlosen Kommunikation**  
Innovative Zukunftstechnologien – Made in Sachsen, 2016, Tag der Deutschen Einheit (Sachsenzelt), Dresden, Vortrag

Deicke, F.; Faulwaßer, M.  
**Licht – eine Alternative zu Funk?**  
Computer & Automation. Online resource (2016), 12.01.2016, 4 S.

Dhavamani, A.; Wislicenus, M.; Gerlich, L.; Uhlig, B.  
**CVD-CoXN for advanced semiconductor metallization**  
25<sup>th</sup> Materials for Advanced Metallization Conference (MAM), 2016, Brüssel, Belgien, 27 F.

Döring, S.; Friedrichs, M.; Pufe, W.; Schulze, M.  
**HF-release of sacrificial layers in CMOS-integrated MOEMS structures**  
27<sup>th</sup> Micromechanics and Microsystems Europe Workshop (MME), 2016, Cork, Irland, Poster

Döring, S.; Friedrichs, M.; Pufe, W.; Schulze, M.  
**HF-release of sacrificial layers in CMOS-integrated MOEMS structures**  
Journal of physics. Conference series 757 (2016), Nr. 1, Art. 012004, 5 S.

Drabe, C.; Graßhoff, T.; Todt, U.; Flemming, A.; Sandner, T.; Grahmann, J.  
**Scanning optical MEMS with very high frequencies**  
5<sup>th</sup> Laser Display and Lighting Conference, 2016, Jena, 2 S.

Faulwaßer, M.  
**Li-Fi communication for industrial real-time data links**  
13<sup>th</sup> Wireless Congress 2016: Systems & Applications, 2016, München, 19 F.

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

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

**Li-Fi interconnects for embedded designs in industry 4.0**

Embedded world Conference, 2016, Nürnberg, 4 S.

Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS, Dresden

**Jahresbericht 2015**

Dresden: Fraunhofer IPMS, 2016, 88 S.

Garbowski, T.; Panteleit, F.; Dellemann, G.; Gutsch, M.; Hohle, C.; Reich, E.; Rudolph, M.; Steidel, K.; Thrun, X.; Zeidler, D.

**Patterning and Imaging with Electrons: Assessing Multi-Beam SEM for e-Beam Structured CMOS Samples**

Proceedings of SPIE Vol. 9778 (2016) Paper 97781V

Gaudet, M.

**Fabrication and characterization of a novel electrostatic actuator**

11<sup>th</sup> Annual IEEE International Conference on Nano/Micro Engineered and Molecular Systems (NEMS), 2016, Matsushima Bay and Sendai MEMS City, Japan, 16 F.

Gerlich, L.; Wislicenus, M.; Uhlig, B.; Riedel, S.; Liske, R.

**Cobalt MOCVD as a Flexible Process in Semiconductor Industry**

Functional Integrated nanoSystems (nanoFIS), 2016, Graz, Österreich, 1 S., Vortrag

Grahmann, J.

**MOEMS based scanning grating facilitates miniaturization and tuning speed enhancement of an EC-QCL towards a  $\mu$ EC-QCL for real time spectroscopic sensing**

Imaging and Applied Optics 2016: Meeting Congress, 2016, Heidelberg, Paper AIT4B.3 (OSA Technical digest series)

Grahmann, J.; Dreyhaupt, A.; Drabe, C.; Schroedter, R.; Kamenz, J.; Sandner, T.

**MEMS-mirror based trajectory resolution and precision enabled by two different piezoresistive sensor technologies**

Proceedings of SPIE Vol. 9760 (2016) Paper 976006

Heber, J.; Rückerl, F.; Berndt, D.; Schmidt, J.; Bellow, S.; Tivenez, J.-Y.; Knobbe, J.; Shorte, S. L.; Wagner, M.

**Lithographische Techniken für die hochauflösende Zell-Mikroskopie: Strahlformung in der Biologie mit strukturierten UV-Schichten**

31. Arbeitstreffen des Arbeitskreises DUV/VUV-Optik, 2016, Berlin, 20 F.

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

**Spatio-angular illumination control using diffractive micromirror arrays**

10<sup>th</sup> International Conference on Optics-Photonics Design and Fabrication (ODF), 2016, Weingarten, Art. 29S1-01, 1 S.

Heiß, M.; Hildebrandt, R.; Scheibner, C.

**A Passive RFID-to-I<sup>2</sup>C Bridge**

EuCAP, 2016, Davos, Schweiz, 4 S.

Heiß, M.; Hildebrandt, R.; Scheibner, C.

**Smart walls with wireless humidity measurement**

International Conference and Exhibition on Integration Issues of Miniaturized Systems, 2016, München, 4 S.



## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

Heiss, M.; Lischer, S.

**Antenna design for a 24 GHz RFID tag with an on-chip-antenna**

10<sup>th</sup> Annual IEEE International Conference on RFID, 2016, Orlando, FL, USA, Poster

Heiß, M.; Lischer, S.

**Size reduction of RFID tags by using an on-chip antenna**

Embedded world Conference, 2016, Nürnberg, 4 S.

Hildebrandt, R.; Deicke, F.

**Migration from CAN to CAN FD – how to boost network performance**

Embedded world Conference, 2016, Nürnberg, 4 S.

Hildebrandt, R.; Heiß, M.; Scheibner, C.

**A Passive RFID-to-IPC Bridge**

13<sup>th</sup> Wireless Congress 2016: Systems & Applications, 2016, München, 4 S.

Hörschelmann, L.; Reichelt, D.

**Innovative Energieoptimierung – Forschungsprojekt soll Energiemanagement revolutionieren**

Productivity management 21 (2016), Nr. 1, S. 33-35

Jarvis, J. P.; Fuchs, F.; Hugger, S.; Ostendorf, R.; Butschek, L.; Yang, Q.; Dreyhaupt, A.; Grahmann, J.; Wagner, J.

**Hyperspectral image analysis for standoff trace detection using IR laser spectroscopy**

Proceedings of SPIE Vol. 9824 (2016) Paper 98240V

Knobbe, J.; Pügner, T.; Grüger, H.

**Miniaturized NIR scanning grating spectrometer for use in mobile phones**

Proceedings of SPIE Vol. 9855 (2016) Paper 985502

Koch, S.; Amelung, J.; Elsäßer, L.; Kircher, M.; Weder, A.; Pietzsch, M.; Heinig, A.; Müller, M.

**Back-End-of-Line integration technology of capacitive micromachined ultrasonic transducers (CMUT)**

15<sup>th</sup> International Conference on Micromachined Ultrasonic Transducers (MUT), 2016, Rom, Italien, 13 F.

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

**Enhanced dielectric properties of thin Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub> films grown on 65 nm SiO<sub>2</sub>/Si**

Physica status solidi. C 13 (2016), Nr. 10-12, 4 S.

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

**Influence of annealing in H atmosphere on the electrical properties of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> layers grown on p-type Si by the atomic layer deposition technique**

Solid-State Electronics 123 (2016), 7 S.

Kühnel, K.; Riedel, S.; Weinreich, W.; Thrun, X.; Czernohorsky, M.; Pätzold, B.; Rudolph, M.

**Catalytic ALD of SiO<sub>2</sub> as spacer for an E-Beam direct write self-aligned double patterning process on 300 mm wafers**

16<sup>th</sup> International Conference on Atomic Layer Deposition (ALD), 2016, Dublin, Irland, 20 F.

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

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

**The influence of adsorption kinetics on copper superfilling for dual damascene**

Journal of the Electrochemical Society 163 (2016), Nr. 6, S. D213-D220

Mai, A.; Bunce, C.; Hübner, R.; Pahner, D.; Dauderstädt, U.

**In situ bow change of Al-alloy MEMS micromirrors during 248 nm laser irradiation**

Journal of micro/nanolithography, MEMS and MOEMS 15 (2016), Nr. 3, Art. 035502, 10 S.

McClarty, M. M.; Jegenyess, N.; Gaudet, M.; Toccafondi, C.; Ossikovski, R.; Vaurette, F.; Arscott, S.; Rowe, A. C. H.

**Geometric and chemical components of the giant piezoresistance in silicon nanowires**

Applied Physics Letters 109 (2016), Nr. 2, Art. 023102

Mikolajick, T.; Schroeder, U.; Slesazeck, S.; Müller, S.; Schenk, T.; Müller, J.

**Status of ferroelectric HfO<sub>2</sub> based 1T FeFET memories**

Joint IEEE International Symposium on the Applications of Ferroelectrics, European Conference on Applications of Polar Dielectrics & Workshop on Piezoresponse Force Microscopy (ISAF/ECAPD/PFM), 2016, Darmstadt, 36 F.

Müller, J.; Polakowski, P.; Müller, S.; Mulaosmanovic, H.; Ocker, J.; Mikolajick, T.; Slesazeck, S.; Flachowsky, S.; Trentzsch, T.

**High endurance strategies for hafnium oxide based ferroelectric field effect transistor**

16<sup>th</sup> Non-Volatile Memory Technology Symposium (NVMTS), 2016, Pittsburgh, PA, USA, 7 S.

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

**Correlation between the macroscopic ferroelectric material properties of Si:HfO<sub>2</sub> and the statistics of 28 nm FeFET memory arrays**

Ferroelectrics 497 (2016), Nr. 1, 9 S.

Noack, A.

**FAST LIGHT: Möglichkeiten der Li-Fi Kommunikation aus technischer Sicht**

11. Silicon Saxony Day, CPS Workshop, 2016, Dresden, 19 F.

Noack, A.

**IoT Future: Visible Light Communication / Light Fidelity**

11. Silicon Saxony Day, 2016, Dresden, 16 F.

Ostendorf, R.; Butschek, L.; Hugger, S.; Fuchs, F.; Yang, Q.; Jarvis, J.; Schilling, C.; Rattunde, M.; Merten, A.; Grahmann, J.;

Boskovic, D.; Tybussek, T.; Rieblinger, K.; Wagner, J.

**Recent advances and applications of external Cavity-QCLs towards hyperspectral imaging for standoff detection and real-time spectroscopic sensing of chemicals**

Photonics 3 (2016), Nr. 2, Art. 28, 15 S.

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

**Real-time spectroscopic sensing using a widely tunable external cavity-QCL with MOEMS diffraction grating**

Proceedings of SPIE Vol. 9755 (2016) Paper 975507

Pügner, T.; Knobbe, J.; Grüger, H.

**Near-infrared grating spectrometer for mobile phone applications**

Applied spectroscopy 70 (2016), Nr. 5, 12 S.

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

Reichelt, D.

**Predictive Maintenance mittels Big Data**

MOTTEK – VDI-Forum Digitale Transformation, Big Data in der Produktion, 2016, Stuttgart, 18 F.

Reichelt, D.

**RFID meets OPC UA: Aktuelle Standardisierungsbestrebungen mittels AutoID**

11. Silicon Saxony Day, CPS Workshop, 2016, Dresden, 21 F.

Reichelt, D.

**RFID meets OPC UA – wie man mittels Standardisierung Integrations-Aufwand verringert**

4. Markt&Technik Industrie 4.0 & Industrial Internet Summit, 2016, München, 19 F.

Reichelt, D.

**Track & trace scenarios to increase shop floor flexibility and productivity**

13. Innovationsforum for Automation, 2016, Dresden, 17 F.

Reif, J.; Varlamova, O.; Ratzke, M.; Uhlig, S.

**Laser-induced periodic surface structures of thin, complex multi-component films**

Applied physics. A 122 (2016), Nr. 4, Art. 338, 6 S.

Reinig, P.

**Novel applications of photonic micro sensor systems: Real-world examples from plastics recycling to burglary monitoring**

Sensors Expo & Conference, 2016, San Jose, CA, 52 F.

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

**A thermally robust and thickness independent ferroelectric phase in laminated hafnium zirconium oxide**

AIP Advances 6 (2016), Nr. 9, Art. 095123, 11 S.

Roth, M.; Heber, J.; Janschek, K.

**System design of programmable 4f phase modulation techniques for rapid intensity shaping – a conceptual comparison**

Proceedings of SPIE Vol. 9736 (2016) Paper 97361G

Rotsch, C.; Gille, K.; Hunger, S.; Heinig, A.; Grätz, H.; Schulze, C.; Bader, R.; Drossel, W.-G.; Ettrichrätz, M.; Töppel, T.

**Adjustable bone fixation of an artificial hip stem by using an integrated sensor actuator system**

Biomedizinische Technik 61 (2016), Nr. S1, S. S185

Rotsch, C.; Grätz, H.; Kluess, D.; Gille, K.; Heinig, A.; Schulze, C.; Bader, R.; Hunger, S.; Töppel, T.; Drossel, W.-G.

**Adaptives Prothesensystem – Entwicklung eines Prothesensystems zur Optimierung und adaptiven Anpassung der ossären Verankerung von Gelenkendoprothesen**

6. Dresdner Medizintechnik-Symposium 2016: Biomedizinische Technik – interdisziplinär, integrativ und innovativ, 2016, Zwickau, 7 S.

Rudolph, M.; Esche, S.; Hohle, C.; Schumann, D.; Steinke, P.; Thrun, X.; Sonntag, J. von

**Evaluation of water based intelligent fluids for resist stripping in single wafer cleaning tools**

Proceedings of SPIE Vol. 9779 (2016) Paper 977919

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

Sandner, T.

**Micro scanning mirrors and enabling technology for applied optics**

Imaging and Applied Optics 2016: Meeting Congress, 2016, Heidelberg, Paper AIT4B.1 (OSA Technical digest series)

Scheibner, C.; Voß, K.

**RTLS based services by APP based indoor localization and navigation**

11<sup>th</sup> Silicon Saxony Day, 2016, Dresden, 19 F.

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

**Eye safety analysis for non-uniform retinal scanning laser trajectories**

Proceedings of SPIE Vol. 9700 (2016) Paper 97000B

Schenk, H.

**Systemintegration bei MOEMS**

Micro Photonics: Handlungsfeldkonferenz Mikrosystemtechnik, 2016, Berlin, Vortrag

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

**A novel electrostatic micro-actuator class and its application potential for optical MEMS**

International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics (OMN), 2016, Singapur, Art. Tu3.11, 2 S.

Schroeder, U.; Pesic, M.; Schenk, T.; Mulaosmanovic, H.; Slesazek, S.; Ocker, J.; Richter, C.; Yurchuk, E.; Khullar, K.; Müller, J.; Polakowski, P.; Grimley, E. D.; LeBeau, J. M.; Flachowsky, S.; Jansen, S.; Kolodinski, S.; Bentum, R. van; Kersch, A.; Künneth, C.; Mikolajick, T.

**Impact of field cycling on HfO<sub>2</sub> based non-volatile memory devices**

46<sup>th</sup> European Solid State Device Research Conference (ESSDERC), 2016, Lausanne, Schweiz, 5 S.

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

**Real-time closed-loop control for micro mirrors with quasistatic comb drives**

Proceedings of SPIE Vol. 9760 (2016) Paper 976009

Schulze, M.

**Requirements and challenges for MEMS on CMOS**

European MEMS Summit, 2016, Stuttgart, 30 F.

Shukla, S.; Hossbach, C.; Sundqvist, J.; Bönhardt, S.; Feddersen-Clausen, O.; Sharma, V.; Albert, M.; Bartha, J. W.

**Atomic layer deposition system for fast precursor screening**

16<sup>th</sup> International Conference on Atomic Layer Deposition (ALD), 2016, Dublin, Irland, Poster

Sicker, C.; Heber, J.; Berndt, D.

**Spatially resolved scatter measurement of diffractive micromirror arrays**

Applied optics 55 (2016), Nr. 16, 11 S.

Stübner, R.; Kolkovsky, V.; Scheffler, L.; Weber, J.

**Identification of carbon-hydrogen complexes in n- and p-type silicon**

Physica status solidi. C 13 (2016), Nr. 10-12, 6 S.

## VERÖFFENTLICHUNGEN

# PUBLICATIONS

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

**Carbon-hydrogen complexes in n- and p-type SiGe alloys studied by Laplace deep level transient spectroscopy**

Solid State Phenomena, Vol. 242 (2016) 6 S.

Weder, A.; Pietzsch, M.; Heinig, A.

**Der intelligente Mobilitätsassistent – Unterstützung der autonomen Mobilität älterer Menschen**

11. Silicon Saxony Day, 2016, Dresden, 16 F.

Weder, A.; Pietzsch, M.; Heinig, A.

**Mobilitätsassistent »MOVEAS« – Unterstützung der Mobilität älterer Menschen**

Netzwerk PerzPektive, 2016, Berlin, 16 F.

Weder, A.; Reichelt, D.

**RFID-Sensor Transponder – »smarte« Integration mittels OPC-UA**

11. Silicon Saxony Day, 2016, Dresden, 15 F.

Weinreich, W.; Seidel, K.; Polakowski, P.; Drescher, M.; Gummenscheimer, A.; Nolan, M. G.; Cheng, L.; Triyoso, D. H.

**La-doped ZrO<sub>2</sub> based Back End of Line (BEoL) decoupling capacitors**

16<sup>th</sup> International Conference on Atomic Layer Deposition (ALD), 2016, Dublin, Irland, Poster

Weinreich, W.; Seidel, K.; Polakowski, P.; Drescher, M.; Gummenscheimer, A.; Nolan, M. G.; Cheng, L.; Triyoso, D. H.

**La-doped ZrO<sub>2</sub> based BEoL decoupling capacitors**

International Conference on IC Design and Technology (ICICDT), 2016, Ho Chi Minh City, Vietnam, 4 S.

Yurchuk, E.; Müller, J.; Müller, S.; Paul, J.; Pesic, M.; Benthum, R. van; Schroeder, U.; Mikolajick, T.

**Charge-trapping phenomena in HfO<sub>2</sub>-based FeFET-type nonvolatile memories**

IEEE transactions on electron devices 63 (2016), Nr. 9, 7 S.

## WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

# ACADEMIC THESES

### Dissertations

### Dissertationen

**Bott, Sascha**

**Modellierung und Simulation des Chemisch-mechanischen Planarisierens unter besonderer Berücksichtigung langreichweitiger Wechselwirkungen auf der Chipskala**

Technische Universität Dresden;

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Gerald Gerlach; Gutachter: Prof. Dr. Johann W. Bartha, Prof. Dr. Johannes Heitmann

---

**Kaiser, Bert**

**Simulation und Charakterisierung eines neuartigen mikromechanischen elektrostatischen Aktors**

Technische Universität Cottbus-Senftenberg;

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Harald Schenk, Prof. Dr. Michael Bestehorn, Prof. Dr. Mario Kupnik

---

**Noack, Alexander**

**Hardware-Software-System zum ambulanten EKG-Monitoring unter Routinebedingungen**

Technische Universität Dresden;

Vorsitzender: Prof. Dr.-Ing. Jens Lienig; Gutachter: Prof. Dr. med. Dipl.-Ing. Rüdiger Poll, Prof. Dr.-Ing. Andreas Voss

### Diploma Theses

### Diplomarbeiten

**Kunz, Julian Elias**

**Aufbau und Inbetriebnahme eines Messplatzes für die Charakterisierung von gegeneinander rotierenden optisch-drahtlosen Transceiver-Modulen**

Technische Universität Dresden; Betreuer: Dr. Alexander Noack, Robert Ostermann M.Sc., Prof. Dr.-Ing. Wolf-Joachim Fischer

---

**Lehl, Dmitrij**

**Implementation und Konfiguration eines Linux-Systems auf ein Xilinx Zynq-SoC-System**

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden; Betreuer: Mario Grafe M.Sc., Prof. Dr.-Ing. J. Schönherr

---

**Naue, Johannes**

**Evaluierung der Auswirkungen der Poliersuspensionstemperatur auf den Prozess des chemisch-mechanischen-Polierens**

Technische Universität Dresden; Betreuer: PD Dr.-Ing. Frank Babick, Dipl.-Ing. Sascha Bott, Prof. Dr.-Ing. Michael Stintz

## WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

# ACADEMIC THESES

### Master Theses

### Masterarbeiten

**Adapa, Bharath Reddy**

**Investigation of the influence of the sample topography on the measurement uncertainty of a scanning white light interferometer**

Karlsruhe, Inst. für Technologie (KIT); Betreuer: Dr. Christoph Skupsch, Prof. Dr. Uli Lemmer

**Ali, Tarek**

**Development and electrical characterization of a metal-ferroelectric-insulator semiconductor FET test structure**

Technische Universität Dresden; Betreuer: Dr. Johannes Müller; Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Hubert Lakner, Prof. Marc Heyns

**Martin, Anja**

**Lichtausbreitung in einstellbaren Mikroringresonatoren**

Westfälische Hochschule Zwickau; Betreuer: Dr. Florenta Costache, Prof. Dr. Peter Hartmann

**Mohammadian Kia, Alireza**

**Development of metal oxide processes for highly conformal thin layers by plasma enhanced atomic layer deposition**

Technische Universität Chemnitz; Betreuer: Dr.-Ing. Wenke Weinreich

**Pätzold, Björn**

**Reaktives Ionenätzen zur Mehrfachstrukturierung und Elektrodotrennung für Kondensatoranwendungen in der Halbleiterindustrie**

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden; Betreuer: Prof. Reinhold Rennekamp, Dr. Christoph Hohle, Dipl.-Ing. Matthias Rudolph

**Poduval, Geedhika Kallidil**

**Characterization of low temperature plasma generated oxides on germanium based substrates**

Technische Universität Dresden; Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Hubert Lakner, Prof. Dr.-Ing. Wolf-Joachim Fischer; Betreuer: Malte Czernohorsky

**Schmidt, Martin**

**Integration von Maschinendaten in eine Big-Data-Lösung am Beispiel von Halbleiter-Frontendtools**

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden; Betreuer: Prof. Dr. Dirk Reichelt, Ingolf Gehrhardt M.Sc.

**Stolz, Michael**

**Experimentelle Untersuchungen an lateralen elektrostatischen Nanoaktoren**

Technische Universität Cottbus-Senftenberg; Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Harald Schenk, Prof. Dr. Götz Seibold

**Zhai, Wenqian**

**RF simulation of the transmission path of a RFID backscatter transponder between reader and transponder antenna with ANSYS HFSS**

Technische Universität Dresden; Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Wolf-Joachim Fischer, Dr. Michael Heiß

### Bachelor Theses

### Bachelorarbeiten

**Benter, Sandra**

**Prozessanalyse der Tetramethylammoniumhydroxid-Ätzung von Silizium zur Qualitätsverbesserung optischer Gitter**

Westfälische Hochschule Zwickau; Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Hans-Dieter Schnabel, Dr. Christiane Kaden

**Lemcke, Klaus Benjamin**

**Experimentalaufbau zur Messung vertikaler Oberflächen von mikromechanischen Aktoren am DHM**

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

## 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.

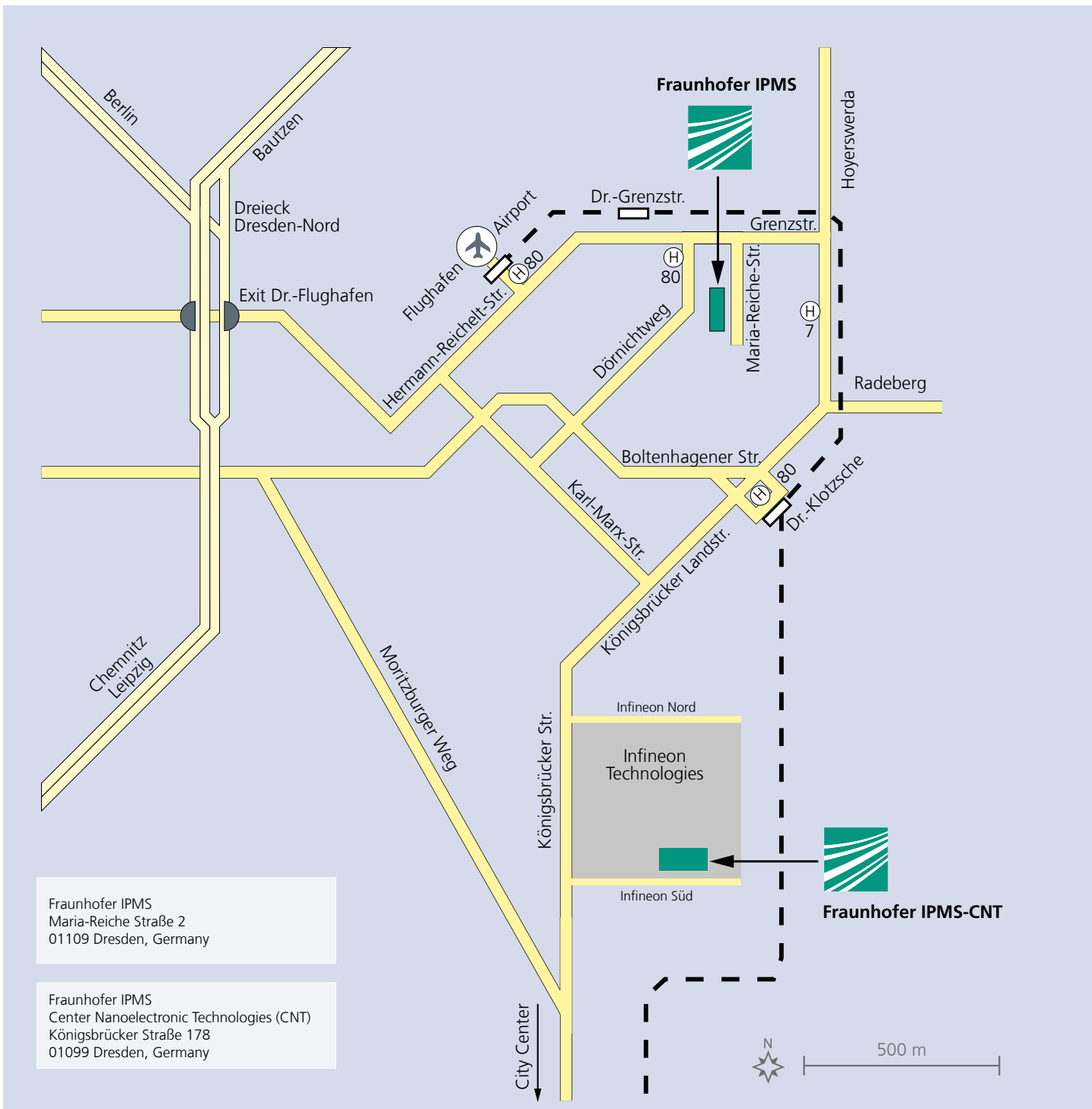
Zum Standort »Center Nanoelectronic Technologies« über die Autobahn A4 Ausfahrt »Dresden-Flughafen« (81b) abfahren in Richtung Dresden Flughafen. Rechts in die Flughafenstraße abbiegen, diese mündet in die Karl-Marx-Straße. Biegen Sie erneut rechts auf die Königsbrücker Landstraße, folgen Sie dieser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







## WEITERE INFORMATIONEN

# MORE INFORMATION

DR. MICHAEL SCHOLLES

---

Phone: +49 351 / 8823 - 201

Fax +49 351 / 8823 - 266

E-mail: [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 2017

### 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;  
Oliver Killig;  
Jürgen Lösel/VISUM;  
Maximilian Drescher;  
Torsten Becker Illustrationen, Dresden

© Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems  
IPMS, Dresden 2017

### 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;  
Oliver Killig;  
Jürgen Lösel/VISUM;  
Maximilian Drescher;  
Torsten Becker Illustrationen, Dresden

