

**2018**

JAHRESBERICHT  
ANNUAL REPORT



Part of



**Forschungsfabrik  
Mikroelektronik**  
Deutschland



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: +49 351/8823 - 0  
Fax: +49 351/8823 - 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: +49 351/2607 - 3004  
Fax: +49 351/2607 - 3005  
E-Mail: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de](http://www.ipms.fraunhofer.de)

---

**FRAUNHOFER IPMS – INSTITUTSTEIL  
INTEGRATED SILICON SYSTEMS ISS**

---

Anschrift: Fraunhofer IPMS an der  
BTU Cottbus-Senftenberg  
Postfach 10 1344  
03046 Cottbus  
Telefon: +49 355/692483  
E-Mail: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de](http://www.ipms.fraunhofer.de)

---

**FRAUNHOFER-PROJEKTZENTRUM  
MIKROELEKTRONISCHE UND OPTISCHE SYSTEME FÜR  
DIE BIOMEDIZIN**

---

Anschrift: Herman-Hollerith-Str. 3  
99099 Erfurt  
Telefon: +49 151/62805735  
E-Mail: [meos@ipms.fraunhofer.de](mailto:meos@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.meos.fraunhofer.de](http://www.meos.fraunhofer.de)

---

**FRAUNHOFER INSTITUTE FOR  
PHOTONIC MICROSYSTEMS IPMS**

---

Address: Maria-Reiche-Strasse 2,  
01109 Dresden, Germany  
Phone: +49 351/8823 - 0  
Fax: +49 351/8823 - 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: +49 351/2607 - 3004  
Fax: +49 351/2607 - 3005  
E-mail: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.ipms.fraunhofer.de/en](http://www.ipms.fraunhofer.de/en)

---

**FRAUNHOFER IPMS – BRANCH  
INTEGRATED SILICON SYSTEMS ISS**

---

Address: Fraunhofer IPMS  
Konrad-Zuse-Straße 1  
03046 Cottbus, Germany  
Phone: +49 355/692483  
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 CENTER  
MICROELECTRONIC AND OPTICAL SYSTEMS FOR  
BIOMEDICINE**

---

Address: Herman-Hollerith-Str. 3  
99099 Erfurt  
Phone: +49 151/62805735  
E-mail: [meos@ipms.fraunhofer.de](mailto:meos@ipms.fraunhofer.de)  
Internet: [www.meos.fraunhofer.de](http://www.meos.fraunhofer.de)



PROF. DR. HUBERT LAKNER

---

## FOREWORD

---

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

We look back on 2018 as a dynamic and successful year. With our completed conversion of all MEMS processes to the 200-millimeter standard and asset purchases, commissioning and process transfer within the Research Fab Microelectronics Germany setting, we have made big strides. Moving forward, we are confident in our abilities to meet the challenges of micro- and nanoelectronics with state-of-the-art equipment, a virtually networked factory, and an unprecedented range of technology and services.

Expanding our infrastructures from Saxony to Brandenburg and Thuringia has also contributed to further developing our portfolio of services. Now part of the institute, our Cottbus location is driving the development of actuators and terahertz research forward. Together with other Fraunhofer Institutes, we are now intensively working on biomedical applications and systems at the "Microelectronic and Optical Systems for Biomedicine" Project Hub in Erfurt. The center was ceremoniously opened on 19. October. Not only have we expanded our Germany-wide presence, but we have enhanced the variety of topics to encourage new opportunities for cooperation and development with our customers. We wish to convey our sincere thanks to all of our sponsors, the European Commission, the federal and state governments and the Fraunhofer-Gesellschaft, without whose special initiatives, commitments and support these positive further developments would not have been possible for us and our customers.

---

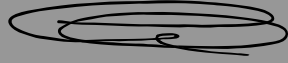
## VORWORT

---

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

unser Institut blickt auf ein ebenso dynamisches wie erfolgreiches Jahr 2018 zurück: Mit der heute abgeschlossenen Umstellung aller MEMS-Prozesse auf den 200-Millimeter-Standard einerseits sowie durch die im Jahresverlauf getätigten Anlagenkäufe, Inbetriebnahme und den Prozesstransfer im Rahmen der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland andererseits haben wir einen großen Schritt bewältigt und sind überzeugt, den Herausforderungen in der Mikro- und Nanoelektronik mit modernsten Anlagen, einer virtuell vernetzten Fabrik und einem nie dagewesenen Technologie- und Leistungsangebot sehr gut begegnen zu können.

Zur Weiterentwicklung unseres Angebotsspektrums trägt neben der Erweiterung unserer Infrastruktur in Sachsen auch der Ausbau in Brandenburg und Thüringen bei. Mit unserem Cottbuser Standort – jetzt ein Institutsteil – treiben wir die Entwicklung von neuartigen Aktoren sowie unsere Terahertz-Forschung weiter voran. Mit dem am 19. Oktober feierlich eröffneten Erfurter Projektzentrum »Mikroelektronische und Optische Systeme für die Biomedizin« arbeiten wir ab sofort gemeinsam mit anderen Fraunhofer-Instituten intensiv an biomedizinischen Anwendungen und Systemen. So erweitern wir nicht nur unsere deutschlandweite Präsenz, sondern auch die Themenvielfalt, so dass neue Kooperations- und Entwicklungsmöglichkeiten für unsere Kunden entstehen. Unser herzlicher Dank gilt all unseren Fördergebern, der Europäischen Kommission, der Bundesregierung, den Länderregierungen sowie der Fraunhofer-Gesellschaft, ohne deren besondere Initiative, Engagement und Unterstützung diese sowohl für uns als auch unsere Kunden positive Weiterentwicklung nicht möglich gewesen wäre.



PROF. DR. HARALD SCHENK



Unser Dank richtet sich gleichzeitig an unsere langjährigen und neuen Kunden aus der Wirtschaft, die uns ihr Vertrauen gegeben haben. So konnten wir auch im Jahr 2018 wieder die Hälfte unseres operativen Budgets durch Wirtschaftserlöse decken. Dieses Vertrauen zeigt sich auch in Projekten, die im Jahr 2018 angeschoben wurden. Hervorheben möchten wir hier das mit Globalfoundries gestartete EMMA-Projekt. Diese unter dem Dach des IPCEI (Important Project of Common European Interest) laufende, mit einem Volumen von 17,5 Millionen Euro sowohl für uns als auch für Fraunhofer insgesamt bislang bedeutendste F&E-Investition eines Unternehmens wird in den nächsten zweieinhalb Jahren innovative Materialien, Prozesse und Bauelemente für die Energiespartechnologie FD-SOI (Fully Depleted Silicon On Insulator) hervorbringen, die insbesondere für die Anwendungsfelder »Internet of Things« und Automotive benötigt werden.

Zur Dynamik des zurückliegenden Jahres gehört schließlich, dass wir neben dem Ausbau unserer Kundenbeziehungen auch den Aufbau zukünftiger Auftraggeber erfolgreich gestalten konnten. So haben wir zum 20. November 2018 gemeinsam mit weiteren Dresdner Fraunhofer-Instituten die Sensry GmbH ausgegründet, die mittelständische Unternehmen den Zugang zu Halbleiterhochtechnologien im Kontext Industrie 4.0 erleichtern soll. Für eine weitere Ausgründung, welche besonders kleine und energiesparende Kopfhörer und Gehörhilfen basierend auf unserer Nano-e-drive-Technologie in den Markt bringen soll, ist mit der Bewilligung des »HiperSound«-Stiftungsprojektes im Juni der Grundstein bereits gelegt.

In der Summe hat unser Forschungs- und Entwicklungsbudget im Jahr 2018 die 40 Millionen-Euro-Marke überschritten, und bald wird unsere Belegschaft auf über 400 Mitarbeitende angewachsen sein. Wir freuen uns, unseren erfolgreichen Weg mit Ihnen als Kunde, Förderer und Partner weiter zusammen zu beschreiten.

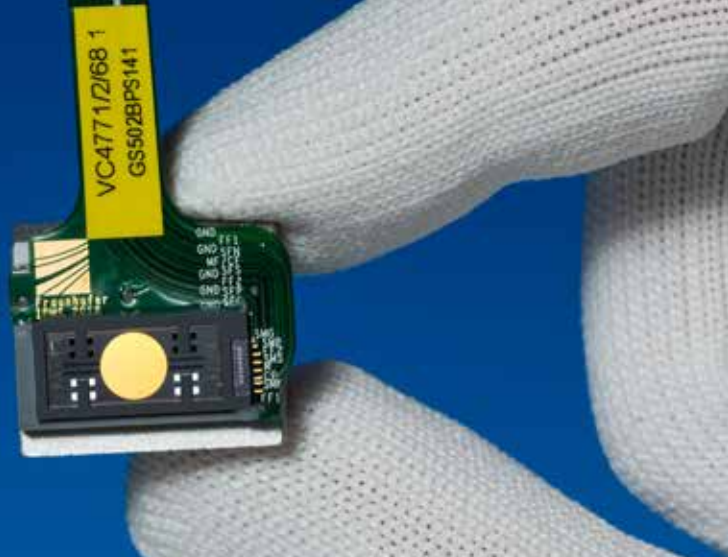
Hubert Lakner und Harald Schenk

We would also like to thank both our long-standing and new business customers who have given us their trust while again providing half of our 2018 budget for research and development. This trust is also evident in the projects our customers supported. Here, we would like to highlight the EMMA project that was started with Globalfoundries. Under the auspices of the IPCEI (Important Projects of Common European Interest) and with a volume of 17.5 million euros, the project represents the most significant R&D-investment of a company ever for both us and Fraunhofer. Over the next two and a half years, the EMMA project aims to produce innovative materials, processes and components for FD-SOI (Fully Depleted Silicon On Insulator) technology especially important for the "Internet of Things" and automotive fields of application.

Another dynamic of the past year has been our ability to further develop treasured relationships while successfully forging new clients for future contracts. Together with other Fraunhofer institutes in Dresden, we founded Sensry GmbH on 20. November 2018 with the goal of making access to semiconductor high-tech in the context of Industry 4.0 easier for medium-sized companies. Through the approval of the "HiperSound" endowment project, the foundation has also been laid for another spin-off of the Fraunhofer IPMS with the objective of bringing particularly small, energy-saving headphones and hearing aids based on our nano-e-drive technology to the market.

In the end, our research and development budget exceeded the 40 million euros mark in 2018 and our workforce will soon grow to over 400 employees. We are happy to look forward to continued success with you, our customers, supporters, and partners.

Hubert Lakner und Harald Schenk



**CONTENTS**

-----

<b>Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems IPMS.....</b>	<b>1</b>
Fraunhofer IPMS at a Glance.....	6
Sites.....	8
Fraunhofer IPMS in Figures.....	10
Fraunhofer-Gesellschaft.....	12
Fraunhofer Group for Microelectronics.....	13
<b>Memberships &amp; Networks .....</b>	<b>14</b>
Research Fab Microelectronics Germany.....	16
High-Performance Center "Micro-Nano" Expands to Transfer Center.....	17
Scientific Excellence.....	18
<b>Highlights .....</b>	<b>22</b>
Fraunhofer IPMS and Globalfoundries Start Next Chip Generation.....	24
Fraunhofer IPMS Opens Remote Department at the BTU Cottbus.....	25
Prof. Lakner Honored with Fraunhofer Medal.....	26
Fraunhofer and LETI Sign Cooperation Agreement.....	27
Hipersound Endowment Project Approved.....	28
800 Guests to Dresden Long Night of Science.....	29
Welcome on Board.....	30
First Fraunhofer IPMS Health Day.....	31
"Microelectronics 2020+, Quo Vadis" Festive Colloquium.....	32
Research Fab Microelectronics Germany Innovation Day.....	33
Fraunhofer Project Center Opened in Erfurt.....	34
Globalfoundries, Fraunhofer and Next Big Thing Found Start-Up.....	35
<b>Applications and Business Units .....</b>	<b>36</b>
Active Microoptical Components and Systems.....	38
Spatial Light Modulators.....	40
Environmental Sensing.....	42
Monolithic Integrated Actuator and Sensor Systems.....	44
Wireless Microsystems.....	46
Center Nanoelectronic Technologies.....	50
<b>Equipment and Infrastructure.....</b>	<b>52</b>
MEMS Technologies.....	54
300 mm Nanoelectronic.....	62
Integrated Silicon Systems.....	66
Systems for Biomedicine.....	67
<b>Completed Public Projects.....</b>	<b>68</b>
<b>New Public Projects.....</b>	<b>70</b>
<b>Knowledge Management .....</b>	<b>72</b>

MEMS SCANNING GRATING FOR USE IN A  
QUANTUM CASCADE LASER FOR  
MID-INFRARED SPECTROSCOPY.

OPTICAL INSPECTION  
IN THE MEMS CLEANROOM.



## INHALT

<b>Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS.....</b>	<b>1</b>
Das Fraunhofer IPMS im Profil.....	6
Standorte.....	8
Fraunhofer IPMS in Zahlen.....	10
Fraunhofer-Gesellschaft.....	12
Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik.....	13
<b>Mitgliedschaften und Netzwerke.....</b>	<b>14</b>
Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland.....	16
Leistungszentrum »Mikro-Nano« wird zum Transferzentrum ausgebaut.....	17
Wissenschaftliche Exzellenz.....	18
<b>Highlights.....</b>	<b>22</b>
Fraunhofer IPMS und Globalfoundries starten nächste Chip-Generation.....	24
Fraunhofer IPMS eröffnet Institutsteil an der BTU in Cottbus.....	25
Prof. Lakner mit Fraunhofer-Medaille geehrt.....	26
Fraunhofer und Leti unterzeichnen Kooperationsvereinbarung.....	27
Stiftungsprojekt HiperSound bewilligt.....	28
800 Gäste zur Dresdner Langen Nacht der Wissenschaften.....	29
Willkommen an Board!.....	30
Erster Gesundheitstag am Fraunhofer IPMS.....	31
Festkolloquium »Microelectronics 2020+, quo vadis«.....	32
Innovation Day der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland.....	33
Fraunhofer-Projektzentrum in Erfurt eröffnet.....	34
Globalfoundries, Fraunhofer-Gesellschaft und Next Big Thing gründen Start-Up.....	35
<b>Anwendungen und Geschäftsfelder.....</b>	<b>36</b>
Aktive Mikrooptische Komponenten und Systeme.....	38
Flächenlichtmodulatoren.....	40
Environmental Sensing.....	42
Monolithisch integrierte Aktor- und Sensorsysteme.....	44
Drahtlose Mikrosysteme.....	46
Center Nanoelectronic Technologies.....	50
<b>Ausstattung und Infrastruktur.....</b>	<b>52</b>
MEMS Technologien.....	54
300 mm Nanoelektronik.....	62
Integrierte Siliziumsysteme.....	66
Systeme für die Biomedizin.....	67
<b>Abgeschlossene öffentliche Projekte.....</b>	<b>68</b>
<b>Neue öffentliche Projekte.....</b>	<b>70</b>
<b>Wissensmanagement .....</b>	<b>72</b>



### FRAUNHOFER IPMS AT A GLANCE

---

Over 350 scientists and engineers from the Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems provide top service in applied research in the fields of industrial manufacturing and automation, medical technology, and improved quality of life. With an annual budget of more than 40 million euros, we create and develop customer-specific solutions using sensors, actuators, integrated circuits, wireless data communication and microelectronics. We focus on the sustainable success of our customers to understand and solve their individual challenges. Our partners rely on our innovation and system competences, from the first idea to transferring a solution to a series. Between two state-of-the-art cleanrooms and four development sites in Dresden, Cottbus, and Erfurt, we are developing innovative MEMS components and microelectronic parts on 200mm and 300mm wafers to complete whole systems. We maintain long-term relationships with all of our project partners. Certified according to ISO 9001, we are committed to a strict, indispensable customer orientation.

### DAS FRAUNHOFER IPMS IM PROFIL



---


Über 350 Wissenschaftler und Ingenieure des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme erbringen Spitzenleistungen auf dem Gebiet der angewandten Forschung für Anwendungen in den Bereichen industrielle Fertigung und Automatisierung, Medizintechnik und verbesserte Lebensqualität. Mit einem jährlichen Budget von über 40 Millionen Euro erfinden und entwickeln wir kundenspezifische Lösungen unter Einsatz von Sensoren, Aktoren, integrierten Schaltungen, drahtloser Datenkommunikation sowie Mikroelektronik. Unser Schwerpunkt liegt dabei auf dem nachhaltigen Erfolg unserer Kunden, wobei wir deren Herausforderungen verstehen und lösen. Von der ersten Idee bis zur Übergabe der Lösung in die Serie können sich unsere Partner auf unsere Innovations- und Systemkompetenz verlassen. In zwei hochmodernen Reinräumen und mit insgesamt vier Entwicklungsstandorten in Dresden, Cottbus und Erfurt entwickeln wir auf 200mm und 300mm Wafern innovative MEMS-Komponenten und Mikroelektronikbauelemente und komplettieren sie mit Unterstützung unserer Kooperationspartner zu Systemen. Dabei setzen wir auf eine langfristige Zusammenarbeit mit unseren Projektpartnern. Unsere strikte Kundenorientierung ist für uns unabdingbar, was wir auch mit unserer Zertifizierung nach ISO 9001 unterstreichen.









# INSTITUTSSTRUKTUR

## STRUCTURE OF THE INSTITUTE

	<b>Executive Board</b>	
<i>Prof. Dr. Hubert Lakner</i>		<i>Prof. Dr. Harald Schenk</i>

					
<i>Heiko Menzel</i>	<i>Linda Rudolph</i>	<i>Dr. Ulrich Wende</i>	<i>Aron Guttowski</i>	<i>Bertram Bürger</i>	<i>Prof. Dr. Joachim Wagner</i>
Administration	Human Resources Development & Recruiting	Quality & Test	Business Development	IT	High Performance Center "Micro/Nano"

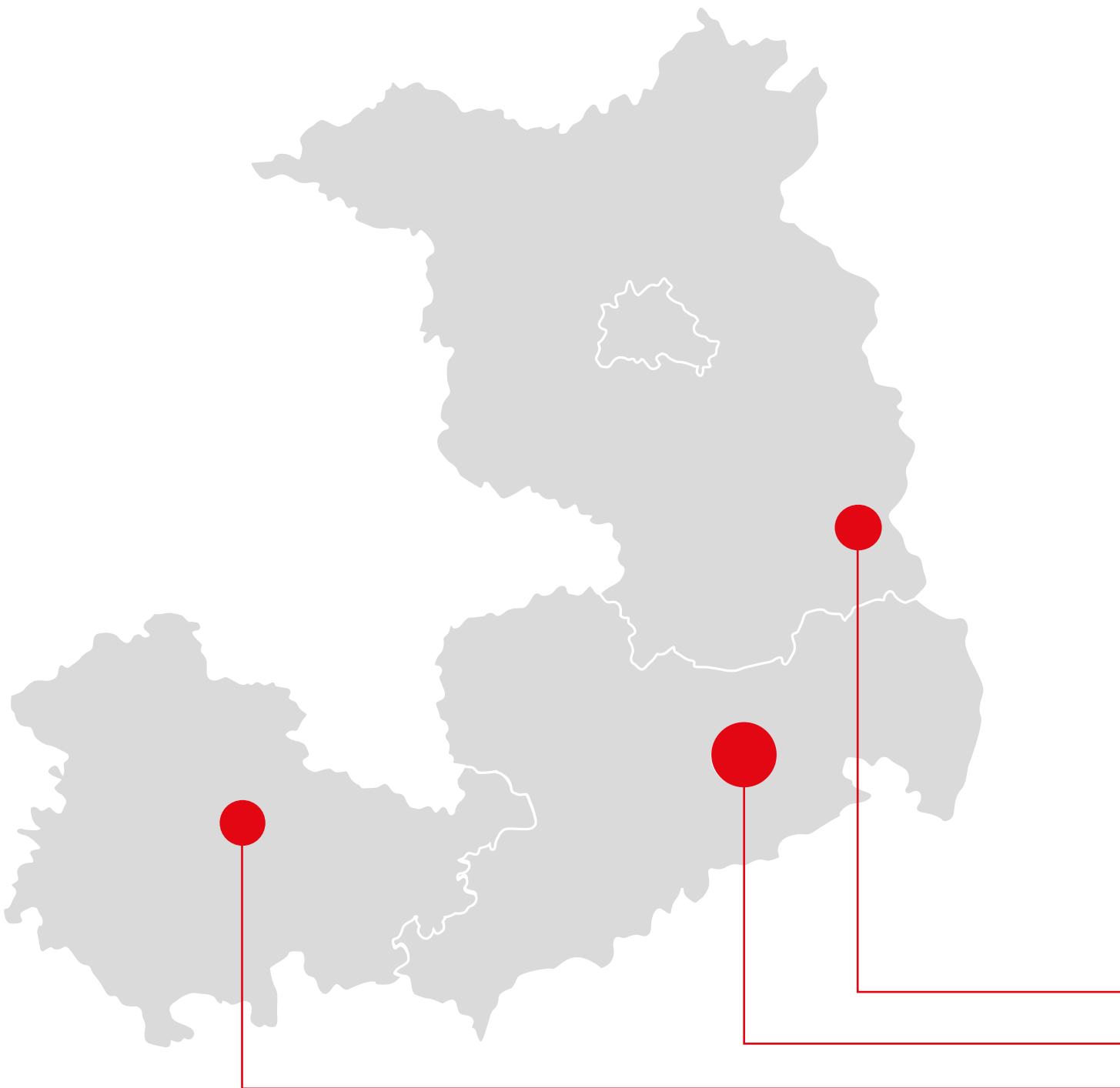
						
<i>Dr. Romy Liske</i>	<i>Dr. Michael Wagner</i>	<i>Dr. Jan Grahmann</i>	<i>Dr. Sebastian Meyer</i>	<i>Dr. Frank Deicke</i>	<i>Holger Conrad</i>	<i>Dr. Sebastian Meyer</i>
Center Nanoelectronic Technologies	Spatial Light Modulators	Active Microoptical Components & Systems	Environmental Sensing	Wireless Microsystems	Monolithically Integrated Actuator & Sensor Systems <sup>2</sup>	Integrated Silicon Systems <sup>1</sup>
Engineering				<i>Dr. Matthias Schulze</i>		
Fabrication				<i>Thomas Zarbock</i>		

	<i>Dr. Michael Scholles</i>
	Project Hub Microelectronic and Optical Systems for Biomedicine <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Location: Cottbus  
<sup>2</sup> Location: Dresden & Cottbus  
<sup>3</sup> Location: Erfurt

# STANDORTE

## SITES





### Headquarters » Photonic Microsystems «



Maria-Reiche-Straße 2  
01109 Dresden  
Employees: 250  
200 mm MEMS-on-CMOS processing  
1 500 m<sup>2</sup> cleanroom class 4

### Business Unit » Center Nanoelectronic Technologies «



Königsbrücker Straße 178  
01099 Dresden  
Employees: 70  
300 mm wafer processing  
850 m<sup>2</sup> cleanroom class 6

### Branch » Integrated Silicon Systems «



Konrad-Zuse-Straße 1  
03046 Cottbus  
Employees: 15  
Laboratory space: 150 m<sup>2</sup>

### Project Hub » Microelectronic and Optical Systems for Biomedicine «

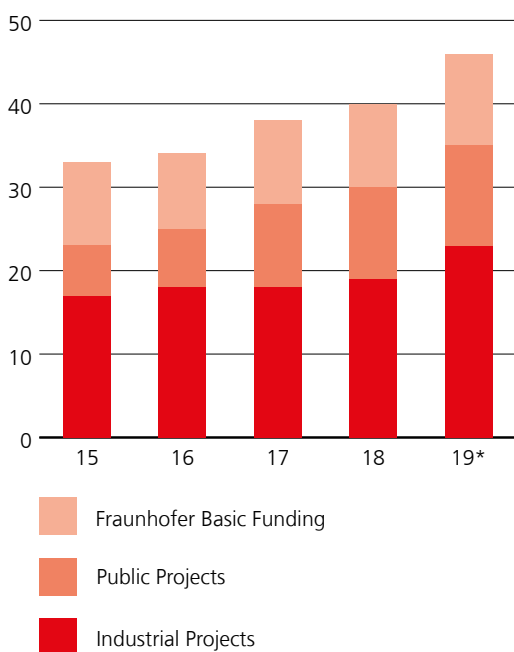


Herman-Hollerith-Straße 3  
99099 Erfurt  
Employees: 8  
165 m<sup>2</sup> cleanroom class 6  
Laboratory space: 600 m<sup>2</sup>

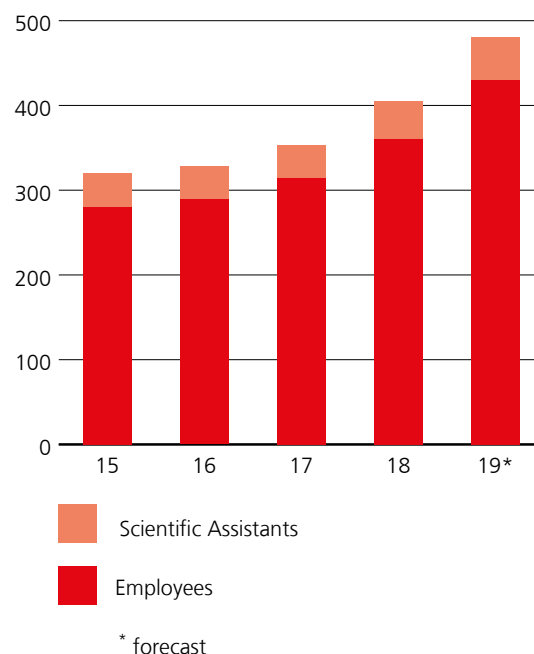
# FRAUNHOFER IPMS IN ZAHLEN

## FRAUNHOFER IPMS IN FIGURES

BUDGET (IN MILLION EUROS)



EMPLOYEES



BREAKDOWN OF PROJECT REVENUES AS PERCENTAGES OF THE OPERATING BUDGET

	2015	2016	2017	2018	2019*
Industry	52,5 %	51,0 %	48,6 %	47,0 %	49,8 %
Public Revenues	17,8 %	22,1 %	24,6 %	27,3 %	25,9 %
Total	70,3 %	73,1 %	73,2 %	74,3 %	75,7 %
Employees	280	289	314	360	430



---

## 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*

### **Dr. Claudia Herok**

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

### **Konrad Herre**

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

### **Dirk Hilbert**

*Landeshauptstadt Dresden, Mayor*

### **MDgin Barbara Meyer**

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

### **Prof. Dr. Jörg-Uwe Meyer**

*MT2IT GmbH & Co. KG, General Manager*

### **Prof. Dr. Thomas Mikolajick**

*NaMLab gGmbH, Scientific Director*

### **Prof. Dr. Wilfried Mokwa**

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

### **MR Peter G. Nothnagel**

*Saxony Economic Development Corporation, Managing Director*

### **Dr. Axel Preuße**

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

### **Dr. Jürgen Rüstig**

*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*

### **Dr. Tina Züchner**

*Bundesministerium für Bildung und Forschung, Advisor for Electronics and Autonomous Driving*



FRAUNHOFER HOUSE IN MUNICH.

## FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

At present, the Fraunhofer-Gesellschaft maintains 72 institutes and research units. The majority of the more than 26,600 staff are qualified scientists and engineers, who work with an annual research budget of 2.6 billion euros. Of this sum, 2.2 billion euros is generated through contract research. Around 70 percent of the Fraunhofer-Gesellschaft's contract research revenue is derived from contracts with industry and from publicly financed research projects. Around 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.

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

## FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 72 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 26 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,6 Milliarden Euro. Davon fallen 2,2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 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.

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



---

## FRAUNHOFER-VERBUND MIKROELEKTRONIK

---

Der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik – 1996 gegründet – ist der größte europäische Forschungs- und Entwicklungsdienstleister für Smart Systems. Hier werden langjährige Erfahrung und die Expertise von mehr als 3000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus derzeit 16 Mitgliedsinstituten gebündelt. Das jährliche Budget betrug im Jahr 2018 481,7 Millionen Euro (Ertragsanteil Wirtschaft: 47,6 Prozent).

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

Seit April 2017 arbeiten elf Verbundinstitute in Kooperation mit den zwei Leibniz-Instituten FBH und IHP als »Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland« (FMD). Ziele der FMD sind die Zusammenführung der in Deutschland meist getrennten und auf viele Institute verteilten Mikroelektronik-Forschung, die gemeinsame Nutzung und Bereitstellung der Forschungsausstattung (Geräte, Labore, Reinräume) an die Kunden, die Erarbeitung von technologie- und institutsübergreifenden FuE-Konzepten für eine optimale Kooperation mit der Industrie sowie die Unterstützung von Start-ups. Für die Modernisierung und Ergänzung ihrer Anlagen und Geräte erhalten die 13 beteiligten Forschungseinrichtungen bis 2020 insgesamt 350 Millionen Euro vom Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Die Aktivitäten des Verbunds Mikroelektronik werden durch die Geschäftsstelle in Berlin koordiniert. Ihre Mitarbeiter sind Ansprechpartner für Vertreter aus Forschung, Wirtschaft und Politik. Vorsitzender des Verbundes ist Prof. Dr. Hubert Lakner.

---

## FRAUNHOFER GROUP FOR MICROELECTRONICS

---

Founded in 1996, the Fraunhofer Group for Microelectronics is the largest European service provider for Smart Systems research and development. The alliance bundles years of experience with the expertise of more than 3000 scientists from 16 current member institutes. Its 2018 annual budget was 481.7 million euros with an economic profit share of 47.6 percent.

The inter-disciplinary core competences of the member institutes lie in the areas of intelligent system design, semiconductor technologies, power electronics and system technologies for energy supply, sensor technology, system integration and radio frequency and communication technology, as well as quality and reliability.

Eleven institutes of the Fraunhofer Group for Microelectronics have been working with the Leibniz FBH and IHP Institutes as the "Research Fab Microelectronics Germany (FMD)". FMD objectives aim to connect microelectronic research which is mostly conducted separately and distributed among many institutes in Germany, share and provide customers with research equipment such as machines, laboratories and cleanrooms, develop both cross-institute and cross-technology research and development concepts for optimal cooperation with industry as well as start-ups support. By 2020, the Federal Ministry of Education and Research will provide the 13 member institutes a total of 350 million euros for the modernization and supplementation of equipment and facilities.

The activities of the member institutes are coordinated by the business office in Berlin. This central 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.

# MITGLIEDSCHAFTEN UND NETZWERKE

## MEMBERSHIPS AND NETWORKS



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, der drahtlosen Kommunikation und Mikroelektronik. Mit Fachvorträgen, Ausstellungen oder der Mitarbeit in Arbeitskreisen beteiligen sich die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler aktiv am Erfahrungsaustausch und fördern Know-how-Transfer, enge wirtschaftliche Beziehungen und Innovationskraft.

Inkubatoren für Verbundprojekte sind die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland und das Fraunhofer-Leistungszentrum »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik«. Beide Beteiligungen des Fraunhofer IPMS leisten einen enormen Beitrag zur Vernetzung mit den Instituten des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik, den Universitäten und Hochschulen und Instituten der Leibniz-Gemeinschaft auf dem Gebiet der Forschung und befördern gleichzeitig den Wissens- und Technologietransfer mit der Wirtschaft.

Um den Austausch mit der Wirtschaft zu fördern, pflegt das Fraunhofer IPMS außerdem eine enge Zusammenarbeit mit verschiedenen Branchenverbänden, wie dem Industrieverband für optische, medizinische und mechatronische Technologien (SPECTARIS), dem Industrieverband für Automatische Identifikation, Datenerfassung und Mobile Datenkommunikation (AIM), dem AMA Verband für Sensorik und Messtechnik, dem globalen Netzwerk für die Mikro- und Nanoelektronikindustrie SEMI oder Silicon Saxony. Um seinen Standort in Cottbus zu stärken, hat das Fraunhofer IPMS im Jahr 2018 seine Zusammenarbeit mit dem Kompetenznetz für Optische Technologien und Mikrosystemtechnik in den Ländern Berlin und Brandenburg (OpTecBB) e.V., mit gemeinsamen Messebeteiligungen und der Teilnahme an den Photoniktagen im Oktober 2018 in Berlin intensiviert.

---

## FRAUNHOFER IPMS NETWORKS

---

Fraunhofer IPMS involves itself with scientific and competence networks dealing with optical technologies and photonics, microsystems technology, wireless communication, and microelectronics. Scientists promote know-how transfer, close business relationships, and innovative strength while actively participating in the experience exchanges in the form of lectures, exhibitions, or working groups.

The FMD (Research Fab Microelectronics Germany) and the Fraunhofer "Functional Micro-/Nanoelectronics" performance center are incubators for collaborative group projects. Fraunhofer IPMS participation in both settings provides an enormous contribution to networking with the institutes of the Fraunhofer Group for Microelectronics, universities, and the institutes of the Leibniz Association in the field of research and simultaneously promotes the transfer of knowledge and technology to industry.

In support of promoting exchange with industry, Fraunhofer IPMS works closely with various inter-trade organizations including SPECTARIS (the association for optical, medical and mechatronic technologies), AIM (the association for automatic identification, data acquisition and mobile communication), SEMI (the global network for the micro- and nanoelectronics industry), AMA (the association for sensors and measurement), and Silicon Saxony. To strengthen the Cottbus location, Fraunhofer IPMS intensified its cooperation with OpTecBB (the competence network for optical technologies and microsystems) in the federal states of Berlin and Brandenburg with joint participation at trade shows and conferences as well as during the Berlin 2018 Photonic Days in October.



[www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de](http://www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de)



**Forschungsfabrik  
Mikroelektronik  
Deutschland**

### RESEARCH FAB MICROELECTRONICS GERMANY

Fraunhofer IPMS is one of the 13 member institutions of the Research Fab Microelectronics Germany (FMD). With over 2000 scientists from the Fraunhofer-Gesellschaft and Leibniz Association, FMD is the largest cross-location R&D collaborative for applied research, development and innovation in the field of micro- and nanoelectronics in Europe.

With a total of 350 million euros, the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is funding FMD development with particular focus on modernizing research facilities in what has become the largest investment in research equipment since German reunification. 63 million euros are allocated for the Fraunhofer IPMS.

One and a half years after the 6. April 2017 start of the project, numerous acquisitions for laboratory facilities modernization have been commissioned. On 28. September 2018, the commissioning of a first integration line was celebrated during the first FMD Innovation Day (see page 33). Last year saw the establishment of successful project partnerships resulting in orders worth 41.1 million euros, representing an industry share of 30 percent.

The technological competencies of the member institutes are summarized among the so-called "Microwave and Terahertz", "Power Electronics", "Extended CMOS", "Optoelectronic Systems", "Sensor Systems", and "MEMS Actuators" technology platforms. FMD offers cross-institute technological developments along the entire value added chain of each platform, from system design to testing and reliability throughout the market.

### FORSCHUNGSFABRIK MIKROELEKTRONIK DEUTSCHLAND

Das Fraunhofer IPMS ist eines der 13 Mitglieder der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) – des mit über 2000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der Fraunhofer-Gesellschaft und Leibniz-Gemeinschaft größten standortübergreifenden FuE-Zusammenschlusses für angewandte Forschung, Entwicklung und Innovation für die Mikro- und Nanoelektronik in Europa.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert den Aufbau der FMD insbesondere durch eine Modernisierung der Forschungsausstattung mit insgesamt 350 Millionen Euro, der größten Investition in Forschungsgeräte seit der Wiedervereinigung Deutschlands. 63 Millionen Euro sind dabei für das Fraunhofer IPMS vorgesehen.

Eineinhalb Jahre nach dem Projektstart am 6. April 2017 konnten bereits zahlreiche Anschaffungen für die Modernisierung der Laboranlagen in Betrieb genommen werden. Die feierliche Inbetriebnahme einer ersten Integrationslinie erfolgte am 28. September 2018 im Rahmen des ersten FMD Innovation Days (siehe Seite 33). Im letzten Jahr konnten erfolgreiche Projektbeteiligungen etabliert und Aufträge mit einem Volumen von 41,1 Millionen Euro bei einem Industrieanteil von 30 Prozent abgeschlossen werden.

Die technologischen Kompetenzen der Institute sind in die sogenannten Technologieplattformen »Microwave and Terahertz«/»Power Electronics«/»Extended CMOS«/»Optoelectronic Systems«/»Sensor Systems«/»MEMS Actuators« zusammengefasst. In diesen Technologieplattformen bietet die FMD technologische Entwicklungen entlang der kompletten Wertschöpfungskette von Systemdesign bis zum Test und Zuverlässigkeit institutsübergreifend am Markt an.

DEMONSTRATION OF A WIRELESS SENSOR SYSTEM  
INTEGRATED INTO A BALL-SCREW DRIVE AT THE OCCASION OF  
A VISIT OF THE MINISTER-PRESIDENT OF SAXONY TO LONDON IN  
OCTOBER 2018.



---

### LEISTUNGSZENTRUM »MIKRO/NANO« WIRD ZUM TRANSFERZENTRUM AUSGEBAUT

---

Nach einer positiven Evaluierung des Leistungszentrums »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik« Ende 2017 für die Förderphase 2016/2017 konnte das Leistungszentrum in 2018 mit Mitteln der Fraunhofer-Gesellschaft fortgeführt werden mit der Zielsetzung, dieses zu einem Transferzentrum auszubauen.

So wurde im Rahmen eines von der Fraunhofer-Zentrale initiierten und durch Workshops begleiteten Roadmapping-Prozesses eine insgesamt sechs Transferpfade adressierende Transfer-Roadmap für das Leistungszentrum erarbeitet. Diese beschreibt die Entwicklung des Leistungszentrums in den Jahren 2019 und 2020 hin zu einem »Zentrum mit Transferverbindlichkeit«. Der für das Leistungszentrum zentrale Transferpfad ist die Auftragsforschung inklusive erweiterter Pilotfertigung, flankiert durch Transfer über Lizenzierung und die Zusammenarbeit mit Ausgründungen und jungen Unternehmen.

Auf der wissenschaftlich/technischen Seite wurden 2018 das Thema strukturintegrierte drahtlose Sensorik für den Maschinenbau weitergeführt sowie das Projekt »Testwafer Hub« zur Schaffung einer professionalisierten Umgebung für das Anbieten von 300mm-Testwafern für waferbasierte Technologien und Produkte gestartet. Ferner erfolgte in einem Arbeitskreis aus Vertretern der am Leistungszentrum beteiligten Fraunhofer-Institute IPMS, ENAS, IIS-EAS und IZM-ASSID die Auswahl der wissenschaftlichen Fragestellungen, die gemeinsam mit Arbeitsgruppen an der TU Dresden, der TU Chemnitz sowie der HTW Dresden in 2019/2020 mit Förderung durch den Freistaat Sachsen bearbeitet werden sollen. Eine entsprechende Projektskizze wurde im Dezember 2018 dem SMWK zur Begutachtung vorgelegt.

---

### HIGH-PERFORMANCE CENTER "MICRO/NANO" EXPANDS TO A TRANSFER CENTER

---

After a positive evaluation of the 2016/2017 funding phase of the High-performance Center "Functional Integration for Micro-/Nanoelectronics", funding from the Fraunhofer-Gesellschaft could be continued with the aim of expanding the performance center into a transfer center.

In the framework of a workshop-supported roadmapping process initiated by Fraunhofer operational headquarters, a transfer roadmap addressing a total of six transfer paths was developed for the performance center. This describes how the high-performance center will be further developed in the years 2019 and 2020, moving towards a "center committed to transfer". Contract research, including extended pilot production, accompanied by transfer through licensing and collaboration with newly founded companies and young entrepreneurs, will be key elements.

With respect to scientific/technical work, the project on wireless sensors integrated into machine tools was continued in 2018, along with the launch of the "Testwafer Hub" project, creating a professional environment to provide 300mm test wafers for technology and product development. In addition, a working group with representatives from the High-performance Center participant Fraunhofer IPMS, ENAS, IIS-EAS and IZZ-ASSID institutes selected scientific topics to be worked on in 2019/2020 with funding from the Free State of Saxony. Project work will be carried out jointly with research groups at the TU Dresden, TU Chemnitz and the HTW Dresden. In December 2018, a corresponding project outline was submitted to the State Ministry of Science and Art.

# WISSENSCHAFTLICHE EXZELLENZ

## 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 Research Factory Microelectronics is taking on a new quality.

### WISSENSCHAFTSKOOPERATION

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 fördern, 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 im Rahmen der Forschungsfabrik Mikroelektronik 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 Kuratoren beratend zur Verfügung. Über die Professur für Optoelektronische Bauelemente und Systeme von Prof. Dr. Hubert Lakner, aber auch 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 Leistungszentrum »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik« wurde die Zusammenarbeit, speziell auf dem Gebiet der Entwicklung innovativer Komponenten und Fertigungstechnologien über das Jahr 2018 weiter intensiviert.

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 the development of innovative components and manufacturing technologies was further intensified in 2018.

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

© BTU Cottbus-Senftenberg

### BRANDENBURG TECHNICAL UNIVERSITY COTTBUS-SENFTENBERG

As a result of Prof. Dr. Harald Schenk's professorship in Micro and Nano Systems, as well as the new remote department "Integrated Silicon Systems" (see pages 44, 68), 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 former "Mesoscopic Actuators and Systems" project group founded in 2012 continues as the new remote department "Integrated Silicon Systems" (ISS) of the Fraunhofer IPMS at the Cottbus location. Moreover, the scope of research and development will be extended by the new working group "terahertz micro modules and applications" (see page 68).

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 den Institutsteil »Integrated Silicon Systems« andererseits ist das Fraunhofer IPMS besonders eng mit der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg verbunden (siehe Seiten 44, 68). 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.

Der neue Institutsteil führt die Arbeiten der im Jahr 2012 begründeten Projektgruppe »Mesoskopische Aktoren und Systeme« am Standort Cottbus fort und erweitert das Forschungs- und Entwicklungsspektrum mit einer Arbeitsgruppe um das Thema »Terahertz-Mikromodule und -Applikationen« (siehe Seite 68).

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.



---

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 wurde, steht unter der Leitung von Prof. Dr. Dirk Reichelt, der gleichzeitig Professor für Informationsmanagement an der HTW Dresden ist. In der Arbeitsgruppe entwickeln Fraunhofer IPMS und HTW Dresden neuartige Lösungen für die digitale Transformation in der industriellen Fertigung.

Mit einer ähnlichen Zielstellung beteiligt sich das Fraunhofer IPMS an der Modellfabrik – das Industrial Internet of Things (IoT) Test Bed – an der HTW Dresden. Unter dem Motto »Digitalisierung erlebbar machen« hat die HTW Dresden unter Leitung von Herrn Prof. Dirk Reichelt die Industrie 4.0-Modellfabrik, eine Forschungs- und Evaluationsinfrastruktur für IoT-Lösungen im Fertigungsumfeld, aufgebaut. Die vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderte Testumgebung mit einem diskreten Fertigungsprozess und allen typischen Industrie-Komponenten wurde konzipiert, um komplexe Fertigungs- und Logistikprozesse realitätsgetreu nachzubilden. Neben Aufgaben der Forschung und Entwicklung dient das Test Bed auch als Demonstrations- und Informationsplattform. Seit 2017 führen HTW Dresden und Fraunhofer IPMS dort gemeinsam Workshops durch, die am Beispiel des vom Fraunhofer IPMS entwickelten drahtlosen und wartungsfreien Sensorsystems auf RFID-UHF-Basis zeigen, wie man durch Kombination von RFID und Sensorik neue Anwendungsfelder erschließen kann.

---

**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. 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 model factory "Industrial Internet of Things Test Bed" project at the HTW Dresden. Under the headline "Make digitization come alive" HTW Dresden launched the industry model factory focussing on IoT solutions in industrial surroundings under the direction of Prof. Dr. Dirk Reichelt. The test bed funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) was designed to reproduce highly real and precisely detailed partially-automated production processes. Besides research projects the test bed serves as a platform for demonstration and information purposes. Starting in 2017 HTW Dresden and Fraunhofer IPMS have been organizing workshops. These utilize the example of the Fraunhofer IPMS wireless, maintenance-free sensor systems based on RFID-UHF to illustrate how RFID and sensor technology can be combined to open new and interesting fields of application.

HÖHEPUNKTE

HIGHLIGHTS







300 MM WAFER WITH TEST CHIPS.

### FRAUNHOFER IPMS AND GLOBALFOUNDRIES START NEXT CHIP GENERATION

Under the umbrella of IPCEI (Important Projects of Common European Interest) support, the Fraunhofer IPMS and Globalfoundries joint "EMMA" project aims to develop innovative materials, processes and components for FD-SOI (Fully Depleted Silicon On Insulator) energy-saving technology. This type of transistor is especially needed due to the "Internet of Things" and automotive areas as well as in medical technology, logistics, and the aerospace sectors demanding particularly robust and energy-efficient solutions for the future.

On 11. April 2018, a contract consisting of a research and development volume of 17.5 million euros was signed by our Institute Director Prof. Hubert Lakner and Dr. Thomas Morgenstern, Managing Director of Globalfoundries Dresden. Marking the largest industrial project since its existence, the collaboration also distinguishes Fraunhofer IPMS as the most important research and development partner of Globalfoundries in Dresden. Further strengthening the 13-year partnership, the project will be the focus of joint work for the next two and a half years.

A joint doctoral program with 16 young scientists has been established and the Königsbrücker Street clean-room location has been equipped with new 300mm wafer processing facilities to meet the technological challenges. The Federal Ministry of Education and Research (BMBF) is supporting Fraunhofer IPMS within the Research Fab Microelectronics Germany (FMD) funding framework.

11.  
APR

### FRAUNHOFER IPMS UND GLOBALFOUNDRIES STARTEN NÄCHSTE CHIP-GENERATION

Unter dem Dach der europäischen Förderung IPCEI (Important Project of Common European Interest) entwickeln Globalfoundries und das Fraunhofer IPMS im Rahmen des gemeinsamen Forschungsprojektes »EMMA« innovative Materialien, Prozesse und Bauelemente für die Energiespartechnologie Fully Depleted Silicon On Insulator (FD-SOI). Diese Transistorart wird vor allem für die Bereiche »Internet of Things« und Automotive sowie in der Medizintechnik, Logistik und Luft- und Raumfahrt benötigt, da hier zukünftig besonders robuste und energieeffiziente Lösungen benötigt werden.

Am 11. April 2018 unterzeichneten Dr. Thomas Morgenstern, Geschäftsführer Globalfoundries Dresden und Institutsleiter Prof. Hubert Lakner einen Forschungsvertrag mit einem Forschungs- und Entwicklungsvolumen in Höhe von 17,5 Millionen Euro. Dieses für das Fraunhofer IPMS seit Bestehen größte Industrieprojekt untermauert die bedeutende Rolle als wichtigster Forschungs- und Entwicklungspartner von Globalfoundries Dresden. Es wird die seit 13 Jahren bestehende Partnerschaft weiter stärken und bildet den Schwerpunkt der gemeinsamen Arbeit für die kommenden zweieinhalb Jahre.

Um die technologischen Herausforderungen bewältigen zu können, wurde sowohl ein gemeinsames Doktorandenprogramm mit 16 Nachwuchswissenschaftler/innen eingerichtet als auch der Reinraum am Standort Königsbrücker Straße mit neuen 300-mm-Wafer-Prozessanlagen ausgestattet. Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unterstützt das Fraunhofer IPMS dabei im Rahmen der Förderung für die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD).



## FRAUNHOFER IPMS ERÖFFNET INSTITUTSTEIL AN DER BTU IN COTTBUS

Am 19. April 2018 hat das Fraunhofer IPMS feierlich mit rund 80 Gästen aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft seinen neuen Institutsteil »Integrated Silicon Systems«, kurz Fraunhofer IPMS-ISS, am Zentralcampus der BTU Cottbus-Senftenberg eröffnet. Die Arbeiten im neuen Institutsteil, der von Dr. Sebastian Meyer geleitet wird, wurden bereits zu Beginn dieses Jahres aufgenommen und umfassen das Geschäftsfeld »Monolithisch Integrierte Aktor- und Sensorsysteme« (MAS) sowie die Arbeitsgruppe »Terahertz-Mikromodule und -Applikationen«.

Die Veranstaltung wurde von Prof. Jörg Steinbach, Präsident der BTU, eröffnet. Danach sprachen Dr. Martina Münch, Wissenschaftsministerin des Landes Brandenburg, und Fraunhofer-Präsident Prof. Reimund Neugebauer ihre Grußworte. Im Anschluss stellte Prof. Harald Schenk in einem kurzen Vortrag den Institutsteil - dessen Historie und zukünftige Ausrichtung - näher vor und übergab das Wort an Peter Krause, Vice President der First Sensor AG, für seinen Gastvortrag zum Thema »Trends in der Sensorik«.

Prof. Schenk, der Inhaber der Professur Mikro- und Nanosysteme an der BTU Cottbus-Senftenberg ist, hatte die Zusammenarbeit zwischen BTU Cottbus-Senftenberg und Fraunhofer IPMS mit dem Aufbau der Projektgruppe »Mesoskopische Aktoren und Systeme« (MESYS) vor Ort in Cottbus im Jahr 2012 initiiert. Der gemeinsame Weg wurde vom Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes Brandenburg MWFK sowie der BTU Cottbus-Senftenberg unterstützt und weiterhin begleitet.

19.  
APR

## FRAUNHOFER IPMS OPENS REMOTE DEPARTMENT AT THE BTU IN COTTBUS

On 19. April 2018, Fraunhofer IPMS ceremoniously opened its new "Integrated Silicon Systems" (Fraunhofer IPMS-ISS) branch at the central campus of the Brandenburg University of Technology (BTU) Cottbus-Senftenberg. Approximately 80 guests from politics, science, and industry were on hand for the celebration. Led by Dr. med. Sebastian Meyer, work encompassing the Monolithic Integrated Actuator and Sensor Systems (MAS) business unit and the Terahertz Micro Modules and Applications research group commenced at the beginning of this year.

Officially opened by Prof. Jörg Steinbach, President of the BTU, Dr. Martina Münch, Minister of Science for the State of Brandenburg and Fraunhofer President Prof. Reimund Neugebauer gave welcome greetings. Prof. Harald Schenk provided a short presentation of the institute's history and future and then gave the floor to Peter Krause, Vice President First Sensor Corp. for his "Trends in Sensor Technology" guest lecture.

Prof. Schenk, who currently retains the Micro- and Nanosystems professorship at the BTU Cottbus-Senftenberg, initiated the cooperation between the BTU campus and Fraunhofer IPMS in 2012 with the establishment of the "Mesoscopic Actuators and Systems (MESYS)" project group on site in Cottbus. Our common path has been and continues to be supported by the Ministry of Science, Research, and Culture (MWFK) of the State of Brandenburg and the Brandenburg University of Technology Cottbus-Senftenberg.



### PROF. LAKNER HONORED WITH FRAUNHOFER MEDAL

In honor of his merits, Fraunhofer IPMS Director Prof. Hubert Lakner was awarded the Fraunhofer medal by the Board of Executives. Fraunhofer President Prof. Reimund Neugebauer presented the medal during the Annual Conference focusing on artificial intelligence in Berlin, where three other Joseph von Fraunhofer prizes for outstanding scientific achievements in solving application-related problems as well as the Association for the Promotion of Science in Germany prize were awarded. Joining Prof. Neugebauer as speakers were Prof. Dr. Helge Braun (Federal Chancellery Minister), Anja Karliczek (Federal Minister of Education and Research), and Steffen Krach (State Secretary for Science and Research in the Berlin Senate).

Before taking over management of the institution in 2003, Prof. Lakner was instrumental in shaping the history of the Fraunhofer IPMS since its 1992 founding as a section of the Fraunhofer IMS.

Created for the occasion marking the 200th birthday of Joseph von Fraunhofer on 6. March 1987, the Fraunhofer Medal is adorned with Fraunhofer's portrait on the front and a view of his birthplace of Straubing on the back.

15.  
MAI

### PROF. LAKNER MIT FRAUNHOFER-MEDAILLE GEEHRT

Eine besondere Ehrung wurde dem Institutsleiter des Fraunhofer IPMS, Prof. Hubert Lakner, am 15. Mai 2018 zuteil: In Anerkennung seiner Verdienste wurde ihm auf Beschluss des Fraunhofer-Vorstands die Fraunhofer-Medaille verliehen. Überreicht wurde ihm die Medaille vom Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft Prof. Reimund Neugebauer anlässlich der Fraunhofer-Jahrestagung mit dem thematischen Fokus »künstliche Intelligenz« in Berlin, bei der gleichzeitig drei Joseph-von-Fraunhofer-Preise für hervorragende wissenschaftliche Leistungen bei der Lösung anwendungsnaher Probleme sowie der Preis des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft verliehen wurden. Neben Prof. Neugebauer traten Bundeskanzleramtsminister Prof. Dr. Helge Braun, die Bundesministerin für Bildung und Forschung Anja Karliczek und der Staatssekretär für Wissenschaft und Forschung im Senat von Berlin Steffen Krach als Redner auf.

Prof. Lakner hat die Geschicke des Fraunhofer IPMS seit der Gründung als Institutsteil des Fraunhofer IMS im Jahr 1992 an maßgeblichen Stellen mitgeprägt, bevor er 2003 die geschäftsführende Leitung des Instituts übernahm.

Die Fraunhofer-Medaille wurde am 6. März 1987 anlässlich des 200. Geburtstages von Joseph von Fraunhofer entworfen. Die Vorderseite ziert das Portrait Fraunhofers, die Rückseite eine Ansicht seiner Geburtsstadt Straubing.

PROF. NEUGEBAUER, PRESIDENT OF THE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, AND PROF. HUBERT LAKNER PICTURED DURING THE AWARD OF THE FRAUNHOFER-MEDAL.

STATE SECRETARY OF THE MINISTRY FOR EDUCATION AND RESEARCH (BMBF), DR. GEORG SCHÜTTE, CHAIRMAN OF FRAUNHOFER GROUP FOR MICROELECTRONICS, PROF. DR. HUBERT LAKNER, DEPUTY DIRECTOR CEA TECHNOLOGY, JEAN-FRÉDÉRIC CLERC, DIRECTOR GENERAL OF THE FRENCH MINISTRY FOR UNIVERSITIES, RESEARCH AND INNOVATION, ALAIN BERETZ, (V.L.T.R.).



---

## FRAUNHOFER UND LETI UNTERZEICHNEN KOOPERATIONSVEREINBARUNG

---

Im Rahmen des sechsten Deutsch-Französischen Forschungsforums am 1. Juni 2018 haben das französische Forschungsinstitut CEA Leti und der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik eine Kooperationsvereinbarung unterzeichnet.

Das Abkommen dient dazu, zentrale Schlüsseltechnologien im Bereich Mikroelektronik gemeinsam zu stärken. Hierzu zählen Silizium-basierte Technologien für die nächsten Generationen von CMOS-Prozessen und -Bauelementen, einschließlich Design, Simulation, Prozess- und Materialentwicklung, deren Produktionstechnologien, erweiterte More-than-Moore-Technologien für Sensorik- und Kommunikationsanwendungen sowie fortschrittliche Aufbau- und Packaging-Technologien.

Zusätzlich wird das Abkommen durch bilaterale Treffen und weitere Kooperationen auf europäischer Ebene unterstützt. Die Zusammenarbeit ist zunächst bis Ende 2022 vereinbart.

01.  
JUN

---

## FRAUNHOFER AND LETI SIGN COOPERATION AGREEMENT

---

As part of the sixth German-French Research Forum on June, 1<sup>st</sup> 2018 the French research institute CEA Leti and the Fraunhofer Group for Microelectronics have signed an agreement of cooperation to jointly strengthen central key technologies in the field of microelectronics.

These include silicon-based technologies for the next generation of CMOS processes and components along with design, simulation, process and materials development, production technologies, advanced More-than-Moore technology for sensor and communications applications as well as advance setup and packaging technologies.

Initially intended to run until the end of 2022, the agreement will be supported by bi-lateral meetings and further cooperation at the European level.



FRAUNHOFER IPMS PRESENTED A VARIETY OF ACTIVITIES  
GEARED TOWARD CHILDREN AND FAMILIES.

IN FUTURE SO-CALLED HEARABLES COULD TAKE OVER  
THE COMPLETE INTERNET COMMUNICATION.

### HIPERSOUND ENDOWMENT PROJECT APPROVED

Virtual personal assistants using natural language and speech recognition (Alexa, Echo, Siri) are increasingly becoming part of our lives. Great market demand and penetration are expected for these so-called "Internet of Voice" services over the next five years. If the hardware continues to be miniaturized to the point that it can be comfortably worn in the ear canal, intelligent earphones or headphones with additional functionality, so-called Hearables, could take over the complete internet communication. In a June 11, 2018 meeting, the executive board of the Fraunhofer Future Foundation approved the first phase of the HiperSound project until June 2019 to the volume of 2.4 million euros. The project aims to develop functions and facilitate lower power consumption for the rapidly growing Hearables market as well as support the successful application of Fraunhofer IPMS MEMS loudspeaker technology.

Meant to pave the way for leadership in both performance and cost-efficiency in the field of highly integrated micro loudspeakers for the Hearables market, the project aims to generate a pre-series production-ready micro-speaker for the ear canal, including control and firmware. This premise is based on Fraunhofer IPMS nano-e-drive-technology, which for the first time enables miniaturized "all silicon MEMS speakers" to use the volume of a silicon chip to generate sound. The Fraunhofer Future Foundation supports such self-research projects with particular market relevance and demand dynamics in order to quickly transfer research results to technology-oriented companies via licensing agreements.

11.  
JUN

### STIFTUNGSPROJEKT HIPERSOUND BEWILLIGT

Persönliche Sprachassistenten (wie Alexa, Echo oder Siri) werden mehr und mehr Teil unseres Lebens. Für diese sogenannten »Internet of Voice«-Dienste werden in den kommenden fünf Jahren eine große Nachfrage und Marktdurchdringung erwartet. Intelligente Ohr- bzw. Kopfhörer mit zusätzlichen Funktionen, sogenannte Hearables, könnten dabei die komplette Internetkommunikation übernehmen, wenn es gelingt, die dafür benötigte Hardware soweit zu miniaturisieren, dass sie bequem im Gehörgang getragen werden kann. Um die Schallwandler mit einer hohen Integration von akustischen, sensorischen und informationstechnischen Funktionen sowie geringer Leistungsaufnahme für den rasch wachsenden Markt der Hearables zu entwickeln und eine erfolgreiche Verwertung der MEMS-Lautsprecher-Technologie des Fraunhofer IPMS zu ermöglichen, hat der Vorstand der Fraunhofer-Zukunftstiftung in seiner Sitzung am 11. Juni 2018 die erste Phase des Projekts HiperSound bis Juni 2019 mit einem Volumen von 2,4 Millionen Euro bewilligt.

Das Projekt strebt einen vorserienfertigungstauglichen Mikrolautsprecher im Gehörgang einschließlich Ansteuerung und Firmware an und soll den Weg für Performance- und Kostenführerschaft im Bereich hochintegrierter Mikrolautsprecher für den Markt der Hearables ebnen. Grundlage ist die Nano-E-Drive-Technologie des Fraunhofer IPMS, die erstmalig miniaturisierte »All-Silicon-MEMS-Speaker« ermöglicht, indem das Volumen eines Silizium-Chips zur Schallerzeugung genutzt wird. Die Fraunhofer-Zukunftstiftung fördert Eigenforschungsvorhaben, die eine besondere Marktrelevanz und Nachfragedynamik erwarten lassen, um schnell Forschungsergebnisse über den Weg der Lizenzierung an technologieorientierte Unternehmen zu verwerten.



---

## 800 GÄSTE ZUR DRESDNER LANGEN NACHT DER WISSENSCHAFTEN

---

Am 15. Juni 2018 besuchten rund 800 Gäste das Fraunhofer IPMS zur Dresdner Langen Nacht der Wissenschaften. Das Feedback, das vor Ort gegeben wurde, war durchweg positiv - alle waren voll auf begeistert. Ein toller Erfolg für alle 80 freiwilligen Kolleginnen und Kollegen, die ein großartiges Programm mit Führungen, Mitmachaktionen, Fachausstellungen und Vorträgen auf die Beine gestellt haben. Alle Stationen waren wieder bis weit nach 23 Uhr voll ausgelastet. Insbesondere die Reinraum-Führungen kamen wieder sehr gut an und waren bis spät in die Nacht komplett ausgebucht.

Das Fraunhofer IPMS hatte erstmalig seit vier Jahren wieder die eigenen Räumlichkeiten für die breite Öffentlichkeit geöffnet, nachdem es in den Vorjahren mit einer kleineren Ausstellung als Gastaussteller im Hörsaalzentrum der Technischen Universität Dresden an der Langen Nacht der Wissenschaften teilgenommen hatte. Beim Heimspiel 2018 auf der Maria-Reiche-Straße unter dem Motto »Von 18 bis 1 macht jeder Science« konnten nun Globalfoundries und Bosch Sensortec als Mitaussteller gewonnen werden. Gemeinsam mit den Branchennachbarn präsentierten wir vor allem für Kinder und Familien vielseitige Mitmachaktionen, darunter ein Gewinnspiel-Parcours mit Fragen und Antworten rund um das Thema Mikroelektronik.

15.  
JUN

---

## 800 GUESTS TO DRESDEN LONG NIGHT OF SCIENCE

---

Fraunhofer IPMS hosted around 800 guests during the Dresden Long Night of Science event held on 15. June 2018. On-site feedback was overwhelmingly positive, marking a great success for our 80 volunteer colleagues who put together a fantastic program made up of guided tours, hands-on activities, trade exhibitions, and informative lectures. All stations were once again well visited and fully utilized until well after 11 p.m. Tours of the cleanroom were again very popular and completely booked until very late in the night.

After having participated as a guest presenter in a smaller exhibition in the central lecture hall of the Dresden University of Technology in previous years, Fraunhofer IPMS opened its own premises to the general public on the Dresden Long Night of Science. Globalfoundries and Bosch Sensortec participated as co-exhibitors at our Maria-Reiche-Street home location under the "Everyone does science from 6 'til 1" motto. Together with our industry associates we presented a variety of activities geared toward children and families, including a contest course with questions and answers on the subject of microelectronics.



PARTICIPANTS OF THE FIRST WELCOME DAY  
GET TO KNOW EACH OTHER.

### WELCOME ON BOARD!

As our institute grows, so does the number of new hires. The department of Human Resources Development & Recruiting therefore holds one-day orientation events for new employees at regular intervals. Onboarding is essential for new colleagues in order to quickly feel at home at Fraunhofer IPMS and to start work smoothly.

The new "Welcome Day" format kicked off on 7<sup>th</sup> August 2018. Apprentices, students, career beginners and experienced professionals received multitudes of information on Fraunhofer IPMS and its individual departments. In addition to the exchange of information and expertise motivation and networking played an important role. Participants were given the chance to finish off the day in a relaxed and informal atmosphere during the Afterwork@IPMS evening event.

07.  
AUG

### WILLKOMMEN AN BOARD!

Mit dem Wachstum des Instituts hat auch die Zahl der Neueinstellungen stark zugenommen. In regelmäßigen Abständen führt die Abteilung Human Ressource Development & Recruiting daher eintägige Veranstaltungen für neue Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter durch, welche die Orientierung für alle erleichtern soll. Damit sich die neuen Kolleginnen und Kollegen schnell am Fraunhofer IPMS wohlfühlen und gut in die neue Arbeitswelt starten können, ist uns ein strukturiertes Onboarding besonders wichtig.

Der Auftakt für das neue Format »Welcome Day« fand am siebten August 2018 statt. Auszubildende, Studierende, Berufseinsteiger und Berufserfahrene erhielten im Rahmen dieser Veranstaltung zahlreiche Informationen zum Fraunhofer IPMS und seinen einzelnen Abteilungen. Neben dem Informations- und Wissensaustausch standen auch Motivation und Networking auf dem Plan. Am Abend bestand die Möglichkeit, den Tag gemeinsam beim Afterwork@IPMS ausklingen zu lassen.



THE TOPIC OF BACK HEALTH STRUCK A NERVE.



### ERSTER GESUNDHEITSTAG AM FRAUNHOFER IPMS

Das Fraunhofer IPMS schützt seine Mitarbeitenden nicht nur vor Gefahren, sondern unterstützt sie auch mit vielfältigen Angeboten und Maßnahmen für einen gesunden Lebens- und Arbeitsstil.

Im Rahmen des betrieblichen Gesundheitsmanagements fand am 16. August 2018 ein Gesundheitstag am Fraunhofer IPMS statt. Im Fokus standen die beiden Themenbereiche »Gesunder Rücken – Starker Rücken« und »Nur kein Stress«. Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter nutzten die zahlreichen Angebote, wie Back-Check, Muskeltonus-Messung, Physio-Workshop oder Sportkurse (Yoga und Pilates), und informierten sich intensiv über gesundheitliche Themen und gesunde Lebensweisen. Vorträge und persönliche Beratungstermine durch die Betriebsärztin rundeten das Angebot ab. Den zweiten Teil des Gesundheitstages ließen die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter am Citybeach sportlich bei Beachvolleyball, Biathlonschießen, Tischtennis und Tischkicker ausklingen.

16.  
AUG

### FIRST FRAUNHOFER IPMS HEALTH DAY

Fraunhofer IPMS not only protects its staff against hazards, but also provides voluntary programs to maintain and improve its employees health.

Within the scope of company health management, the first "Health Day" was held at the Fraunhofer IPMS on 16<sup>th</sup> August 2018. The event featured dual "Healthy Back-Strong Back" and "No Stress at All" themes. Employees took advantage of numerous offers and were intensively informed about health issues and healthy lifestyles. The topic of back health struck a nerve, with appointments for back checks, muscle tone measurement, and physio workshops being booked out shortly after invitations to the event were sent. Sport courses, such as yoga and pilates, were also popular. Health Day also provided the opportunity to attend informative lectures and visit the company doctor for personal consultation. For the second part of "Health Day" employees gathered at Citybeach to enjoy beach volleyball, biathlon shooting, ping pong, and football.



PROF. SCHENK PAYS TRIBUTE TO PROF. LAKNER FOR HIS ACHIEVEMENTS.

AT THE OPENING CEREMONY OF THE FIRST FMD INTEGRATION LINE: PROF. MATTHIAS KLEINER, PRESIDENT OF THE LEIBNIZ ASSOCIATION; PROF. GEORG ROSENFELD, FORMER MEMBER OF THE BOARD OF THE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT; PROF. HUBERT LAKNER, CHAIRMAN OF THE STEERING COMMITTEE OF THE RESEARCH FAB MICROELECTRONICS GERMANY; AND DR. MICHAEL MEISTER, PARLIAMENTARY UNDERSECRETARY AT THE FEDERAL MINISTRY OF EDUCATION AND RESEARCH (BMBF), F.L.T.R.

### “MICROELECTRONICS 2020+, QUO VADIS” FESTIVE COLLOQUIUM

Professor Lakner has been Managing Director of the Fraunhofer IPMS since January 2003. He also holds the Optoelectronic Devices and Systems professorship in the faculty of Electrical Engineering and Information Technology at the Dresden University of Technology. Since January 2011, Prof. Lakner has also been Chairman of the Fraunhofer Group for Microelectronics VμE Board of Directors.

On 20. September 2018, a festive colloquium on “Microelectronics 2020+, quo vadis” was held in honor of Prof. Lakner. Numerous high-ranking guests from business, science and politics gathered to hear specialist lectures and view an accompanying trade exhibition. In addition to important industry partners and sponsors, distinguished guests included Saxon State Minister for Science and Arts Dr. Maria Stange, Ministerial Director of the Federal Ministry of Education and Research Prof. Wolf-Dieter Lukas, and Dresden University of Technology Rector Prof. Hans Müller-Steinhagen.

20.  
SEP

### FESTKOLLOQUIUM »MICROELECTRONICS 2020+, QUO VADIS«

Seit Januar 2003 ist Professor Lakner der geschäftsführende Institutsleiter des Fraunhofer IPMS. Parallel dazu hat er die Professur für Optoelektronische Bauelemente und Systeme an der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universität Dresden inne. Zudem ist Prof. Lakner seit Januar 2011 Vorsitzender des Direktoriums des Fraunhofer-Verbundes Mikroelektronik VμE.

Zu Ehren von Prof. Lakner fand am 20. September 2018 ein Festkolloquium zum Thema »Microelectronics 2020+, quo vadis« statt. Zu Fachvorträgen und einer begleitenden Fachausstellung fanden sich zahlreiche hochrangige Gäste aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik ein. Darunter waren neben Vertretern wichtiger Industriepartner und Fördergeber die Sächsische Staatsministerin für Wissenschaft und Kunst Dr. Eva-Maria Stange, der Ministerialdirektor des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF Prof. Wolf-Dieter Lukas sowie der Rektor der Technischen Universität Dresden Prof. Hans Müller-Steinhagen.



---

### INNOVATION DAY DER FORSCHUNGSFABRIK MIKROELEKTRONIK DEUTSCHLAND

---

Am 27. und 28. September 2018 fand die erste Auflage des Innovation Day der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland mit großem Erfolg und durchweg positiver Resonanz am Fraunhofer IZM in Berlin statt. Am ersten Tag hatten die knapp 150 Veranstaltungsteilnehmer die Möglichkeit, sich in Vortrags-Sessions zu autarken Mikrosystemen, LiDAR und Industrie 4.0 über die neuesten technologischen Beiträge der FMD zu informieren sowie mit Experten und Anwendern direkt vor Ort auszutauschen. In der begleitenden Fachausstellung rund um das Veranstaltungsthema »Smart Micro Systems« untermalten die FMD-Mitgliedsinstitute ihr Technologie-Know-how mit visuellen Highlights und auf die Vorträge abgestimmten Demonstratoren.

Über 50 Industriefirmen und Partner nahmen am Innovation Day 2018 teil. Das Fraunhofer IPMS präsentierte sich zu den Themen LiDAR, drahtlose Kommunikation für autarke Mikrosysteme und zu strukturierter drahtloser Sensorik/Aktorik im Maschinenbau.

Am zweiten Tag erfolgte im feierlichen Rahmen mit hochrangigen Vertretern aus Politik, Wissenschaft und Wirtschaft die Inbetriebnahme einer ersten FMD-Integrationslinie. Den Gästen wurden filmische Einblicke auf den aktuellen Stand des Modernisierungsfortschritts aller 13 FMD-Mitgliedsinstitute gewährt und somit der Zusammenschluss der bundesweiten Mikro- und Nanoelektronikforschung veranschaulicht.

---

### RESEARCH FAB MICROELECTRONICS GERMANY INNOVATION DAY

---

The first edition of the Research Microelectronics Germany (FMD) Innovation Day was held on 27. and 28. September 2018 at the Fraunhofer IZM in Berlin with great success and overwhelmingly positive response. The first day provided nearly 150 participants the opportunity to access information about the latest FMD technological contributions in lecture sessions on self-sufficient microsystems, LiDAR, and Industry 4.0 as well as the chance to speak directly with experts and users. In the "Smart Micro Systems" event exhibition, FMD member institutes supplemented their technological know-how with visual highlights and lecture-oriented demonstrators.

More than 50 industry firms and partners participated in the 2018 Innovation Day event. Fraunhofer IPMS presented itself on the topics of LiDAR, wireless communication for autonomous microsystems, and structured wireless sensor technology/actuating elements in mechanical engineering.

The first FMD integration line was commissioned in a festive atmosphere on the second day before high-ranking representatives from politics, science and industry. Illustrating the merger of nationwide micro- and nanoelectronics research, guests were given cinematic insights into the current status of the modernization progress of all 13 FMD member institutes.

28.  
SEP



### FRAUNHOFER PROJECT CENTER OPENED IN ERFURT

On 19. October 2018, the Fraunhofer Project Hub "Microelectronic and Optical Systems for Biomedicine (MEOS)" was ceremoniously opened in Erfurt, Thuringia. Distinguished guests included Wolfgang Tiefensee – Thuringian Minister of Economy, Science and Digital Society, Prof. Reimund Neugebauer – President of the Fraunhofer Society, and Prof. Hubert Lakner – Chairman of the Project Hub Steering Committee and Managing Director of the Fraunhofer IPMS. First insights into the future laboratories were also given.

In the future, the three Fraunhofer institutes for Photonic Microsystems (IPMS), Applied Optics and Precision Mechanics (IOF), and Cell Therapy and Immunology (IZI) will conduct joint research work on new biomedical applications and systems in close cooperation with industry at the Project Hub. The collaboration aims to bundle core competences for interdisciplinary exploitation. With its research infrastructure, established companies, and proximity to universities in Erfurt, Ilmenau and Jena, the Erfurt Project Hub location is an important success factor.

Start-up funding of 20 million euros for the first scientific projects will be spread over five years and equally shared between the Fraunhofer Society and the Free State of Thuringia. Equally shared investment amounting to 15 million euros will be used to develop and equip the new Project Hub. Afterwards, the Project Hub will be perspectivevly included in the federal and state funding of the Fraunhofer Society.

19.  
OKT

OPENING CEREMONY OF THE NEW FRAUNHOFER-HUB "MICROELECTRONIC AND OPTICAL SYSTEMS FOR BIOMEDICINE" (MEOS) IN ERFURT. V.L.T.R.: PROF. ULRIKE KÖHL, DIRECTOR OF THE FRAUNHOFER IZI, PROF. FRANK EMMRICH, DIRECTOR FRAUNHOFER IZI, PROF. HUBERT LAKNER, CHAIRMAN OF THE STEERING COMMITTEE OF THE PROJECT CENTER AND DIRECTOR OF THE FRAUNHOFER IPMS, PROF. REIMUND NEUGEBAUER, PRESIDENT OF THE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT, WOLFGANG TIEFENSEE, THURINGIAN MINISTER OF ECONOMY, SCIENCE AND THE DIGITAL SOCIETY, CARSTEN SCHNEIDER, MEMBER OF THE FEDERAL PARLIAMENT, PROF. ANDREAS TÜNNERMANN, DIRECTOR OF THE FRAUNHOFER IOF, WALTER ROSENTHAL, PRESIDENT OF THE FRIEDRICH-SCHILLER-UNIVERSITY JENA.

### FRAUNHOFER-PROJEKTZENTRUM IN ERFURT ERÖFFNET

Am 19. Oktober 2018 wurde das Fraunhofer-Projektzentrum »Mikroelektronische und Optische Systeme für die Biomedizin« (MEOS) in Thüringen am Standort Erfurt feierlich in Anwesenheit des Thüringischen Ministers für Wirtschaft, Wissenschaft und Digitale Gesellschaft, Wolfgang Tiefensee, des Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Reimund Neugebauer sowie des Vorsitzenden des Lenkungskreises des Projektzentrums und geschäftsführenden Institutsleiters des Fraunhofer IPMS, Prof. Hubert Lakner, eröffnet. Auch erste exklusive Einblicke in die zukünftigen Labore wurden gewährt.

Zukünftig forschen am Projektzentrum die drei Fraunhofer-Institute für Photonische Mikrosysteme IPMS, Angewandte Optik und Feinmechanik IOF sowie Zelltherapie und Immunologie IZI gemeinsam und in enger Zusammenarbeit mit der Wirtschaft an neuen biomedizinischen Anwendungen und Systemen. Der Zusammenschluss soll Kernkompetenzen bündeln und interdisziplinär verwerten. Der Standort Erfurt trägt mit seiner Forschungsinfrastruktur, den angesiedelten Unternehmen und seiner Nähe zu den Hochschulen in Erfurt, Ilmenau und Jena als wichtiger Erfolgsfaktor dazu bei.

Die Anschubfinanzierung von 20 Millionen Euro verteilt auf fünf Jahre für erste wissenschaftliche Projekte übernehmen die Fraunhofer-Gesellschaft und der Freistaat Thüringen gemeinsam zu gleichen Teilen. Ebenfalls zu gleichen Teilen werden die Investitionen in Höhe von 15 Millionen Euro für den Ausbau und die Ausstattung des neuen Projektzentrums getragen. Danach soll das Projektzentrum perspektivisch in die Bund-Länder-Finanzierung der Fraunhofer-Gesellschaft aufgenommen werden.



---

## GLOBALFOUNDRIES, FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT UND NEXT BIG THING GRÜNDEN START-UP

---

Das Internet of Things schafft enorme Impulse für Geschäftsideen in allen Branchensegmenten. Doch vielen kreativen und innovativen IoT-Startups fehlt oft die Bandbreite, um die richtigen technischen Lösungen zu finden. Um kleinen und mittleren Unternehmen einen unkomplizierten Zugang zu hochmoderner IoT-System-on-a-Chip-Technologie für die Entwicklung anwendungsfertiger Module zu ermöglichen, haben Institute des Fraunhofer-Verbands Mikroelektronik, darunter das Fraunhofer IPMS, gemeinsam mit Globalfoundries und der Next Big Thing AG, Europas führendem Company Builder im Bereich Internet der Dinge und Blockchain, die Sensry GmbH gegründet. Das Unternehmen, das am 20. November 2018 ins Handelsregister eingetragen wurde, bietet seinen Kunden Zugang zu hochintegrierten, stromsparenden und kostengünstigen Sensorsystemen auf Basis von Globalfoundries 22FDX®-Technologie. Damit ermöglicht es die problemlose Nutzung zukunftsweisender Systemarchitekturen und Fertigungsmethoden auch für Prototypen und Kleinserien in Verbindung mit modernsten Aufbau- und Packaging-Technologien. Das von Sensry angebotene »Baukastenprinzip« bietet zudem ein Höchstmaß an Flexibilität durch eine modulare Bauweise. Im Ergebnis erhalten die Kunden jeweils einen maßgeschneiderten Sensorknoten mit flexibler kundenspezifischer Ausstattung an Sensoren und Kommunikationslösungen.

Sensry ist aus dem vom Freistaat Sachsen und der Europäischen Union geförderten Verbundprojekt USeP (Universelle Sensor-Plattform) hervorgegangen, in dem ein Verbund aus sächsischen Fraunhofer-Instituten gemeinsam mit Globalfoundries Dresden arbeitet. Ziel des mit Next Big Thing gegründeten Start-ups ist es, die Projektergebnisse zu vermarkten.

20.  
NOV

---

## GLOBALFOUNDRIES, FRAUNHOFER AND NEXT BIG THING FOUND START-UP

---

The Internet of Things creates enormous impulses for business ideas in all industry segments. But, many creative and innovative IoT start-ups often lack the bandwidth to find the right technical solutions. In order to offer start-ups and SMEs uncomplicated access to state-of-the-art IoT system-on-a-chip technology to build ready-to-use modules, Fraunhofer IPMS together with institutes of the Fraunhofer Group for Microelectronics, Globalfoundries, and Next Big Thing AG (Europe's leading company builder in the field of Internet of Things and Blockchain) has founded Sensry GmbH. Recorded in the Commercial Register on 20. November 2018, the spin-off offers its customers access to highly-integrated, energy-efficient and cost-effective sensor systems based on Globalfoundries 22FDX® technology. It thus enables the problem-free use of trend-setting system architectures and manufacturing methods also for prototypes and small series in connection with most modern assembly and packaging technologies. The Sensry "modular design principle" offers maximum flexibility, providing each customer a customized sensor node with individually tailored sensor and communication solutions.

Sensry is the result of the joint USeP (Universal Sensor Platform) project, funded by the Free State of Saxony and the European Union, in which a consortium of Saxon Fraunhofer institutes works together with Globalfoundries Dresden. Founded with Next Big Thing, the Sensry start-up aims to market the project results.

ANWENDUNGEN UND GESCHÄFTSFELDER

# APPLICATIONS AND BUSINESS UNITS







SCANNING GRATING MODULE FOR USE IN A QUANTUM CASCADE LASER SYSTEM FOR MID-INFRARED SPECTRAL ANALYSIS.

OPTICAL SCAN HEAD OF A 3D-TIME-OF-FLIGHT CAMERA WITH INTEGRATED MEMS SCANNING MIRROR ARRAY.

### ACTIVE MICROOPTICAL COMPONENTS AND SYSTEMS

The business unit AMS carries out research and develops active microoptical components and systems. One of our core competences is the development of customer-specific electrostatically driven, resonant and quasi-static scanning micromirrors as well as the advancement of BSOI-based processes for their manufacturing.

Applications range from reading barcode and data code, through 3D metrology, and right up to laser projection and spectroscopy. The internet platform [www.micromirrors.com](http://www.micromirrors.com) was introduced, allowing customers to define and order micro-scanners that are suitable for their specific applications.

Furthermore, the AMS research group "Smart Microoptics" (SMO) is working on the design and implementation of new and "smarter" components as alternatives to traditional silicon or silicon oxide based microoptical components. In doing so, the focus lies on the research and development of variable waveguide devices and tunable micro-lenses with liquid crystals and electroactive polymers on silicon with application specific designs.

At AMS high expertise exists in modelling, simulation, design and layout, BSOI-based micromachining processes, wafer-level and single-die characterization as well as packaging and system design. AMS's portfolio is complemented by the development of customer-specific driver electronics (hardware and software) and the provision of evaluation kits.

### AKTIVE MIKROOPTISCHE KOMPONENTEN UND SYSTEME

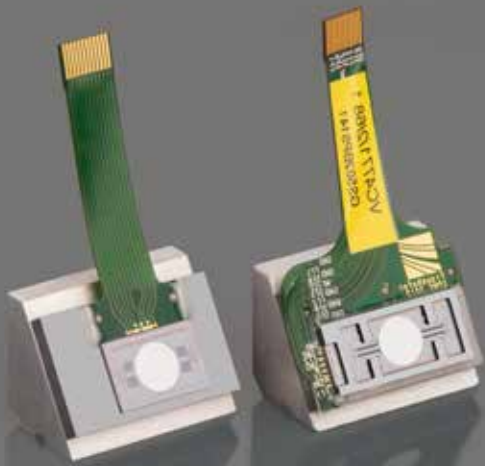
Das Geschäftsfeld AMS erforscht und entwickelt aktive mikrooptische Komponenten und Systeme. Eine unserer Kernkompetenzen ist die Entwicklung kundenspezifischer elektrostatisch angetriebener, resonanter und quasistatischer Mikros scanner-Spiegel sowie die Weiterentwicklung BSOI-basierter Prozesstechnologien zu deren Herstellung.

Die Anwendungsbreite erstreckt sich von Strichcode-Lesesystemen über die 3D-Messtechnik bis hin zur Laserprojektion, Spektroskopie und Fokuslagenmodulation. Interessenten haben die Möglichkeit, über die Internetplattform [www.micromirrors.com](http://www.micromirrors.com) kundenspezifische Scanner schnell und kostengünstig für ihre Evaluierung zu beziehen.

Darüber hinaus hat sich die AMS-Gruppe »Smart Microoptics« auf die Erforschung und Entwicklung von anwenderspezifischen variablen Wellenleitern und adaptiven Mikrolinsen bestehend aus Flüssigkristallen und elektroaktiven Polymeren inklusive der Herstellung auf Siliziumbasis spezialisiert.

Das AMS-Team verfügt über langjährige Erfahrungen und Sachkompetenz in der Modellbildung, Simulation, dem Design und Layout, Charakterisierung und Montage von kundenspezifischen Bauelementen und Systemen. Das Portfolio wird ergänzt durch die Entwicklung von kundenspezifischer Treiberelektronik (Hardware und Software) und der Bereitstellung von Evaluierungs-Kits.





DR. JAN GRAHMANN

---

## MIKROSCANNERSPIEGEL FÜR MEDIZINISCHE UND INDUSTRIELLE ANWENDUNGEN

---

Mikroscanner aus einkristallinem Silizium sind dank ihres großen Potenzials für die Miniaturisierung und Massenfertigung optischer Systeme für die Industrie zunehmend interessant. Neben dem Einsatz in der Entfernungssensorik (LiDAR) und Spektroskopie finden diese auch Anwendung in der Bildgebung für den medizinischen Bereich. Dabei zeichnen sich die Spiegel vor allem durch ihre Langlebigkeit, Vibrations- und Temperaturstabilität sowie eine integrierte Positionssensorik aus.

Über 50 unterschiedlichste MEMS-Scanner wurden dabei in den letzten Jahren am Fraunhofer IPMS entwickelt, deren Scan-Frequenzen sich je nach Einsatzgebiet von 0,1 – 100 kHz erstrecken können. Dadurch reichen die praktischen Anwendungsbeispiele von Fourier-Transform Spektrometern über hochauflösende LiDAR-Systeme für autonomes Fahren und Robotersensorik und ultrakompakte Projektionssysteme für den mobilen Bereich bis hin zur medizinischen Bildaufnahme bzw. -wiedergabe.

Im Jahr 2018 hat das Fraunhofer IPMS in einem Kundenprojekt einen speziellen Mikrospiegel entwickelt, der im Bereich der Augendiagnostik eingesetzt werden soll. Zielsetzung des Projekts ist die Vereinfachung und Automatisierung des Sehtests sowie die Steigerung der Quantifizierbarkeit der Sehtestparameter. Die Fraunhofer IPMS-Spiegel werden hierbei für die Laserprojektion von Optotypen (Sehzeichen) verwendet. Diese müssen mit höchster Auflösung projiziert werden, um die beugungsbegrenzte Pixelauflösung des menschlichen Auges von einer halben Winkelminute zu erreichen. Dabei wird ein Sichtfeld von 60 Grad aufgespannt und das Auge simultan vermessen. Zusätzlich werden relevante Parameter für die Auslegung von Sehhilfen bestimmt.

---

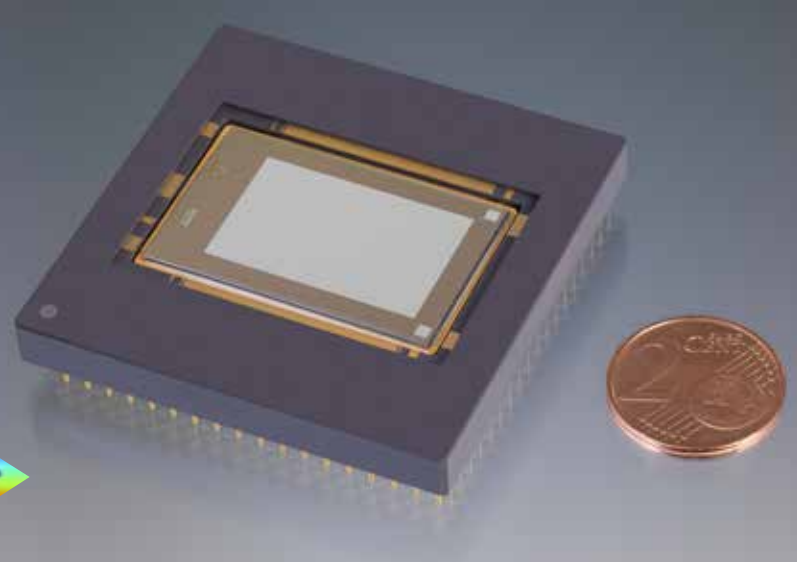
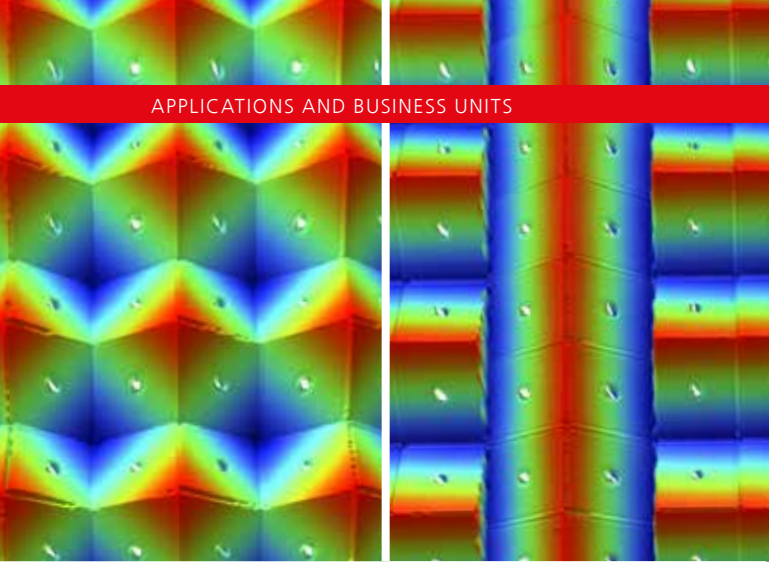
## MICROSCANNER MIRRORS FOR MEDICAL AND INDUSTRIAL APPLICATIONS

---

With a great potential for miniaturization and the mass production of optical systems, monocrystalline silicon microscanners are becoming increasingly interesting to industry. Used in distance sensors (LiDAR), spectroscopy, and medical imaging, these microscanners feature, above all, longevity, vibration and temperature stability, and an integrated position sensor.

In the last few years, more than 50 different MEMS-scanners have been designed and manufactured with application-specific scan frequencies ranging from 0.1 kHz to 100 kHz. Hands-on applications in a variety of industries include Fourier Transform spectrometers, high resolution LiDAR systems for autonomous driving and robot sensor technologies, highly miniaturized projection displays for mobile use, as well as medical image capturing and reproduction.

In a 2018 customer project, Fraunhofer IPMS developed a special micro mirror to be used in the field of ophthalmic diagnostics. The project aims to simplify and automate the vision test while increasing the quantification of test parameters. Fraunhofer IPMS mirrors act in particular to display optotypes using laser projection. For the characters projection, the highest resolution is needed to reach the human eye's diffraction-limited pixel resolution of half an angular minute. By offering a 60-degree field of view, scientists are able to simultaneously measure the eye and obtain relevant parameters for the design of visual aids.



### 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 die Ansteuerelektronik für Spiegelarrays inklusive Software. Die Einzelspiegel können je nach Anwendung individuell gekippt oder abgesenkt werden, so dass ein flächiges Muster entsteht, mit dessen Hilfe zum Beispiel 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. Typische Spiegelabmessungen liegen 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.

PACKAGED 512 X 320 MICRO MIRROR ARRAY.

►► ACTUATOR ARRAY PORTION SURFACE PROFILES WITH ORTHOGONALLY (RIGHT) AND DIAGONALLY (LEFT) DEFLECTED MIRRORS.



DR. MICHAEL WAGNER

## NEUARTIGE 2-KIPPACHSEN-MIKROSPIEGELMATRIX

Am Fraunhofer IPMS wurde über das Jahr 2018 eine neuartige 512 x 320 Mikrospiegelmatrix entwickelt, die aus 2-Achsen-Kippaktuatoren mit 48 µm Spiegelraster besteht und eine analoge Spiegelauslenkung um zwei Kippachsen von bis zu 3,5 Grad in beliebigen Richtungen (»Tip-Tilt«) ermöglicht. Standardabweichungen in den Spiegelauslenkungen kleiner 0,02 Grad werden erreicht. Einzigartig ist die hochintegrierte Implementierung in Oberflächenmikromechanik auf einem funktionalen CMOS-Substrat mit großer Spiegelanzahl. Die elektrostatische Ansteuerung wird durch vier Adresselektroden pro Mikrospiegelement erreicht. Durch Verwendung von Differenzspannungen in X und Y wird eine weitgehend linearisierte Antriebscharakteristik erzielt. Die Spiegel können in beliebige Richtungen ausgelenkt werden. Die pixelweise Adressierung erfolgt durch eine integrierte CMOS-Adressschaltung. Mit einem Fraunhofer IPMS-eigenen CMOS-Prozess können Analogspannungen von bis zu 27 Volt appliziert werden. Für die Dateneinspeisung wurde eine spezielle Antriebselektronik entwickelt, welche die Steuersignale externer Datenquellen verarbeitet. Um eine gleichmäßige analoge Adressierung über die gesamte Matrix zu ermöglichen, wurden Kalibrierroutinen für eine hochpräzise Auslenksteuerung jedes einzelnen Spiegels entwickelt.

Über das vorliegende Bauelement hinaus kann diese Entwicklung als erweiterbare Technologieplattform dienen mit einer Skalierbarkeit im Hinblick auf Pixelanzahl, Pixelgrößen und Auslenkbereiche. Auch eine zukünftige Erweiterung auf kombinierte Kipp-/Hubbewegungen ist möglich, und dies bei moderaten CMOS-Spannungen von bis zu 27 Volt. Die Spiegelmatrixtechnologie kann perspektivisch insbesondere dort genutzt werden, wo eine schnelle, hochauflösende und flexibel programmierbare Lichtsteuerung mit hoher Lichteffizienz Vorteile bringt.

## NOVEL TIP-TILT MICRO MIRROR ARRAYS

In 2018 we have developed a novel 512 x 320 micro mirror array consisting of 2-axis-tip-tilt actuators at 48 µm pitch, allowing an analog, pure tip-tilt motion up to 3.5 degrees in arbitrary directions with standard deviations of deflection of better than 0.02 degrees. The highly integrated implementation with surface MEMS on CMOS and large mirror count is outstanding and unique. Electrostatic actuation is achieved by four underlying address electrodes. By using differential voltages in X and Y a widely linearized drive characteristics is obtained and the mirrors can be deflected in arbitrary directions. Pixelwise addressing is established by the underlying integrated CMOS address circuitry. Employing an Fraunhofer IPMS in-house CMOS process analog voltages up to 27 Volt can be applied. For data feed-in a specific drive electronics has been developed performing all necessary data pre-processing from an external source. To enable a highly uniform analog addressing across the entire array a dedicated calibration routine has been developed for a precise deflection control of each individual mirror.

Beyond the actual device this development may serve as an extendable technology platform offering scalability not only in pixel count, but also in pixel size and deflection range as well as a future potential inclusion of piston movement, all at moderate CMOS voltages up to 27 Volt. The mirror matrix may well serve for various fields of applications, especially wherever fast and flexible programmable light steering with high light efficiency is preferred over spatial light filtering having significant losses.



### ENVIRONMENTAL SENSING

The Environmental Sensing (ENV) business unit researches and develops sensory parts, components and subsystems for measuring various physical and chemical parameters, such as the pH value or resonant frequency change of an acoustic transducer. Underlying Fraunhofer-developed micro-sensors are used to develop customer-specific devices for the detection and evaluation of environmental conditions. Components including silicon-based solid-state sensors, ultrasound transducers, and photonic sensors and modulators are being specially developed at Fraunhofer IPMS throughout the functional pattern, prototype status and pre-series phases. The spectrum of application ranges from food monitoring, water and soil analysis, industrial metrology and security, to medical technology. In addition, the ENV business unit provides feasibility studies and test measurements as well as characterization of sensory elements and systems.

Field-specific know-how includes extensive knowledge of the manufacture of MEMS components, characterization, performance assessment, and operating point appropriateness for each respective application. The business unit uses state-of-the-art, high-precision micro-assembly equipment, allowing for the accurate placement of parts in single-digit micrometer areas. Spectral characterization tools (e.g. different spectrometer types from NIR to FTIR, spectrographs, monochromator with integrating sphere, FFT-analyzer, Raman microscope) and acoustic measurement technology (laser acoustic microscope up to 2 MHz) are used to determine component characteristics. On this basis, it is possible, for example, to build state-of-the-art miniature optical spectrometers ( $6 \times 6 \times 10 \text{ mm}^3$ ) for integration into modern smartphones.

### ENVIRONMENTAL SENSING

Das Geschäftsfeld »Environmental Sensing« (ENV) erforscht und entwickelt sensorische Bauelemente, Komponenten und Subsysteme für die Messung unterschiedlicher physikalischer und chemischer Parameter, wie den pH-Wert oder die Resonanzfrequenzänderung eines akustischen Wandlers. Die zugrundeliegenden am Fraunhofer IPMS entwickelten Mikro-Sensoren finden Ihre Anwendung in kundenspezifischen Geräteentwicklungen zur Erfassung und Auswertung von Umgebungszuständen. Dazu werden eigens am Fraunhofer IPMS entwickelte Bauelemente als Festkörpersensoren, Ultraschallwandler, photonische Sensoren und Modulatoren auf Siliziumbasis vom Funktionsmuster bis in den Prototypenstatus und zur Vorserie entwickelt. 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 hochpräzises Mikromontage-Equipment, welches Platzierungsgenauigkeiten von Bauelementen im einstelligen Mikrometerbereich erlaubt. Daneben werden spektrale Charakterisierungstools (z.B. verschiedene Spektrometertypen NIR bis FTIR, Spektrographen, Monochromator mit Ulbrichtkugel, FFT-Analyzer, Ramanmikroskop) und akustische Messtechnik (Laserakustisches Mikroskop bis 2 MHz) zur Bestimmung der Bauelement-Charakteristiken eingesetzt. Auf dieser Grundlage ist es zum Beispiel möglich, modernste optische Mini-Spektrometer ( $6 \times 6 \times 10 \text{ mm}^3$ ) für die Integration in moderne Smartphones aufzubauen.



SOLID STATE BASED PH-MEASUREMENT.

►► HYBRID CONFIGURATION OF ISFET-PH-SENSORS WITH CHIP-BASED REFERENCE ELECTRODE, TEMPERATURE SENSOR AND CONDUCTIVITY SENSOR.



DR. SEBASTIAN MEYER

---

### IONENSITIVE FELDEFFETTTRANSISTOREN (ISFET) FÜR DIE PH-MESSUNG

---

Seit vielen Jahren werden am Fraunhofer IPMS erfolgreich ionensensitive Feldeffekttransistoren (ISFET) für die hochpräzise pH-Messung in flüssigen Medien entwickelt. In 2018 ist es gelungen, erste Versuchsmuster einer festkörperbasierten, stoffumsatzfreien Referenzelektrode herzustellen. Damit ist es möglich, miniaturisierte pH-Messsysteme aufzubauen. Neben der kompakten Bauform bietet die Technologie zahlreiche Vorteile im Vergleich zum Stand der Technik, bei dem Referenzelektroden mit einer Silber/Silberchlorid/Chlorid-Elektrode, die in einer 3M KCl Lösung über ein Diaphragma mit dem Messmedium in Kontakt steht, zum Einsatz kommen. ISFET-Systeme sind weitestgehend druckunempfindlich, langlebig, gut in Mikrofluidiksysteme integrierbar, mechanisch robust, für Langzeitmessungen geeignet, benötigen wenig Energie, sind unschädlich für den Einsatz in Lebensmittel und Medizintechnikprodukten und wartungsfreundlich.

Im Jahr 2018 hat das Forscherteam zunächst einen Prototypen für die Messung unterschiedlicher pH-Puffer- und Testlösungen mit eingeschränktem pH-Bereich von pH=4-7 entwickelt und auf der »Analytica« in München, der »Sensor und Test« in Nürnberg sowie der Sensors Expo in San Jose, USA in Kombination mit einem Leitfähigkeits- und Temperatursensor der Fachöffentlichkeit mit außerordentlich positiver Resonanz vorgestellt. Zukünftige Weiterentwicklungen der Materialien, den Schichtoberflächen und -grenzflächen zielen darauf ab, die Systeme schneller und unempfindlich gegenüber Prozessen der Sterilisierung und Reinigung (Cleaning in Process (CIP)) zu machen. Mögliche Anwendungen sind die pH-Messung im Blut während einer Operation, die Beurteilung der Wasserqualität in Badegewässern, die Überwachung von Bioreaktoren, die Steuerung von Düngeprozessen oder die Schweißanalyse für Leistungstests bei Sportlern.

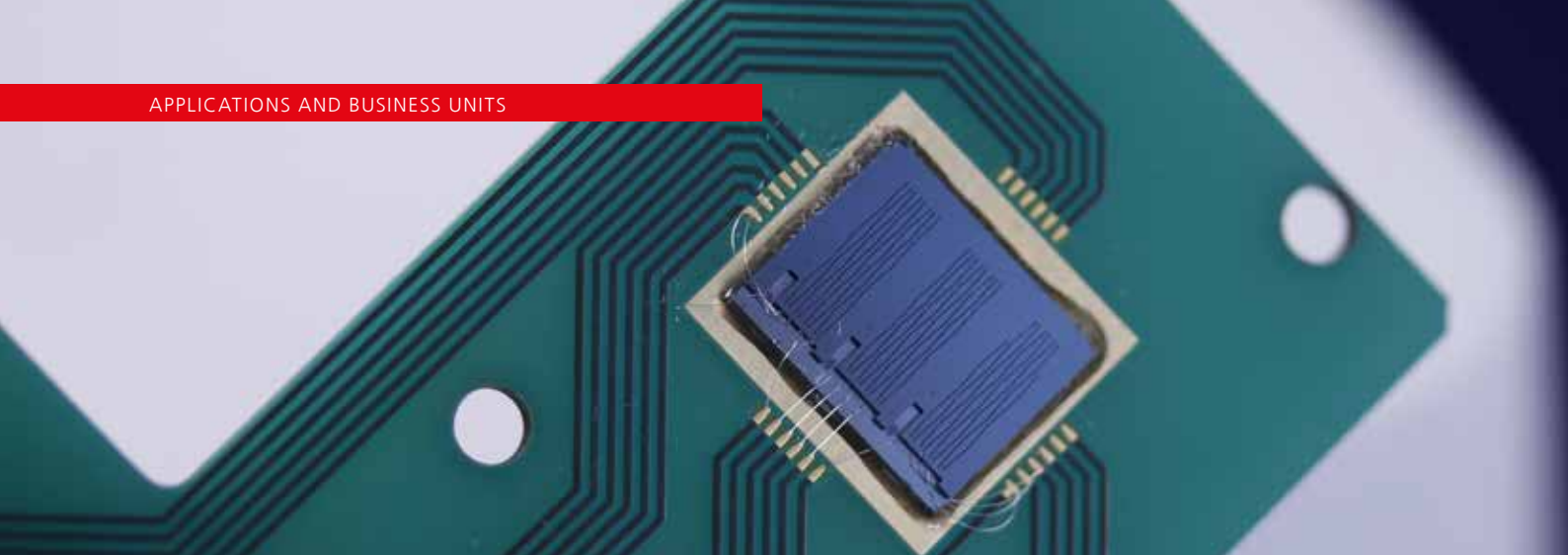
---

### ION-SENSITIVE FIELD-EFFECT TRANSISTORS (ISFET) FOR PH MEASUREMENT

---

Fraunhofer IPMS has successfully developed ion-sensitive field-effect transistors (ISFETs) for high-precision pH measurements in liquid media for many years. In 2018, we were able to produce initial experimental samples of a solid-based, substance-free reference electrode. In addition to the compact design, the technology provides numerous advantages in comparison to the current state of the art, using a silver/silver chloride/chloride reference electrode which is in contact with the measurement medium via a diaphragm in a 3M KCl solution. Requiring little energy, ISFET systems are largely pressure insensitive, durable, easily integrated into micro-fluidic systems, mechanically robust, suitable for long-term measurements, easy to maintain, and harmless for safe use in food and medical products.

In 2018, the Fraunhofer IPMS research team developed a prototype for measuring various pH buffer and test solutions with a pH range of 4-7 and successfully presented it together with a conductivity and temperature sensor to the professional public at the 2018 Analytica (Munich), Sensor and Test (Nuremberg), and Sensors Expo (San Jose, USA) events. Further developments in materials as well as coating top and boundary surfaces aim to make systems faster and less sensitive to sterilization and cleaning (CIP -Cleaning in Process) processes. Possible applications include pH measurement in blood during surgery, quality assessments in swimming waters, monitoring of bioreactors, fertilization process control, and sweat analysis for athlete performance testing.



### MONOLITHIC INTEGRATED ACTUATOR AND SENSOR SYSTEMS

Under the leadership of Conrad Holger, the sixth business area of the Fraunhofer IPMS „Monolithic Integrated Actuator and Sensor Systems“ (MAS) was founded in January 2018. MAS will introduce newly developed “Nano e-drive” (NED) micro-actuators to different applications. NED actuators make it possible to design active microsystems that were previously unattainable with conventional electrostatic micro-actuators. In the past, the controlled, actively variable curvature of micro-beams and micro-plates could only be achieved with thermo-mechanical or piezoelectric actuators. NED actuators now facilitate electrostatic bending transducers with decisive advantages. Electrostatic actuators can be produced using pure CMOS processes, are compliant with the EU RoHS directive, and have a high dynamic range. Due to a comparatively low capacity, only small reactive currents flow, providing systems with energy-efficient driver circuits and facilitating low power consumption. This makes NED actuators more attractive than alternative techniques for the deformation and movement of micro-components, and presents a definitive advantage in the commercial exploitation of the new microsystem.

In 2018, the current use of NED actuators in micro speakers, micro pumps, and valves, became the subject of development projects for the micro-positioning of MEMS untypical long travel paths within the chip level, prompting the start of micro-lens positioning and development projects for low-frequency distance detecting and gesture control ultrasonic transducers. It is the goal of all development efforts to determine the full potential of NED actuators and the possibility of new fundamental applications.

### MONOLITHISCH INTEGRIERTE AKTOR- UND SENSORSYSTEME

Im Januar 2018 wurde das sechste Geschäftsfeld des Fraunhofer IPMS »Monolithisch integrierte Aktor- und Sensorsysteme« (MAS) unter Leitung von Holger Conrad gegründet. MAS soll die neu entwickelten »Nano e-drive« (NED) Mikroaktoren in verschiedene Anwendungen bringen. NED-Aktoren ermöglichen Designs von aktiven Mikrosystemen, die mit herkömmlichen elektrostatischen Mikroaktoren nicht realisierbar sind. Eine gesteuerte, aktiv veränderbare Krümmung von Mikrobalken und -platten war bisher nur den thermomechanischen oder piezoelektrischen Aktoren vorbehalten. Mit NED-Aktoren werden nun auch elektrostatisch krümmbare Biegeumformer möglich, die nach dem Bimorph-Prinzip arbeiten. Mit entscheidenden Vorteilen: Denn elektrostatische Aktoren können mit reinen CMOS-Prozessen hergestellt werden, sind konform zur RoHS-Verordnung der EU und verfügen über einen hohen Dynamikbereich. Durch eine vergleichsweise geringe Kapazität fließen nur geringe Blindströme, was energieeffiziente Treiberschaltungen und geringe Leistungsaufnahme der Systeme ermöglicht. Dies macht NED-Aktoren für die Deformation und Bewegung von Mikrobauteilen gegenüber alternativen Techniken attraktiv und stellt einen entscheidenden Vorteil in der kommerziellen Verwertung des damit realisierten Mikrosystems dar.

Zu dem bisherigen Einsatz der NED-Aktorik in Mikrolautsprechern, Mikropumpen und -ventilen wurden in 2018 Entwicklungsprojekte für die Mikropositionierung mit für MEMS untypisch großen Stellwegen innerhalb der Chipenebene, die Positionierung von Mikrolinsenarrays und Entwicklungsprojekte für niederfrequente Ultraschallwandler zur Abstandsdetektion und Gestensteuerung begonnen. Ziel aller Entwicklungen ist es herauszufinden, wie die NED-Aktoren ihr volles Potenzial entfalten können und welche grundlegend neuen Anwendungen damit ermöglicht werden.

FIRST GENERATION OF ALL-SILICON MEMS SPEAKERS  
WITH 3 CHIP FIELDS IN A ROW.



HOLGER CONRAD

### ALL-SILICON MIKROLAUTSPRECHER

Durch die Verbreitung smarter Lautsprecher und Ohrhörer erleben wir heutzutage einen Boom der audio-basierten Internetdienste. Sogenannte Hearables - Kleinstcomputer, die im Gehörgang getragen werden und mit Drahtloschnittstellen und einer großen Anzahl von Sensoren ausgestattet sind - sollen sowohl eine gute Klangqualität bieten als auch wenig Strom verbrauchen und in großen Stückzahlen kostengünstig hergestellt werden können. Die heute verfügbaren Kleinstlautsprecher erfüllen diese hohen Anforderungen nicht.

Die vom MAS-Team des Fraunhofer IPMS im Jahr 2018 entscheidend weiterentwickelten MEMS-Mikrolautsprecher haben das Potenzial, den Markt der Hearables, Hörgeräte und In-Ear-Headsets entscheidend zu bereichern. Sie basieren auf der »Nano-e-drive« (NED)-Aktorik und werden in reinem Silizium hergestellt. Eine Vielzahl lateral auslenkbarer Biegewandler verdrängt das Volumen innerhalb eines Siliziumchips so, dass ein akustischer Druck am Auslass der Mikrochips entsteht. Die All-Silicon-Mikrolautsprecher des Fraunhofer IPMS nutzen also das Volumen des Chips anstatt einer Membran für die Schallerzeugung.

In 2018 wurde die MEMS-Lautsprechertechnologie auf die neue 200-mm-Wafer-Prozesslinie des Fraunhofer IPMS erfolgreich übertragen. Eine erste Generation des NED-basierten Mikrolautsprechers wurde an mehreren Mustern charakterisiert. Reproduzierbare Schalldrücke von bis zu 82 dB und Klirrfaktoren kleiner als sechs Prozent innerhalb eines Übertragungsbereichs von sechs Oktaven wurden im Ohrsimulator gemessen. Das Ziel des Entwicklungsprojektes »Hipersound« (siehe Seite 28) ist die Bereitstellung von Schalldrücken bis zu 100 dB, Klirrfaktoren kleiner als ein Prozent sowie Übertragungsbreiten von 20 Hz bis 20 kHz bei sehr geringen Chipflächen.

### ALL SILICON MICRO LOUDSPEAKERS

Audio-based internet services are booming due to the proliferation of smart loudspeakers and earphones. So-called Hearables – miniature computers that are worn in the ear canal and equipped with wireless interfaces and a large number of sensors- are designed to provide good sound quality, consume less power, and to be inexpensively produced in large quantities. Micro-speakers available today, do not meet these high requirements.

Significantly enhanced by the Fraunhofer IPMS MAS team in 2018, MEMS micro loudspeakers have the potential to definitively enrich the Hearables, hearing-aid and in-ear headsets market. MEMS micro loudspeakers are based on the Nano e-drive (NED) system and are made of pure silicon. A large number of laterally movable bending transducers suppresses the volume within a silicon chip to create acoustic pressure at the chip's outlet. Thus, the Fraunhofer IPMS all-silicon micro loudspeakers use the volume of the chip instead of a membrane to generate sound.

In 2018, the MEMS loudspeaker technology was successfully transferred to the new Fraunhofer IPMS 200mm wafer process line. A first generation of the NED-based micro loudspeakers has been characterized by several patterns. Reproducible sound pressures of up to 82 dB and distortion factors of less than 6 percent within a transmission range of 6 octaves were measured in the ear simulator. The HiperSound development project (see page 28) aims to provide sound pressure levels of up to 100 dB, distortion factors of less than 1 percent and transmission bandwidths from 20 Hz to 20 kHz using very small chip areas.



### 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 (Light Fidelity – 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 provide the basis to develop user-specific value-added services. These services include 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 (Light Fidelity – 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 Technologieknoten für passive Sensortransponder sind LF, HF, NFC und UHF. Fokussiert wird sich auf Antennendesign, kundenspezifische Hochfrequenz-ASICs, Sensorintegration und vernetzte RFID-Plattformen mittels OPC-UA. Die Entwicklungen der Li-Fi-Technologie teilen sich in Docking- und Hotspot-Lösungen für Datenraten von wenigen 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 bieten die Grundlage für nutzerspezifische Forschungsdienstleistungen. Dies sind beispielsweise Ortung von Assets in der Fertigung, elektronische Losbegleitscheine und Fertigungsoptimierung, Personaleinsatzplanung und vorbeugende Wartung von Equipment.





NOVEL DESIGN OF LI-FI GIGADOCK® DATA LINK, DEVELOPED IN 2018.

►► LI-FI GIGADOCK® HIGH-SPEED DATA LINK.



DR. FRANK DEICKE

---

## LI-FI - HIGH SPEED DATENÜBERTRAGUNG

---

Das Fraunhofer IPMS entwickelt seit Jahren Li-Fi-Technologien für die unterschiedlichsten Anwendungen und Echtzeitanforderungen. Neben dem Li-Fi GigaDock®, das im Hinblick auf die Übertragung auf kurze Strecken mit sehr hohen Datenraten (10 cm, bis 12,5 Gbit/s) und sehr geringen Latenzzeiten entwickelt wurde, werden auch sogenannte Li-Fi HotSpot-Module entwickelt. Diese zeichnen sich durch lange Übertragungsstrecken bis zu 30 Metern und größere Abdeckungsbereiche aus. Echtzeitanforderungen können auch mit diesen Modulen erreicht werden. Messungen in einem Multipunkt-zu-Multipunkt-Szenario haben gezeigt, dass eine Datenrate von bis zu 549 Mbit/s realisiert und Latenzen von durchschnittlich 800 µs erreicht werden können. Typische Anwendungen mit solchen Latenzanforderungen sind der Stream von Video- und Audiodateien sowie Virtual und Augmented Reality-Anwendungen oder die Maschine-zu-Maschine-Kommunikation. Messungen in einer Profinet Testumgebung zeigten, dass die Li-Fi HotSpots kompatibel zur Klasse A, des offenen Industrial Ethernet-Standards Profinet sind und eine stabile und fehlerfreie Datenübertragung gewährleisten.

Um interessierte Unternehmen mit der Li-Fi-Technologie des Fraunhofer IPMS vertraut zu machen, führte das WMS-Team an mehreren Terminen im Jahr 2018 eintägige Workshops mit Vertretern der Industrie durch. Dabei wurde demonstriert, wie sichere und störungsfreie Unternehmensnetzwerke mit Li-Fi erweitert oder sogar ersetzt werden und dennoch hohe Datenraten erreicht werden können. Durch eigene Versuche und mit Hilfe von Demo-Kits konnten die Teilnehmer testen, welche Distanzen, Datenraten und Verbindungskonfigurationen mit Li-Fi möglich sind. Im Jahr 2019 wird das erfolgreiche Seminarangebot fortgesetzt.

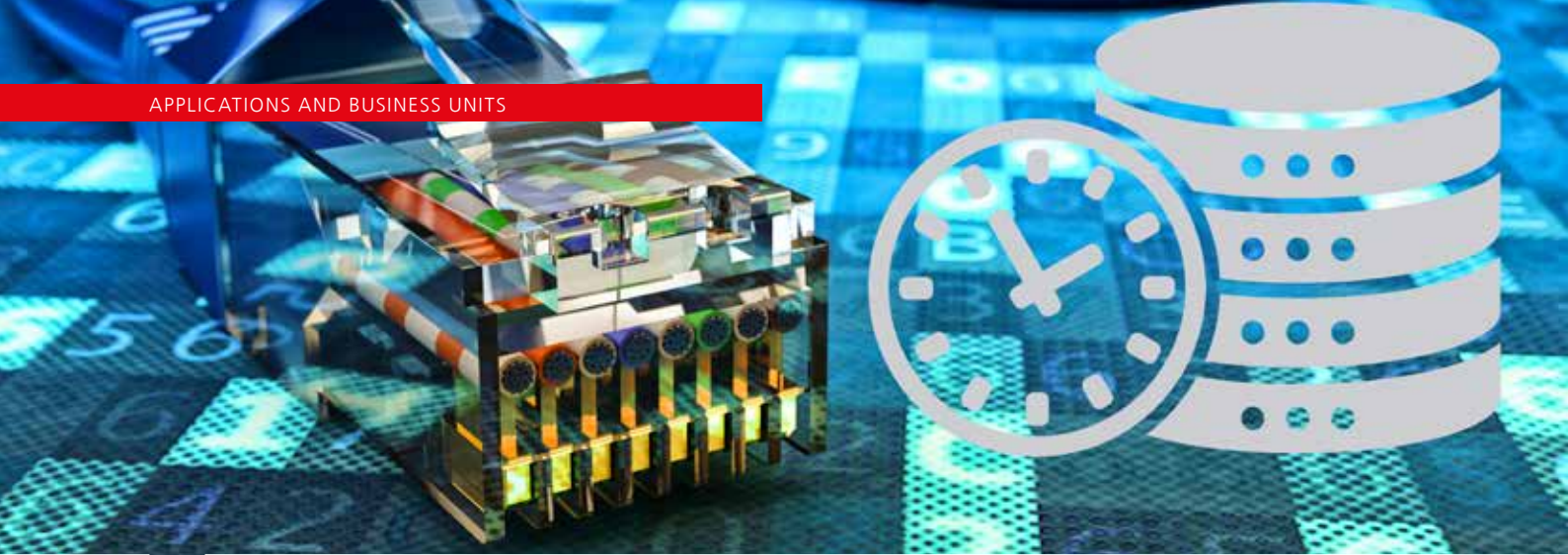
---

## HIGH SPEED DATA TRANSMISSION IN REAL TIME

---

Fraunhofer IPMS has been developing Li-Fi for technologies for a wide range of applications and real-time requirements for years. In addition to the Li-Fi GigaDock®, created for the purpose of short range transmission with very high data rates (10 cm to 12.5 Gbit/s) and very low latency times, so-called Li-Fi HotSpot modules with longer transmission distances of up to 30 meters and larger coverage areas are also being developed. Real-time requirements can also be achieved with these modules. Measurements in a multipoint-to-multipoint scenario have shown that a data rate of up to 549 Mbp/s and average latencies of 800 µs can be realized. The streaming of audio or video files, as well as virtual augmented reality applications and machine-to-machine communication are typical applications with such latency requirements. Measurements in a Profinet test environment have shown Li-Fi HotSpots to be compatible to Class A of the open industrial Ethernet Profinet standard and able to ensure stable and error-free data transmission.

In order to familiarize interested companies with Fraunhofer IPMS Li-Fi technology, the WMS team held several one-day workshops with industry representatives throughout the 2018 calendar year. Demonstrations illustrated how to securely, and with no interference, extend or even replace corporate networks with Li-Fi and still facilitate high rates of data. With their own individual experiments and the help of demo kits, workshop participants could test the distances, data rates and connection configurations possible with Li-Fi. The successful seminar program will be continued in 2019.



### TSN IP CORE MAKING DEVICES FIT FOR REAL-TIME ETHERNET

Fraunhofer IPMS has developed a TSN IP Core for the simplified implementation of endpoints in TSN-capable Ethernet networks. Time-Sensitive Networking now allows timed and deterministic transmission of critical real-time messages via standard Ethernet hardware across the network.

Developed in the seventies, Ethernet technology today is an open standard which has found its way into many automated industrial environments. According to the current standard, however, data packets cannot be consistently transmitted in real time, requiring specific real-time fieldbuses to still be used as before. Because these fieldbuses rely on special hardware support, they are not compliant with the IEEE 802.1 and 802.3 network technology standards, preventing optimal vertical and horizontal integration. In addition, parallel real-time fieldbuses within a network infrastructure often negatively influence each other. Developers at the Fraunhofer Institute are convinced that TSN will make it possible to transmit prioritized and real-time capable data streams throughout the entire network. The joint transmission of real-time and normal Ethernet communication will lead to completely new approaches for the convergence of production and IT networks in the future.

The synchronization of time is an important TSN element, as deterministic data delivery demands that all devices throughout the network have the same understanding of time as defined in IEEE 802.1AS-rev. Traffic shaping and scheduling enables the parallel transmission of data streams with both soft and hard real-time requirements, as well as so-called best-effort

### TSN IP CORE MACHT GERÄTE FIT FÜR ECHTZEIT-FÄHIGES ETHERNET

Entwickler am Fraunhofer IPMS haben im Jahr 2018 einen TSN IP Core für die vereinfachte Implementierung von Endpunkten in Time Sensitive Networking (TSN)-fähige Ethernet-Netzwerke entwickelt. TSN erlaubt erstmals eine zeitgesteuerte und deterministische Übertragung von echtzeitkritischen Nachrichten über Standard-Ethernet-Hardware über das gesamte Netzwerk.

Die in den siebziger Jahren entwickelte Netzwerk-Technologie Ethernet stellt heute einen offenen Standard dar, der auch in vielen automatisierten industriellen Umgebungen Einzug gefunden hat. Die Datenpakete können allerdings nach heutigem Standard nicht durchgängig in Echtzeit übertragen werden, sodass nach wie vor spezifische Echtzeit-Feldbusse eingesetzt werden. Diese Feldbusse benötigen spezielle Hardwareunterstützung und sind deswegen nicht konform zu den Netzwerktechnik-Standards IEEE 802.1 und 802.3. Das verhindert eine optimale vertikale und horizontale Integration. Zudem beeinflussen sich parallele Echtzeitfeldbusse in einer Netzwerkinfrastruktur häufig gegenseitig negativ. Die Entwickler am Fraunhofer-Institut sind überzeugt, dass es TSN zukünftig ermöglichen wird, Datenströme echtzeitfähig und priorisiert durch das gesamte Netz zu transportieren. Die gemeinsame Übertragung von Echtzeitkommunikation und normaler Ethernet-Kommunikation soll in Zukunft ganz neue Lösungsansätze für die Konvergenz von Produktions- und IT-Netzwerken hervorbringen.

Ein wichtiges Element von TSN ist die Synchronisierung der Zeit, da das gleiche Zeitverständnis aller Geräte im Netzwerk eine Grundvoraussetzung für die deterministische Datenübermittlung ist. Für TSN wird das durch IEEE 802.1AS-rev erreicht. Die parallele Übertragung von Datenströmen mit

THE TSN STANDARD ALLOWS REAL-TIME DATA TRANSMISSION  
OVER ETHERNET.



weichen und harten Echtzeitanforderungen sowie dem sogenannten Best-Effort-Datenverkehr wird durch das Traffic Shaping und Scheduling ermöglicht. Der Standard IEEE 802.1Qav definiert bereits einen Credit-Based Shaper (CBS), der zeitkritische Datenströme gegenüber dem Best-Effort-Verkehr priorisiert. Allerdings existieren beispielsweise in der Automobilindustrie Anwendungen, die geringere Jitter und Latenzen benötigen. Mit dem Teilstandard IEEE 802.1Qbv werden feste zyklische Übertragungsfenster eingerichtet, um die ungehinderte Übertragung entlang des Pfads zu ermöglichen.

Der am Fraunhofer IPMS entwickelte IP Core TSN\_CTRL soll die Implementierung von TSN-fähigen Endpunkten für Netzwerke erleichtern. Der IP Core besteht aus Modulen zur Zeitsynchronisierung, Traffic Shaping sowie einem Ethernet-MAC. Die Paketdaten werden über AXI-Streaming- oder Avalon ST-Schnittstellen mit 8-Bit-Datenbussen ein- und ausgegeben. Der IP Core ist in synthetisierbarem RTL-Quellcode oder als gezielte FPGA-Netzliste verfügbar.

Ein TSN-Netzwerk entfaltet dann seine volle Wirkung, wenn alle Geräte innerhalb der Infrastruktur TSN-fähig sind. Derzeit arbeiten viele verschiedene Hersteller von industriellen Endgeräten und Switches daran, ihre Geräte TSN-fähig zu machen. In sogenannten Plugfests werden die Technologien mit allen Herstellern auf Interoperabilität getestet. Im Laufe des Jahres 2018 hat das Fraunhofer IPMS mehrmals an Plugfests des LNI (Labs Network Industrie 4.0) und des IIC (Industrial Internet Consortiums) teilgenommen, um den IP Core mit den Geräten anderer Hersteller zu testen.

Auf der »Electronica« in München sowie der »SPS IPC Drives« in Nürnberg November 2018 präsentierten die Entwickler des Fraunhofer IPMS TSN-fähige Endgeräte auf Basis des TSN IP-Cores erstmals der Fachöffentlichkeit.

traffic. IEEE 802.1Qav already defines a credit-based shaper (CBS) that prioritizes time-critical data streams ahead of best-effort traffic. However, in the automotive industry, for example, there are applications that require lower jitter and latency. The IEEE 802.1Qbv sub standard establishes criteria for fixed cyclic transmission windows that allow for the unimpeded transmission along the entire path.

Fraunhofer IPMS has developed an IP Core TSN\_CTRL to facilitate the implementation of TSN-capable endpoints for networks. The IP Core consists of modules for time synchronization, traffic shaping, and Ethernet MAC communication. Packet data is imported and exported via AXI streaming or Avalon ST interfaces with 8-bit data buses. The IP Core is available in synthesizable RTL source code, or as a targeted FPGA netlist.

A TSN network is fully effective when all infrastructure devices are TSN-enabled. Many manufacturers of industrial devices and switches are currently working to make TSN-enabled products. Technologies are tested for interoperability at so-called plug fairs. In 2018, Fraunhofer IPMS participated at several LNI (Labs Network Industrie 4.0) and IIC (Industrial Internet Consortium) plug-in fairs to test the IP Core performance with devices from other manufacturers.

Fraunhofer IPMS presented its TSN-capable terminals based on the TSN IP Core for the first time at this year's electronica and SPS IPC trade fair in November 2018.



PROTOTYPE OF A PYROELECTRIC INFRAREDSSENSOR.

300 MM WAFER 3D MIM CAPACITORS.

### CENTER NANOELECTRONIC 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 cleanroom (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 **Energy 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.

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

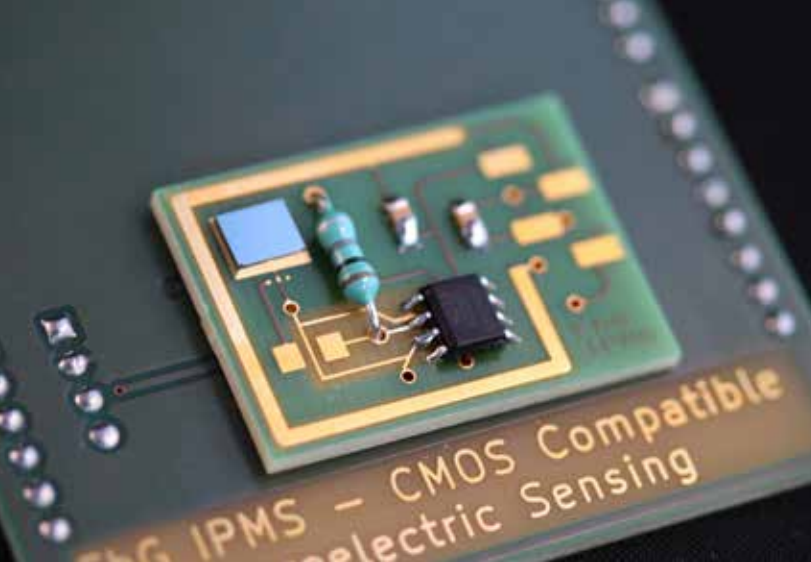
### CENTER NANOELECTRONIC TECHNOLOGIES

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 **Energy 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.

Der Bereich **Technology** 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.

Die Arbeitsgruppe **Non-volatile Memories** (NVM) forscht am 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).



DR. ROMY LISKE

---

## CMOS-KOMPATIBLE PYROELEKTRISCHE ANWENDUNGEN

---

Pyroelektrische Infrarot-(IR)-Sensoren sind heutzutage nicht mehr aus der Medizintechnik, der Feuer-/Flammdetektion, der Prozessmesstechnik und der Gasanalytik wegzudenken. Sie zeichnen sich durch eine hohe technische Performance und breite kommerzielle Verfügbarkeit aus. Limitierend für einen umfassenderen Einsatz wirken sich aber die im Vergleich zu anderen thermischen IR-Sensoren, z.B. Thermopiles, höheren Fertigungskosten aus. Diese sind durch die aufwändige Fertigung aus einer Vielzahl von einzelnen Komponenten bedingt. Die wichtigste Komponente ist das Sensorelement, welches die IR-Strahlung absorbieren und in eine Stromänderung umwandeln muss. Neue Entwicklungen in den Bereichen Materialforschung, Dünnschichttechnologie und Mikrobearbeitung sind deshalb erforderlich, um pyroelektrische Sensoren für den Einsatz im Massenmarkt zu etablieren.

Am Fraunhofer IPMS wurden bereits dotierte Hafniumoxid-Dünnschichten als Alternative entwickelt, die sowohl eine einfache Integration in bestehende Halbleiterfertigungsprozesse als auch die RoHS-Kompatibilität ermöglichen. Das innovative Sensormaterial ist CMOS-kompatibel und aufgrund der Bleifreiheit umweltfreundlich zu gleich. Dieses Materialsystem wird in Sensor- und Energy-Harvesting-Anwendungen eingesetzt, da es einen großen pyroelektrischen Koeffizienten von  $80 \mu\text{C}/\text{m}^2\text{K}$  und eine geringe Dielektrizitätskonstante aufweist. Durch die 3D-Integration des Materials wird die pyroelektrische Reaktion weiter verbessert, wodurch hochempfindliche integrierte Sensorlösungen mit geringem Platzbedarf für neue Geräte ermöglicht werden.

---

## CMOS COMPATIBLE PYROELECTRIC APPLICATIONS

---

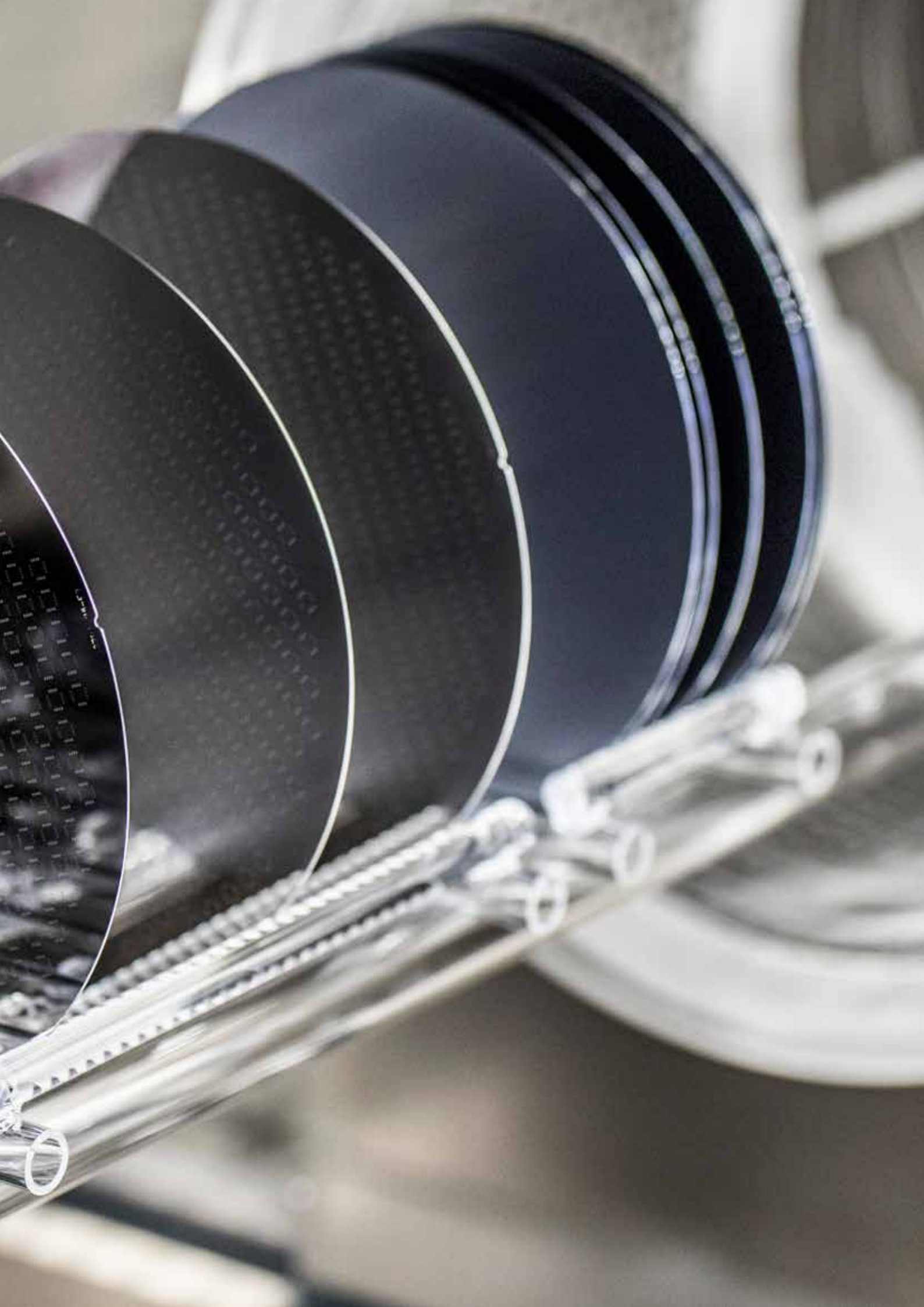
Pyroelectric infrared sensors are essential in a wide range of applications such as medical technology, flame detection, process technology and gas analysis. They are characterized by a high technical performance and wide commercial availability. The limiting factor for a more extensive use are the higher production costs compared to other thermal IR sensors, e.g. Thermopiles. These are due to the complex production of a variety of individual components. The most important component is the sensor element, which must absorb the IR radiation and convert it into a current change. New developments in the fields of materials research, thin-film technology and micromachining are therefore necessary in order to make pyroelectric sensors ready for the mass market.

At Fraunhofer IPMS, doped hafnium oxide thin films have been proposed as an alternative, featuring both easy integration in existing semiconductor manufacturing processes and RoHS compatibility. This sensor material is CMOS compatible and environmentally friendly at the same time. For this lead-free material system, large figures of merit are obtained both in sensor and energy harvesting applications, as it exhibits a large pyroelectric coefficient of  $80 \mu\text{C}/\text{m}^2\text{K}$  and low dielectric permittivity. 3D-integration of the material is used to further enhance the pyroelectric response, enabling highly sensitive integrated sensor solutions with small device footprint.



AUSSTATTUNG UND INFRASTRUKTUR

# EQUIPMENT AND INFRASTRUCTURE



## MEMS TECHNOLOGIEN

## MEMS TECHNOLOGIES

## ENGINEERING

Fraunhofer IPMS offers its customers complete services for the development of micro-electro-mechanical systems (MEMS) and micro-opto-electro-mechanical systems (MOEMS) on 200 mm wafers.

Technological development and support of our MEMS technologies, from individual processes and technology modules up to complete technologies and cleanroom services, are supported by our team of almost 50 engineers, physicists and chemists.

On customer request, we provide pilot manufacturing after successful development or support technology transfer, whereby Fraunhofer IPMS covers the technological readiness levels (TRL) from 3 to 7.

In addition to the development and production of complete MEMS technologies, we provide foundry services for individual process steps including coatings or technology modules such as deep silicon etching. These services are based on our extensive technological competences in surface and bulk micromachining. The combination of these technologies with the existing CMOS know-how is used for the development of monolithic integrated systems in which sensors or actuators are manufactured on top of a CMOS wafer.



DR. MATTHIAS SCHULZE

## 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 200-mm-Wafern.

Die technologische Entwicklung und Betreuung der MEMS-Technologien, von Einzelprozessen über Technologiemodule bis hin zur kompletten Technologie sowie die Betreuung der Anlagen im Reinraum wird durch unser Team mit knapp 50 Ingenieuren, Physikern und Chemikern gewährleistet.

Auf Kundenwunsch übernehmen wir nach der erfolgreichen Entwicklung die Pilotfertigung oder unterstützen einen Technologietransfer, womit das Fraunhofer IPMS die technologischen Reifegrade (TRL) von drei bis sieben abdeckt. Neben der Entwicklung und Fertigung von kompletten MEMS-Technologien stellen wir Foundry-Services für einzelne Prozessschritte wie Beschichtungen oder Technologiemodule, beispielsweise tiefes Siliziumätzen, zur Verfügung. Grundlage für dieses Angebot sind unsere umfangreichen technologischen Kompetenzen auf dem Gebiet der Oberflächen- und Bulkmikromechanik. 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 Ansteuerlektronik in einem Waferprozess hergestellt werden.



## CAPABILITIES 200 MM

Process Area	Specific Application	Equipment Model   Supplier
<b>LITHOGRAPHY</b>		
i-Line	i-Line Lithography for 400 nm L/S	NSR-2205i 14E2   Nikon
	Spin and Spray Coating	SK-80EX   Screen
Contact, Proximity	Double-side Mask Aligner	MA 200 GEN 3   SUSS
	High Topology Spray Coater	EV101   EVG
<b>DEPOSITION, DIFFUSION, OXIDATION, CMP</b>		
PE-CVD	Silicon Oxide as ILD and Sacrificial Layers	
	a-Si:H as Sacrificial Layers	
	Silicon Nitride for Passivation/Membranes	Centura   Applied Materials
	HDP Oxide as ILD and Sacrificial Layers	
LP-CVD	SiGe as Construction Layer	
	Poly-silicon for Trench Fill/Sacrificial Layer	
	Silicon Oxide for Insulator, Membranes	E1550 HT 320-4   Centroterm
PVD Sputtering	Silicon Nitride, Low Stress Silicon Nitride (200 MPa)	
	Al, AlSiCu, Ti, TiN for Interconnects	Sigma 204   SPTS
	Ta, Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , HfO <sub>2</sub> for Chemical Sensors and Barriers	
	Al, TiAl, Al-Alloys for Mirrors and Hinges	CS400S   Von Ardenne
Evaporation	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> for Optical Coatings and Barriers	
	Al, SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PLS 570   Balzers
Atomic Layer Deposition	SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , HfO <sub>2</sub>	P-300   Picosun
	FDTs for Anti-Stiction	MVD 300 Batch Reactor   SPTS
Oxidation	Thermal, SiO <sub>2</sub> (horizontal)	Inotherm
	Thermal, SiO <sub>2</sub> (vertical)	Alpha 8SE   TEL
Rapid Thermal Annealing	Annealing	Heatpuls 8800   OEMgroup
Chemical Mechanical Polishing	Si, SiO <sub>2</sub>	DESICA   Applied Materials
<b>ETCHING / CLEANING</b>		
Dry Etch	Metal etch (Al/Al alloys)	ALLIANCE 9600PTX   LAM
	Dielectrics & Polysilicon Etch (SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , PolySi, a-Si)	
	Dielectrics & Polysilicon Etch (SiO <sub>2</sub> , Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub> , PolySi, a-Si)	Omega fxP   SPTS
	Deep silicon etch	Rapier Modules
Gas Phase Release Techniques	HF-GPE for SiO <sub>2</sub>	MEMS-CET system   Primaxx
	XeF <sub>2</sub> for a-Si	X-SYS-3B:6   Xactix and CVE   SPTS
Wet Etch	Silicon Oxide (NH <sub>4</sub> F-buffered HF)	
	Silicon Nitride (Phosphoric Acid)	Manual wet bench   AP&S
	Aluminum (Phosphoric & Acetic Acid)	
	Anisotropic Si Etch for Grooves, Membranes (TMAH)	

## CAPABILITIES 200 MM (CONT.)

Process Area	Specific Application	Equipment Model   Supplier
<b>CLEANING</b>		
	Wafer Cleaning (SC1, SC2, DHF, RCA)	GigaStep   AP&S
	Nanospray, Brush, Bevel Brush	SS-80BW-AVR   Screen
	Wet Strip (EKC clean)	Cintillio SST   OEMgroup
<b>BONDING &amp; ASSEMBLY</b>		
Wafer Bonding	Direct Bonding of Si/SiO <sub>2</sub> and Adhesive Bonding	BA8 Gen3, SB8, XB8   SUSS
Wafer Dicing	Dicing of Glass-Silicon-Compound	DAD 651   Disco
Packaging	Pick & Place for Chip Assembly	VICO Xtec/Laser   Häcker Automation
	Fineplacer	FEMTO   Finetech
<b>METROLOGY &amp; INSPECTION</b>		
Film Thickness Measurement	Optical Thickness Measurement of Standard Materials	NanoSpec 9100/8000 X   Nanometrics
	In line Reflectance measurement	Lambda Ace RE-3300   Screen n&k Olympian
Scanning Electron Microscope	3D Inspection	JSM-6700F   JEOL
	Analysis SEM with FIB cut	Helios Nanolab 660   FEI
CD-SEM	CD Measurement	Verity Lite   Applied Materials
Atomic Force Microscope	Surface Topology	Nanoscope D3100   Veeco
Ellipsometer	n&k Measurement, Optical Properties	V-VASE (190 ... 1700 nm)   Woollam
White Light Interferometer	Surface Topology	NT8000   Veeco
Defect Measurement	Defect Inspection	Compass Pro   Applied Materials
	Defect Classification	INS3000   Leica

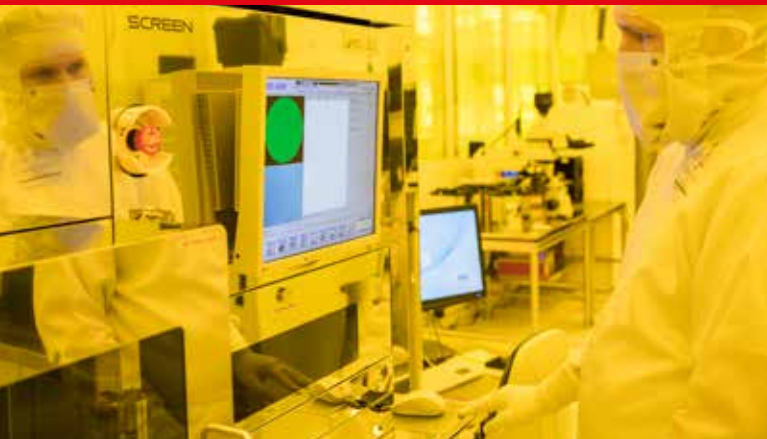
## COMPLETE EQUIPMENT LIST



[www.ipms.fraunhofer.de/de/mems-foundry/equipment](http://www.ipms.fraunhofer.de/de/mems-foundry/equipment)

## CAPABILITIES (CONT.)

Process Area	Specific Application	Equipment Model   Supplier
<b>TEST AND CHARACTERIZATION</b>		
Mixed Signal Testing	176 digital pins (200 MHz), 24 analog pins, 8 HV bus pins, 6 × 52 V/0.2 A supply, 2 × 80 V/20 A supply, various digitizers & generators, wafer size 4", 5", 6", 8", 12"; temperature: -40 ... +125°C	M3670-Falcon/EG4090μ+ Advantest PA300
	72 digital pins (200 MHz), 32 analog pins, 6 × 52 V/0.2 A supply, 51 V/5 A supply, various digitizers & generators, wafer size 4", 5", 6", 8", 12"; temperature: -40 ... +125°C	M3650/EG4090μ/UF3000EX Advantest
Parametric Test System	48 channels, wafer size 4", 5", 6", 8", 12"; temperature: -40 ... +125°C	B1500/EG4090μ/UF3000EX Keysight
	Matrix up to 72 channels, wafer size 6 ... 8", temperature: -40 ... +125°C	S530 basic   Keithley/EG4090μ+
Electro-optical Test System for Micro Displays and Sensors	Color & luminance measurements, DUT images up to 16 MPix wafer size up to 12"; capabilities for bare dies or modules, temperature: -40 ... +125°C	Color Measurement System LMK98-4, F1600C Pike Camera, Spectrometer Jeti Specbos 1211UV   PA300 Cascade Microtech
Sensor Actor Test System for MEMS/MOEMS	Wafer size 8", temperature: 15 ... 125°C, SMU, laser light barriers, frequency counter, switch matrix, up to 72 channels	AP200   Cascade Microtech, changeable chuck-addons for MEMS probing
Optical Inspection	Manual or fully automated image processing	PA200   Cascade Microtech
Non-electrical Test	Up to 20 channels, configurable set points	pH Sensor Tester Fraunhofer IPMS
	-45°C ... 145°C @ (1.4 deg/min) rH controlled	Thermal Calibration Feutron ESPEC
CV Analysis	300 N sine; up to 5000 g pulse	Shock and Vibration LDS, Endevco
	Oxide thickness; flat band voltage; effective oxide charge; average bulk dop.; threshold voltage; Debye length; interface trap density	LF and HF CV
Characterization of Insulator Integrity and Reliability	Relaxation time; minority carrier lifetime; surface scan velocity	TVS; CV BTS
	Breakdown field; Weibull plot; time/charge to breakdown	Eramp and Econst (TDDB)
	Time/charge to breakdown; breakdown voltage; Weibull plot	Jramp; Jconst



THOMAS ZARBOCK

### CLEANROOM AND PILOT-FABRICATION

Fraunhofer IPMS operates a 15,000 square foot cleanroom 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 cleanroom was planned and constructed according to the latest industry standards. With the transition of our process technology to the 200mm wafer standard, 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 department is responsible for operation of the cleanroom. 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. Services offered by the Fabrication Department include: wafer processing; assembly and interconnection technology; and coordination of external (third-party) and supplier services.

To achieve commercial-grade results from chip to integrated system, our Fabrication team of 50 operators, supervisors, technicians and engineers is organized into the following areas of responsibility:

### 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 vielfältige Kooperationsmodelle offen, angefangen von der 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 Umstellung unserer Anlagentechnik auf den 200mm Waferstandard haben wir alle Voraussetzungen, 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 realisiert sie in enger Zusammenarbeit mit den Technologen und Prozessingenieuren der Abteilung »Engineering« die Prozessierung von MEMS und MOEMS. Beginnend mit dem unbearbeiteten Siliziumwafer werden vorgegebene Mikrosysteme und/oder CMOS-Schaltungen (MEMS-on-CMOS) bis hin zum auslieferungsfähigen Bauelement gefertigt und mit den Kollegen der Qualitätsabteilung getestet und charakterisiert. Das Leistungsangebot der Abteilung umfasst die Waferprozessierung, 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 Ingenieuren, das sich in folgende Verantwortungsbereiche gliedert:

200 MM WAFER BOX ZERO FOOTPRINT STOCKER.

►► WAFER PROCESSING IN THE CLEANROOM.



© Copyright: Fabmatics GmbH

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

Innerhalb der Abteilung »Quality & Test« mit ihrer 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 Produktionsplanungs- und Steuerungssystem-integriertes Qualitätsmanagement (ISO 9001:2015) ab, welches, durch engmaschiger Prozessüberwachung, aktive Durchlaufzeitsteuerung und als Dokumentationswerkzeug verwendet, zur hohen Zuverlässigkeit und Liefertreue beiträgt. Im vergangenen Jahr war es uns möglich, im Rahmen der 200mm Erweiterung auch in Automatisierungsmaßnahmen zur Fehlervermeidung und weiteren Standardisierung unserer Pilotfertigungsabläufe zu investieren.

- 24/5 operations (three shifts) incl. process control to ensure stable processes and consistent cleanroom conditions
- Equipment engineering and maintenance
- Production planning and control: to achieve on-time delivery

Our "Characterization & Testing" group within the Quality & Test Department performs all facets of measurement and evaluation of electrical and non-electrical properties of devices produced by our facility. Their responsibilities include the examination of complex MOEMS systems. They measure final performance, quality and yield of sensors, actuators, and digital and analog circuits, before delivery to our customers. In addition to classical electrical test methods, non-electrical (optical measurements and stimulation) methods are used. Our experts cooperate 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 the 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.

To meet quality standards in our high-mix/low-volume fabrication environment, strict production, planning, scheduling and documentation based on an integrated quality management (ISO 9001:2015) are essential for ensuring tight cycle-time and process control necessary for high reliability and on-time delivery. In the past year, we took advantage of the opportunity to invest into automation activities within the 200 mm extension project to support failure prevention as well as further standardize our pilot manufacturing procedures.

### 200 MM EXTENSION COMPLETED

Fraunhofer IPMS has been able to offer R&D services on 200mm since the first quarter of 2018. After an initial parallel operation of 150mm and 200mm, processing on 150mm was discontinued at the beginning of the second quarter. With the exception of a few products already in stock, processing is now exclusively on 200mm.

The first goal was to replicate core technologies and competencies from 150mm to 200mm. Through these core technologies, essential process steps and technology modules such as the etching of insulation trenches, separation for electrostatic comb drives and the deposition and patterning of micro mirrors were to be reproduced on 200mm. At the end of 2018, we were able to achieve the required target parameters on the basis of optical and electrical tests using the first complete runs in the field of surface micromachining (spatial light modulators) and bulk micromachining (micro scanner mirrors). With the successful demonstration of our core technologies on 200mm, we are now able to process existing products as well as to develop new products. Our goal for 2019 is to stabilize and optimize processes and to successfully qualify these processes and products.

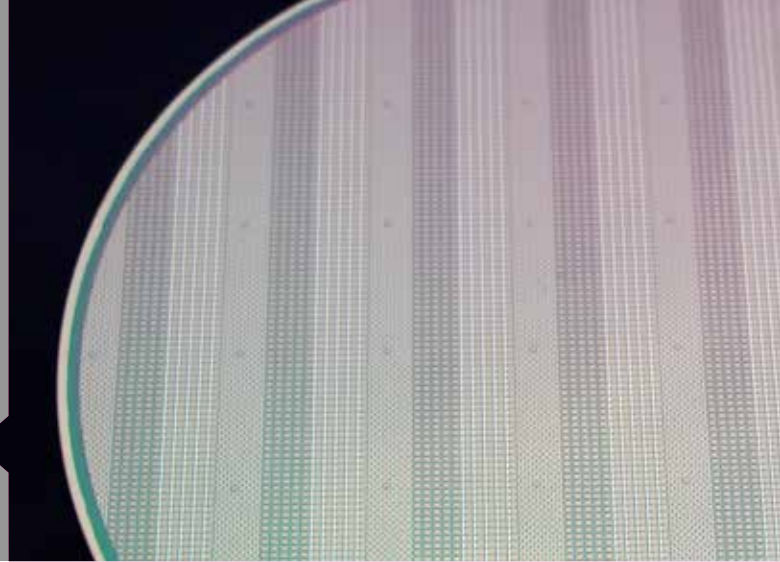
Parallel to the conversion of existing technologies to 200mm, new technologies are currently being developed and processed, e.g. for micro loudspeakers or capacitive micromachined ultrasonic transducers (CMUTs), which are continuously expanding the Fraunhofer IPMS portfolio and opening up new fields of application. In the course of the conversion to 200mm, Fraunhofer IPMS was able to strategically expand its own capabilities by the support of the Research Fab Microelectronics Germany (FMD).

### ERWEITERUNG AUF 200MM-WAFER ABGESCHLOSSEN

Seit dem ersten Quartal 2018 ist das Fraunhofer IPMS in der Lage, FuE-Dienstleistungen auf 200mm anzubieten. Nach einem anfänglichen Parallelbetrieb von 150mm und 200mm wurde die Bearbeitung auf 150mm zu Beginn des zweiten Quartals eingestellt und, mit Ausnahme einiger weniger Produkte, die auf Lager sind, läuft die Prozessierung inzwischen ausschließlich auf 200mm.

Ziel war zunächst, Prozesse und Kompetenzen von 150mm auf 200mm nachzubilden. Hierbei sollten durch die Darstellung von Kerntechnologien wesentliche Prozessschritte und Technologiemodule wie u. a. das Ätzen von Isolationstrenchen, Trenchen für elektrostatische Kammantriebe sowie Abscheidung und Strukturierung von Mikrosiegeln auf 200mm abgebildet werden. Ende 2018 konnten wir anhand erster Komplettdurchläufe im Bereich der Oberflächenmikromechanik (Spatial Light Modulators) sowie Bulk-Mikromechanik (Mikro-Scannerspiegel) anhand von optischen wie elektrischen Tests die erforderlichen Zielparаметer erreichen. Mit dieser erfolgreichen Demonstration unserer Kerntechnologien auf 200mm, sind wir fortan in der Lage, bestehende Produkte zu prozessieren und auch neue Produkte zu entwickeln. Ziel für 2019 ist die Prozessstabilisierung und -optimierung sowie die erfolgreiche Qualifizierung unserer Prozesse und Produkte.

Parallel zur Umstellung bestehender Technologien auf 200mm werden aktuell bereits neue Technologien für z.B. Mikrolautsprecher oder kapazitive Ultraschallsensoren (CMUTs) entwickelt und prozessiert, welche das Portfolio des Fraunhofer IPMS kontinuierlich erweitern und neue Anwendungsfelder erschließen. Im Zuge der Umstellung auf 200mm konnte das Fraunhofer IPMS durch die Unterstützung der FMD die eigenen Möglichkeiten strategisch sinnvoll erweitern. Für die kontinuierliche Entwicklung von Mikroaktoren



200MM WAFER WITH CMUTS.  
CAPACITIVE MICROMACHINED ULTRASONIC  
TRANSDUCER (CMUT): DICED AND BONDED.

investierte das Fraunhofer IPMS z. B. in eine MVD-Anlage zur Abscheidung von Anti-Haftschichten. Diese Anlage macht es möglich, Monolagen auf allen Oberflächen abzuscheiden, um diese Oberflächen zu funktionalisieren, wobei optische, chemische und physikalische Eigenschaften gezielt eingestellt werden können. Mittels FDTS-Beschichtung (Perfluorodecyltrichlorosilane) werden ultrahydrophobe Oberflächen erzeugt um Haftungseffekte bei Spiegelsystemen oder CMUTs zu minimieren oder auch komplett zu verhindern.

Aktuell wird am Fraunhofer IPMS die i-line-Stepper-Lithographie-Technologie verwendet, wodurch Auflösungen im Bereich von 400 nm lines/spaces erreicht werden. Um den technologischen Herausforderungen auch in Zukunft gewachsen zu sein, werden 2019 Vorbereitungen zur Etablierung der DUV-Lithographie am Fraunhofer IPMS getroffen. Mit dieser Technologie können wir neuartige MEMS-Bauelemente bis zu einer Auflösung von 120 nm lines/spaces entwickeln, wodurch bis Ende 2020 die Voraussetzung für eine neue Generation von CMOS integrierten, optischen Bauelementen gelegt wird.

Neben der Erweiterung des Anlagenportfolios wurde das Projekt FMD Digital gestartet, welches die Vernetzung und Harmonisierung der Abläufe zwischen den beteiligten Instituten vorantreiben soll. Eine gemeinsame Schnittstelle zwischen den FMD-Partnern ist essentiell, um die gesamte Wertschöpfungskette institutsübergreifend zu steuern. Dazu hat die FMD ein »Manufacturing Execution System« (MES) evaluiert. Die Einführung des neuen MES kommt dabei nicht nur der Zusammenarbeit der FMD zu Gute, sondern fördert auch die Abläufe im Reinraum des Fraunhofer IPMS unmittelbar und dient als Dokumentationstool um unseren Kunden einen transparenten Ablauf der gefertigten Produkte, vorhandenen Technologien, Maschinendaten sowie Messdaten und Analysen bereit zu stellen. Die Planungsphase wird im zweiten Quartal 2019 abgeschlossen.

For the continuous development of micro-actuators, Fraunhofer IPMS has invested, for example, in an MVD system for the deposition of anti-stiction layers. This tool offers the possibility to deposit monolayers on all surfaces whereby optical, chemical and physical properties can be specifically adjusted. By means of FDTS (perfluorodecyltrichlorosilane) coating, ultrahydrophobic surfaces are deposited to prevent stiction in mirror systems or CMUTs.

Fraunhofer IPMS currently uses i-line stepper lithography technology, which achieves lines/spaces of 400 nm. In 2018, preparations were made to establish DUV lithography at Fraunhofer IPMS in order to meet the technological challenges of the future. With this technology, Fraunhofer IPMS can develop novel MEMS devices down to 120 nm lines/spaces, enabling CMOS integrated optical devices with much smaller feature sizes by the end of 2020.

In addition to the expanding equipment portfolio, the "FMD digital" project has been launched to link and harmonize the process flows of the member institutes. Because an interface between the FMD partners is essential to control the entire value chain, the FMD has evaluated a manufacturing execution system (MES). The introduction of the new MES benefits FMD cooperation, directly improves processes in the Fraunhofer IPMS cleanroom, and serves as a documentation tool to provide our customers with a transparent processing of manufactured products, existing technologies and machine data as well as measurement data and analyses. The planning phase is to be completed in the second quarter of 2019.

## 300 MM NANOELEKTRONIK

**300 MM NANO ELECTRONIC**

TORSTEN BALL

**CENTER NANO ELECTRONIC TECHNOLOGIES**

The business unit CNT has its own infrastructure for process and material development on 300mm 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.

The range of services extends from technology development and electrical characterization to reliability testing, evaluation of equipment right through to comprehensive nanoanalytics. 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 cleanroom 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. In 2018, the cleanroom at CNT was expanded to include important facilities such as a complex system for PVD processes (Physical Vapor Deposition) from Applied Materials, with a multi-target design to handle a variety of technologies. One focus is the deposition of high-K dielectrics and titanium nitride-based electrode layers which are necessary for the CNT activities in the area of FeFET (ferroelectric field effect transistors) and also for MIM (metal insulator metal) components. In addition, the system offers new possibilities for applications in the field of spintronics, such as magnetic memory or spin-based sensors.

**CENTER NANO ELECTRONIC TECHNOLOGIES**

Das Geschäftsfeld CNT verfügt über eine eigene Infrastruktur für die Prozess- und Materialentwicklung auf 300mm-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 reicht von Technologieentwicklung elektrischer Charakterisierung über Zuverlässigkeitsprüfung, Evaluation von Equipment bis hin zur umfangreichen Nanoanalytik. 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. Im Jahr 2018 konnten der Reinraum des Geschäftsfeldes CNT um wichtige Anlagen erweitert werden. Beispielsweise wurde eine komplexe Anlage für PVD-Prozesse (Physical Vapour Deposition) der Firma Applied Materials installiert, die mit ihrer Multitarget-Bauweise in der Lage ist, vielfältige Technologien zu bedienen. Ein Schwerpunkt hierbei ist die Abscheidung von high-K Dielektrika sowie von Titanitrid-basierten Elektrodenschichten. Diese sind sowohl für die CNT-Aktivitäten im Bereich FeFET (ferroelektrische Feldeffekttransistoren) oder auch für MIM (metal insulator metal) Bauelemente notwendig. Darüber hinaus bieten sich mit der Anlage neue Möglichkeiten für Anwendungen aus dem Bereich Spintronik, wie z.B. magnetische Speicher oder spinbasierte Sensorik.



## CAPABILITIES 300 MM

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

## CAPABILITIES 300 MM (CONT.)

<b>METALLIZATION / CMP</b>		
<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
<b>ANALYTICS</b>		
Transmission electron microscopy (TEM) + EDX & EELS		Lab
Focused ion beam (FIB)		Lab
Scanning electron microscopy (SEM)		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 spectrometry (ToF SIMS)		Lab
Confocal microscopy		Lab
<b>METROLOGY / PROCESS CONTROL</b>		
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 300 MM (CONT.)

RELIABILITY / ELECTRICAL CHARACTERIZATION	
<b>Electrical Characterization &amp; Reliability</b>	
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 via dot-mask	
<b>Non-volatile Memories (NVM)</b>	
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	

## COMPLETE EQUIPMENT LIST



[ipms.fraunhofer.de/content/dam/ipms/common/products/CNT/ProcessCatalogue\\_FraunhoferIPMS\\_CNT.pdf](https://ipms.fraunhofer.de/content/dam/ipms/common/products/CNT/ProcessCatalogue_FraunhoferIPMS_CNT.pdf)




## INTEGRIERTE SILIZIUMSYSTEME

# INTEGRATED SILICON SYSTEMS

DR. SEBASTIAN MEYER

### BRANCH "INTEGRATED SILICON SYSTEMS"

At the Fraunhofer IPMS-ISS department in Cottbus, the main areas of research focus on "Nano e-drive" particularly for micro-fluidic applications, and "terahertz micro modules". The department benefits from its local proximity to the Brandenburg Technical University Cottbus-Senftenberg (BTU). Close cooperation with the university, other local Fraunhofer groups, and the Leibniz IHP Institute for Innovative Microelectronics in Frankfurt (Oder), which is closely linked to the BTU with a joint lab and overlapping vocational positions, enables Fraunhofer IPMS to address new ideas and disruptive technologies in the context of microelectronics. It is our objective to expand this fruitful collaboration within the framework of Fraunhofer preliminary research by evaluating promising approaches and exploiting application potentials.

The department has command over several laboratories at the BTU equipped to characterize components and sub-systems with state-of-the-art measuring equipment. For this purpose, parts of the laboratory infrastructure have been moved to a cleanroom environment. Measuring equipment used to characterize optical, electrical, and micro-fluidic component properties include a holographic microscope, an infrared microscope, and a terahertz system as well as a variety of electrical measurement technology. Within the Research Fab Microelectronics Germany (FMD) framework, a "two-photon lithography system" with a voxel size of up to 300nm will be set up in Cottbus in 2019 to conduct adjustments to micro-sensors and micro-actuators in the form of a "rapid prototyping".

### INSTITUTSTEIL »INTEGRATED SILICON SYSTEMS«

Am Fraunhofer-Institutsteil IPMS-ISS in Cottbus werden bisher die Forschungsschwerpunkte »Nano-e-Drive-Aktoren« insbesondere für Mikrofluidikanwendungen, und »Terahertz-Mikromodule« bearbeitet. Dabei profitiert das Fraunhofer IPMS-ISS von der lokalen Nähe zur Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (BTU). Die enge Kooperation mit der Universität, den anderen vor Ort ansässigen Fraunhofer-Gruppen und dem Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik IHP in Frankfurt (Oder), das über ein Joint Lab und gemeinsame Berufungen eng mit der BTU verbunden ist, ermöglicht es dem Fraunhofer IPMS, neue Ideen und disruptive Technologien im Kontext der Mikroelektronik zu adressieren. Zielstellung ist der Ausbau dieser fruchtbaren Zusammenarbeit, im Rahmen der Fraunhofer-Vorlauftforschung vielversprechende Ansätze zu evaluieren und deren Potential bis zur Applikationsebene auszuschöpfen.

Der Institutsteil verfügt über mehrere Labore an der BTU, die zur Charakterisierung von Bauelementen und Subsystemen mit modernstem Messequipment ausgerüstet sind. Dazu werden Teile der Laborinfrastruktur in Reinraumumgebung versetzt. Das Messequipment dient der Charakterisierung optischer, elektrischer und mikrofluidischer Eigenschaften von Bauelementen. Dazu stehen ein holografisches Mikroskop, eine Infrarotmikroskop, ein Terahertzsystem sowie vielfältige elektrische Messtechnik bereit. In 2019 wird ein »Zwei-Photonen-Lithographiesystem« im Rahmen der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) mit bis zu 300nm Voxelgröße in Cottbus aufgestellt, um Anpassungen in Form eines »Rapid Prototyping« an Mikrosensoren und Mikroaktoren vornehmen zu können.

# SYSTEME FÜR DIE BIOMEDIZIN

## SYSTEMS FOR BIOMEDICINE

DR. MICHAEL SCHOLLES

### PROJEKTZENTRUM »MIKROELEKTRONISCHE UND OPTISCHE SYSTEME FÜR DIE BIOMEDIZIN«

Das Projektzentrum »Mikroelektronische und Optische Systeme für die Biomedizin« am Standort Erfurt umfasst die interdisziplinäre Arbeit der drei Fraunhofer-Institute für Photonische Mikrosysteme IPMS, für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF sowie für Zelltherapie und Immunologie IZI. Ziele der Arbeit sind der Einsatz und die Weiterentwicklung von Schlüsseltechnologien in Bereichen wie Biowissenschaften, Mikroelektronik sowie Optik und Photonik sowie die enge Zusammenarbeit mit der Wirtschaft an neuen biomedizinischen Anwendungen.

Für die Arbeiten sind im Gebäude neben Büroräumen insgesamt 600 m<sup>2</sup> Laborfläche für Elektro, Optik, Chemie und Robotik vorhanden, die noch um ein Bio-S2-Labor mit einer Fläche von 380 m<sup>2</sup> ergänzt werden. Darüber hinaus steht ein Reinraum der Größe 165 m<sup>2</sup> für Aufbau- und Verbindungstechnik sowie Bauelementecharakterisierung zur Verfügung.

Das Projektzentrum wird sich zunächst auf drei Technologieplattformen konzentrieren: Das Ziel in der »Strukturierten Beleuchtung« ist die Entwicklung von optischen Modulen für die hochauflösende Mikroskopie mit deutlich reduzierter Phototoxizität. Die Lösungen machen Gebrauch von optimierten MEMS Mikrospiegelarrays, die als Flächenlichtmodulatoren wirken, in Kombination mit speziellen Optiken. Die Technologieplattform »Advanced Imaging« arbeitet parallel an mehreren Lösungen, die die Kompetenz des Projektzentrums im Bereich der innovativen optischen Bildgebung und Bildverarbeitung aufzeigen sollen. Im Bereich der »Biofunktionalen Oberflächen und Biosensoren« geht es um miniaturisierte Lösungen zur Erkennung von Krankheiten speziell in der Onkologie durch Analyse von Atemluft und Flüssigkeiten.

### PROJECT HUB "MICROELECTRONIC/OPTICAL SYSTEMS FOR BIOMEDICINE"

The "Microelectronic and Optical Systems for Biomedicine" Project Hub located in Erfurt encompasses the interdisciplinary work of the Fraunhofer Institutes of Photonic Microsystems (IPMS), Applied Optics and Precision Engineering (IOF), and Cell Therapy and Immunology (IZI). The collaborative effort aims to promote the development and use of key technologies in areas including life sciences, microelectronics, optics and photonics, as well as the close cooperation with industry partners for new biomedical applications.

In addition to office space, the building in Erfurt has a total of 600 m<sup>2</sup> in laboratories for electro, optics, chemistry and robotics and is supplemented with a 380 m<sup>2</sup> Bio-S2 laboratory. A 165 m<sup>2</sup> cleanroom for assembly and connection technology as well as component characterization is also available.

The Project Hub will initially focus on three technological platforms. "Structured Illumination" aims to develop optical modules for high-resolution microscopy with significantly reduced phototoxicity. The solutions make use of optimized MEMS micro-mirror arrays, which act as surface light modulators, in combination with special optics. "Advance Imaging" is working in parallel on several solutions designed to demonstrate the competence of the project center in the field of innovative optical imaging and image processing. "Biofunctional Surfaces and Biosensors" is striving to provide miniaturized solutions for disease detection, especially in the field of oncology, by analyzing breathing air and fluids.

## ABGESCHLOSSENE ÖFFENTLICHE PROJEKTE

## COMPLETED PUBLIC PROJECTS

## CONNECT

Project period: 01/2016 – 12/2018  
 Provider of funds: EU; Grant number: 688612

The multinational CONNECT project provided research on ultra-fine carbon nanotube wiring (CNT) and metal-CNT composites that could replace copper compounds currently used in the industry. Work included designing novel CNT interconnect architectures to examine performance and energy-efficiency at the circuit and architecture levels, as well as the construction of a multi-layer demonstrator. The CMOS-compatible technologies developed in the project are crucial for the performance as well as the producibility of scaled microelectronics needed to cost-effectively place miniaturized microelectronic systems with enhanced features in future markets.

## MEMSOUND

Project period: 10/2016 – 07/2018  
 Provider of funds: BMBF; Grant number: 03VP01800

In the MEMSOUND project, a research team from the MAS (Monolithic integrated actuator and sensor systems) business field designed, manufactured, and characterized micro-loudspeaker function demonstrators for the Hearables, hearing aids and smartphones markets. This included, in particular, the development of a fully CMOS-compatible manufacturing technology consistently using MEMS processes to make mass production of exclusively MEMS-based micro sound generators possible. With excellent precision and sound quality, and secured with numerous patents, the method of sound generation based on air chambers was successfully demonstrated

## CONNECT

Projektlaufzeit: 01/2016 – 12/2018  
 Fördergeber: EU; Förderkennzeichen: 688612

Das multinationale CONNECT-Projekt erforschte ultrafeine Kohlenstoff-Nanotube-Verdrahtungen (CNT) und Metall-CNT-Verbundwerkstoffe, die zukünftig die gegenwärtig in der Industrie verwendeten Kupferverbindungen ersetzen könnten. Zu den Arbeiten gehörte der Entwurf neuartiger CNT-Interconnect-Architekturen zur Untersuchung der Leistung und der Energieeffizienz auf Schaltkreis- und Architekturebene sowie der Aufbau eines Multilayer-Demonstrators. Die entwickelten CMOS-kompatiblen Technologien sind sowohl für die Leistung als auch für die Herstellbarkeit skalierter Mikroelektronik von entscheidender Bedeutung, um miniaturisierte mikroelektronische Systeme mit erweiterten Funktionen kostengünstig in Zukunftsmärkten zu platzieren.

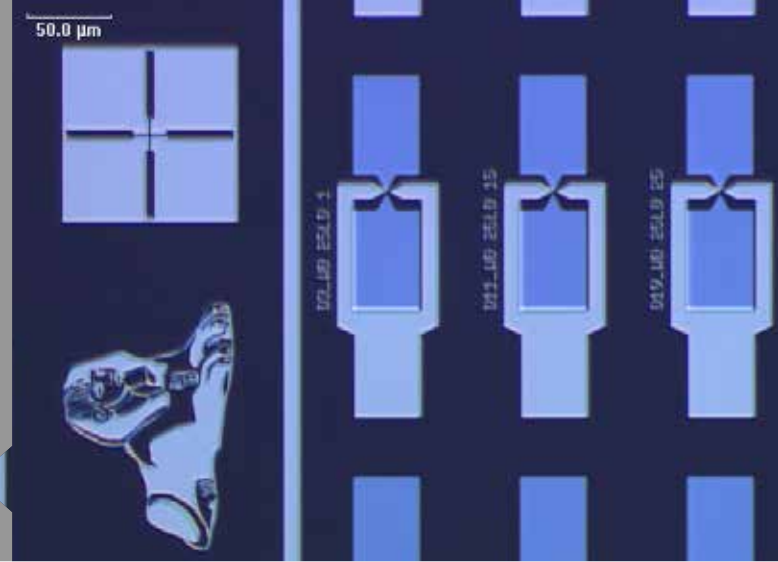
## MEMSOUND

Projektlaufzeit: 10/2016 – 07/2018  
 Fördergeber: BMBF; Förderkennzeichen: 03VP01800

Im Projekt MEMSound hat ein Forscherteam des Geschäftsfeldes MAS Mikrolautsprecher-Funktionsdemonstratoren für die Märkte Hearables, Hörgeräte und Smartphones entworfen, gefertigt und charakterisiert. Dazu gehörte insbesondere die Entwicklung einer vollständig CMOS-kompatiblen Herstellungstechnologie unter konsequenter Nutzung von MEMS-Prozessen, die eine Herstellung ausschließlich MEMS-basierter Mikroschallgeber in sehr großen Stückzahlen ermöglicht. Die hervorragende Präzision und Klangqualität des mit zahlreichen Patenten abgesicherten Verfahrens der Schallerzeugung auf Basis von Luftkammern wurden erfolgreich im Labormaßstab nachgewiesen.

CONNECT CHIP WITH CARBON NANOTUBES INTERCONNECT ARCHITECTURES FOR THE EXPLORATION OF CIRCUIT- AND ARCHITECTURE-LEVEL PERFORMANCE AND ENERGY EFFICIENCY.

300MM WAFER WITH FEET TEST STRUCTURES AFTER RESIST ETCHING.



## CONSIVA

Projektlaufzeit: 01/2017 – 12/2018  
Fördergeber: SAB; Förderkennzeichen: 100273858

Im Projekt CONSIVA wurde Hafniumdioxid ( $\text{HfO}_2$ ) hinsichtlich seines Potentials als piezoelektrisch aktive Schicht in vibrationsbasierten Mikroenergieharvestern evaluiert. Ausgangspunkt war die Entdeckung des ferroelektrischen Effektes in  $\text{HfO}_2$ -Dünnschichten vor über zehn Jahren und die daraus resultierende Piezoelektrizität des Materials. Diese Eigenschaft eröffnet ein breites Anwendungsportfolio kombiniert mit allen Vorteilen eines bleifreien und damit umweltfreundlichen CMOS-kompatiblen Materials. Im Ergebnis entwickelten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ein angepasstes  $\text{HfO}_2$ -Schichtsystem und schätzten Anwendungspotentiale für die Aktorik, Sensorik und das Energieharvesting ab.

## SPHINX

Projektlaufzeit: 05/2016 – 12/2018  
Fördergeber: SAB; Förderkennzeichen: 100274128

Als Teil eines größeren Verbundprojektes befasste sich SPHINX mit der Einzelprozess-, Material- und Gate-Stapel-Entwicklung für die Integration innovativer eingebetteter 1-Transistor-Speicherlösungen in 2X-nm High-K/Metal-Gate-Technologieplattformen. Schwerpunkte des Teilvorhabens waren die Entwicklung einer FeFET-Teststruktur für die Vorfeldentwicklung, die Einzelprozessentwicklung für eFLASH-Integration und die Untersuchung der 22FDXTM Rauscheigenschaften. Die Entwicklung der FeFET-Technologie für den Massenmarkt wurde mit den Arbeiten weiter vorangetrieben.

## CONSIVA

Project period: 01/2017 – 12/2018  
Provider of funds: SAB; Grant number: 100273858

The CONSIVA project evaluated hafnium dioxide ( $\text{HfO}_2$ ) for its potential use as a piezoelectrically active layer in vibration-based micro-energy harvesters. The starting point was the discovery of the ferroelectric effect in  $\text{HfO}_2$  thin films and the resulting piezoelectricity of the materials over ten years ago. This characteristic opened a broad application portfolio combined with all the advantages of a lead-free and therefore environmentally-friendly CMOS-compatible material. As a result, scientists were able to develop an adapted  $\text{HfO}_2$  layer system and estimate application potentials for actuators, sensors, and energy harvesting.

## SPHINX

Project period: 05/2016 – 12/2018  
Provider of funds: SAB; Grant number: 100274128

As part of a larger collaborative project, SPHINX targeted single-process, material and gate-stack development for the integration of innovative embedded 1-transistor memory solutions in 2X- $\mu\text{m}$  high-k/metal-gate technology platforms. Focal points of the subproject included the elaboration of a FeFET test structure to be used in the pre-development phase, single-process development for eFLASH integration, and the investigation of 22FDXTM noise properties. This work further advanced the development of FeFET technology for the mass market.

# NEUE ÖFFENTLICHE PROJEKTE

## NEW PUBLIC PROJECTS

EXAMPLE OF PASSIVE WIRELESS MOISTURE MEASUREMENT IN THE CONSTRUCTION INDUSTRY USING RFID SENSOR TRANSPONDERS.

### OCEANS 12

---

Project period: 07/2018 – 08/2021

Provider of funds: EU; Grant number: 16ESE0334S

A German consortium of 14 organizations working within the framework of the European ECSEL funding program for microelectronics are cooperating in the OCEANS 12 project focused on the development of high-performance and energy-efficient control electronics and sensor technology for autonomous mobility. The project is based on FDSOI (Fully Depleted Silicon on Insulator) technology, which provides processors and microelectronic components with significantly higher computing power and more energy efficiency than those produced with conventional manufacturing processes. This work will help to sustain and increase the competitiveness of European and German industries within the semiconductor, microelectronics, automotive, and aerospace sectors.

### WAKEMEUP

---

Project period: 06/2018 – 04/2021

Provider of funds: EU; Grant number: 16ESE02975

It is the goal of this ECSEL project to develop a production platform for non-volatile embedded phase-change-memory (ePCM). The revolutionary technology builds on the 28µm FDSOI logic for prototyping innovative micro-controllers in Europe and should expand 40µm-micro-controller technology by integrating FLASH memory, energy management, connectivity and security, as well as building a manufacturing platform. In addition, WAKEMEUP aims to develop new, secure and universal systems based on 40 nm and 28 nm FDSOI micro-controller (MCU) technology to expand

### OCEANS 12

---

Projektlaufzeit: 07/2018 – 08/2021

Fördergeber: EU; Förderkennzeichen: 16ESE0334S

Ein deutsches Konsortium bestehend aus 14 Organisationen arbeitet im Rahmen des europäischen Förderprogramms für Mikroelektronik ECSEL im Projekt OCEANS 12 an der Entwicklung von leistungsfähiger und energieeffizienter Steuerungselektronik und Sensorik für die autonome Mobilität. Basis der Entwicklungen im Projekt ist die FDSOI Technologie (Fully Depleted Silicon on Insulator), die im Vergleich zu herkömmlichen Fertigungsverfahren Prozessoren und Mikroelektronikkomponenten mit deutlich erhöhter Rechenleistung und Energieeffizienz ermöglicht. Die Arbeiten werden dazu beitragen, die Wettbewerbsfähigkeit der europäischen und deutschen Industrie in den Bereichen Halbleitertechnologie, Mikroelektronik, Automobiltechnik und Luftfahrt zu erhalten und auszubauen.

### WAKEMEUP

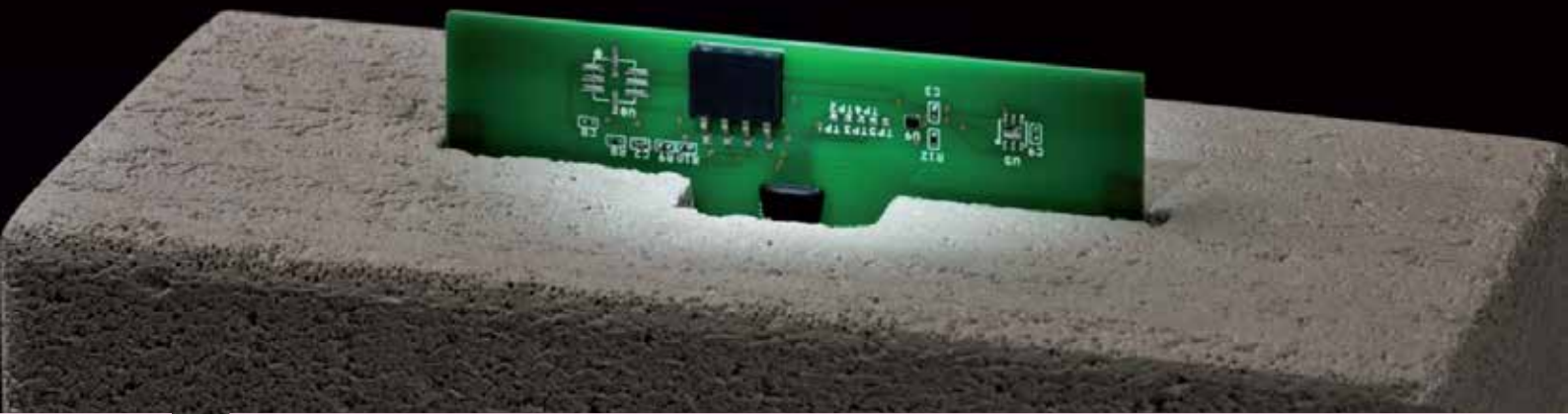
---

Projektlaufzeit: 06/2018 – 04/2021

Fördergeber: EU; Förderkennzeichen: 16ESE02975

Ziel dieses ECSEL-Projekts ist die Entwicklung einer Fertigungsplattform für nichtflüchtige eingebettete Phase-Change-Speicher - ePCM. Die revolutionäre Technologie baut auf der 28-nm-FDSOI-Logik für das Prototyping innovativer Mikrocontroller in Europa auf und soll die 40µm-Mikrocontroller-Technologieplattform durch die Integration von Flash-Speicher, Energieverwaltung, Konnektivität und hoher Sicherheit sowie dem Aufbau einer Fertigungsplattform erweitern. Darüber hinaus zielt WakeMeUp darauf ab, auf Basis der 40 nm- und 28 nm-FD-SOI-Mikrocontroller-technologie anwendungsseitig neue, sichere und universelle





Geräte und Systeme zu entwickeln und das MCUs-Portfolio in Europa um Low-Power- und High Performance-integrierte HF-Sensoren zu erweitern.

#### SELENE

---

Projektlaufzeit: 10/2018 – 09/2021  
Fördergeber: SAB; Förderkennzeichen: 100344822

Das Projekt Selene zielt darauf ab, eine Zukunftstechnologie für monolithisch integrierte Infrarot-Thermopilearrays zu entwickeln, in der neuartige thermoelektrische Materialien in den CMOS-Prozess XA035 von X-FAB integriert werden. Diese Technologie soll an neuartigen Thermopilearrays mit 120x84 Pixeln und einer Pixelgröße von 60 µm demonstriert werden. Dazu werden eine reinraumübergreifende Logistik und Prozesse optimiert und neue Messmethoden entwickelt.

#### ENERSENS

---

Projektlaufzeit: 09/2018 – 08/2021  
Fördergeber: BMBF; Förderkennzeichen: 100326631

Im Rahmen dieses VIP+-Projekts soll ein autarkes Sensorsystem zur Erfassung physikalischer Parameter wie Temperatur, Druck oder Feuchtigkeit aufgebaut werden. Dazu werden UHF-RFID-basierte Sensortransponder-Schaltkreise mit gestapelten ultradünnen, hochkapazitiven Silizium-Kondensatoren als integrierter Energiespeicher kombiniert. Zukünftig sollen so kompakte, preiswerte Sensorelemente, die zum Beispiel in Flip-Chip-Technik aufgebaut werden, für Massenmärkte im industriellen Umfeld, etwa für die Erfassung von Betriebstemperaturen in sicherheitskritischen Industrieanlagen, zur Verfügung stehen.

the European MCU portfolio for low-power and high-performance integrated RF (radio frequency) sensors.

#### SELENE

---

Project period: 10/2018 – 09/2021  
Provider of funds: SAB; Grant number: 100344822

The SELENE project aims to develop a future technology for monolithically integrated infrared-thermopile arrays in which novel thermoelectric materials are integrated in the X-FAB XA035 CMOS process. This technology is to be demonstrated on novel thermopile arrays with 120 x 84 pixels at a pixel size of 60 µm. To facilitate this, logistics and processes in all cleanrooms will be optimized and new measurement methods will be developed.

#### ENERSENS

---

Project period: 09/2018 – 08/2021  
Provider of funds: BMBF; Grant number: 100326631

Within the framework of this VIP+ project, a self-sufficient sensor system to record physical parameters such as temperature, pressure, or humidity is to be built. For this purpose, UHF RFID-based sensor transponder circuits are being combined with stacked, ultra-thin, high capacitance silicon condensers for integrated energy storage. Compact, inexpensive sensor elements, such as those constructed with flip-chip technology, should be available in the future to mass markets in the industrial environment to, for example, measure operating temperatures in safety-critical industrial plants.

WISSENSMANAGEMENT

# KNOWLEDGE MANAGEMENT



UNIV  
0200/  
286

UNIV  
0200/  
287

UNIV  
0200/  
287

UNIV  
0300/  
287

Roger Michael

The theory of fluxgate sensor systems

Ingmar Scheffer Aufbau und Test eines Messplatzes zur Bestimmung...

# PATENTE

## PATENTS

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

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

**A method to detect a defective element**

■ EP 1 583 946 B1, ■ DE 60 2004 003 125.9-08, ■ 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, □ EP 3 297 774 A1

**Anordnung von mikromechanischen Elementen**

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

**Apparatus and method for generating a optical pattern from image points in a image plane**

□ US 2019/0011885 A1

**Apparatus and Method for Guiding Optical Waves**

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

**Apparatus and method for housing micromechanical systems**

□ US 7,898,071 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, US 7,872,319 B2

**Auslenkbares mikromechanisches Element**

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

**Auslenkbares mikromechanisches System sowie dessen Verwendung**

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

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

■ DE 10 2008 030 908 B4

**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

**Elektrischer MEMS-Aktor und Verfahren zum Herstellen desselben**

□ WO 2018/162417 A1

**Elektromechanisches Bauteil, elektromechanische Bauteilanordnung, Verfahren zur Detektion einer Potentialdifferenz mit einem elektromechanischen Bauteil und Verfahren zur Funktionsprüfung des elektromechanischen Bauteils**

□ DE 10 2016 206 208 A1, □ TW 201739685

**Elektrostatisch auslenkbares mikromechanisches Bauelement und Verfahren zu seiner Herstellung**

■ DE 10 2014 225 934 B4

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

■ US 9,250,367 B2

**Fourier transform spectrometer**

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

-----  
**Gehäuse zur Verkapselung eines Mikroscoannerspiegels**

■ DE 102012207376B3

-----  
**Halbleitersubstrat und Verfahren zur Herstellung**

■ EP 1915777B1, ■ DE 502006008141.5-08

-----  
**Herstellungsverfahren**

□ DE 102012217793A1, ■ EP 2892844B1, ■ DE 502013003493.3, ■ IT 502016000091440

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

■ CN 100380138 C, □ KR 10-2007-0013987, ■ US 6,891,655B2, □ EP 1642158A1

-----  
**Ionenselektiver Feldeffekttransistor und Verfahren zum Herstellen eines ionensensitiven Feldeffekttransistors**

□ EP 1601957B1, ■ DE 50304800.3-08

-----  
**Ionensensitive Schichtstruktur für einen ionensensitiven Sensor und Verfahren zur Herstellung derselben**

□ DE 102013109357A1, ■ US 9,383,334B2

-----  
**Ionensensitive Struktur und Verfahren zu Herstellung derselben**

□ DE 102015204921A1

-----  
**Ionensensitive Struktur und Verfahren zur Herstellung derselben**

□ EP 3070463A1

-----  
**Ionensensitiver Feldeffekttransistor und Verfahren zum Herstellen eines ionensensitiven Feldeffekttransistors**

■ EP 1436607B1, ■ DE 50202661.8-08, ■ EP 1583957B1, ■ DE 50213303.1-08, ■ US 7,355,200B2

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

■ US 7,321,143B2

-----  
**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 2016/0274057A1

-----  
**Knickbares Substrat mit Bauelement**

□ DE 102016221303A1

-----  
**Lichtkanal und Verfahren zum Herstellen eines Lichtkanals**

□ DE 102014210903A1

-----  
**Memory Cell**

■ US 9,368,182B2

-----  
**MEMS Actuator, system having a plurality of MEMS Actuators, and method for producing a MEMS Actuator**

□ US 2017/0297897A1

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

■ DE 102015200626B3

-----  
**MEMS und Verfahren zum Herstellen derselben**

□ DE 102017203722A1

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

□ CN 107925825 A, □ DE 102015210919A1, □ WO 2018/193109A1, □ 102017206766A1

-----  
**Method and Apparatus for Controlling Deformable Actuators**

■ EP 1520201, ■ DE 60246214.2, ■ US 7,424,330

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

■ EP 1616211B1, ■ DE 60333398.2, ■ JP 4188322, ■ US 6,956,692B2

-----

PATENTE/PATENTS (CONT.)

**Method and Apparatus for Microlithography**

■ US 6,624,880 B2

**Method for generating a micromechanical structure**

■ US 7,940,439 B2

**Method for manufacturing a microelectronic circuit and corresponding microelectronic circuit**

■ US 10,115,727

**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

**Microelectromechanical System for tuning Lasers**

■ US 9,893,491 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**

□ 2017-7085 A, ■ US 9,676,607 B2

**Micromechanical devices with mechanical actuators**

□ WO 2018/130527 A1, □ DE 102017200 308 A1

**Micromechanical Element**

■ US 8,570,637 B2

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

■ US 8,379,283 B2

**Micromechanical element which can be deflected**

■ US 9,045,329 B2

**Microoptic reflecting component**

■ US 7,490,947 B2

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

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

**Mikrochip mit einer RFID-Transponder-Schaltung und einer ON-Chip-Schlitzantenne**

□ DE 102015226832 A1

**Mikromechanisches Bauelement mit beweglichen Elektroden und statischer Gegenelektrode**

■ US 7,078,778 B2

**Mikroelektromechanisches System zum Durchstimmen von Lasern**

■ DE 102014201 701 B4, ■ JP 6321 190

**Mikroelektromechanisches Translationsschwingersystem**

■ DE 102010029072 B4

**Mikromechanische Spiegelvorrichtung**

□ DE 102017206252 A1

**Mikromechanische Vorrichtung mit einem aktiv biegbaren Element**

■ DE 102015206774B4

**Mikromechanisches Bauelement**

■ EP 1410047B1, ■ DE 50112140.4-08, ■ DE 502011012156.3, ■ EP 2664058B1, ■ IT 502017000084227, ■ JP 5951640

**Mikromechanisches Bauelement mit einstellbarer Resonanzfrequenz**

■ EP 1613969B1, ■ DE 50311766.8-08

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

■ ZL 200710160893.6, ■ DE 102007001516B3

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

□ DE 112007003051B4

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

■ ZL 200810128792.5, ■ US 8,147,136B2, ■ US 8,842,356B2

**Mikromechanisches Bauelement mit verkippten Elektrodenkammern**

■ CN 101284642 B, ■ DE 102008012825B4, ■ US 7,466,474B2

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

■ DE 102007047010B4

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

■ CN 101301991 B, ■ US 7,679,152B2

**Mikromechanisches Element**

■ DE 102010028111B4

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

■ DE 102008049647B4

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

■ CN 101139080 B

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

■ ZL 200610098825.7, ■ DE 102005033800B4, ■ US 7,369,288B2

**Mikromechanisches System mit Temperaturstabilisierung**

■ DE 102008013098B4

**Mikrooptische Anordnung**

■ EP 1717631B1, ■ DE 502005013490.7, ■ US 7,301,690B2

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

■ DE 102006057567B4

**Mikrooptisches reflektierendes Bauelement**

■ CN 1982201 B, ■ DE 102006059091B4

**Miniaturisiertes Fourier-transform-spektrometer**

■ EP 1637850B1, ■ DE 502005015072.4

**MMS, MMS-Array, MEMS-Aktuator und Verfahren zum Bereitstellen eines MMS**

□ DE 102017011821 A, □ DE 102017201309 A

**Objective**

■ US 8,526,126B2

PATENTE/PATENTS (CONT.)

- Objektiv und Bildaufnahmesystem**  
 DE 102010040030 B4
- Optical Arrangement for a Spectral Analysis System, Method for its Production, and Spectral Analysis System**  
 US 2018/0087963 A1
- Optical device comprising a structure for avoiding reflections**  
 CN 101281295 B
- Optische Anordnung für ein Spektralanalysesystem, Verfahren zu dessen Herstellung und Spektralanalysesystem**  
 DE 102016118135 A
- Optische Anordnung zur Erzeugung von Lichtfeldverteilungen und Verfahren zum Betrieb einer optischen Anordnung**  
 DE 102016217785 A1,  WO 2018/050840 A1
- Optische Interferenzanordnung zur Einkopplung von elektromagnetischer Strahlung in einen photonischen Kristall oder Quasikristall**  
 DE 102009030338 B4
- Optische Linse mit fluidisch variabler Brennweite und Verfahren zum Herstellen derselben**  
 DE 112010005674 T5
- Optische Vorrichtung in gestapelter Bauweise und Verfahren zur Herstellung derselben**  
 DE 102008019600 A1,  US 8,045,159 B2
- Optischer Empfänger für eine optische drahtlose Kommunikation**  
 DE 102013225611 B4
- Optischer Sensor zur Vermessung von Schweißelektroden**  
 DE 102015111644 B3
- Optisches Baelement mit einem Aufbau zur Vermeidung von Reflexionen**  
 DE 102008012810 B4,  US 7,760,414 B2
- Optisches System**  
 DE 102010039255 A1
- Optoelektronisches Baelement mit einer Leuchtdiode und einem Lichtsensor**  
 EP 1597774 B1,  DE 50306813.6-08
- Oszillierend auslenkbares mikromechanisches Element und Verfahren zum Betreiben des Elementes**  
 DE 112006003849 B4,  US 7,932,788 B2
- Polarization independent electro-optically induced waveguide**  
 CN 106170732 A,  US 9,989,788
- Position Sensor**  
 US 8,605,293 B2
- Positionssensor**  
 DE 102010029818 A1
- Production Method**  
 US 9,620,375 B2
- Projection apparatus for scanningly projection**  
 US 7,847,997 B2
- Projektionsvorrichtung**  
 EP 1419411 B1,  DE 50105156.2,  US 6,843,568 B2



<b>Projektionsvorrichtung zum scannenden Projizieren</b> <input checked="" type="checkbox"/> ZL 2008 1 0083459.7, <input type="checkbox"/> DE 10 2007 011 425 A1
<b>Quasi-Statistische Auslenkvorrichtung für Spektrometer</b> <input checked="" type="checkbox"/> EP 1 474 666 B1, <input checked="" type="checkbox"/> DE 502 10 665.4-08
<b>Radiation generation device for generating electromagnetic radiation having an adjustable spectral composition, and method of producing same</b> <input checked="" type="checkbox"/> US 8,351,032 B2
<b>Readerantenne für einen Einsatz mit RFID-Transpondern</b> <input checked="" type="checkbox"/> DE 10 2008 017 490 B4
<b>Reduction of the dynamic deformation of translational mirrors using inertial masses</b> <input checked="" type="checkbox"/> US 8,873,128 B2
<b>RFID-Transponder mit einer integrierten Antennenanordnung</b> <input type="checkbox"/> DE 10 2015 208 433 A1
<b>Scanner und Verfahren zum Betreiben eines Scanners</b> <input checked="" type="checkbox"/> DE 10 2005 002 190 B4, <input checked="" type="checkbox"/> US 7,469,834 B2
<b>Schutzstruktur für Halbleitersensoren</b> <input checked="" type="checkbox"/> DE 10 2006 052 863 B, <input checked="" type="checkbox"/> US 7,728,363 B2
<b>Semiconductor substrate and methods for the production thereof</b> <input checked="" type="checkbox"/> US 8,357,944 B2
<b>Sicherheitsmerkmal, Verfahren zum Herstellen eines Sicherheitsmerkmals und Verfahren zum Authentifizieren eines Benutzers unter Verwendung eines Sicherheitsmerkmals</b> <input type="checkbox"/> DE 10 2015 212 618 A1
<b>SLM Device and Method Combining Multiple Mirrors for High-Power Delivery</b> <input checked="" type="checkbox"/> US 8,531,755 B2
<b>SLM Height Error Compensation Method</b> <input type="checkbox"/> KR 10-2009-0065477
<b>Spectral Decomposition Device and Manufacturing the same</b> <input checked="" type="checkbox"/> US 8,861,060 B2
<b>Speicherzelle</b> <input type="checkbox"/> DE 10 2014 205 130 A1
<b>Spektralzerlegungsvorrichtung und Herstellung derselben</b> <input type="checkbox"/> DE 10 2010 040 768 A1
<b>Spektrometer</b> <input checked="" type="checkbox"/> EP 1 474 665 B1, <input checked="" type="checkbox"/> DE 502 08 089.2-08, <input checked="" type="checkbox"/> US 7,034,936 B2, <input checked="" type="checkbox"/> US 7,027,152 B2
<b>Spiegelobjektiv</b> <input checked="" type="checkbox"/> DE 10 2008 027 518 B3
<b>Strahlungserzeugungsvorrichtung zum Erzeugen einer elektromagnetischen Strahlung mit einer einstellbaren spektralen Zusammensetzung und Verfahren zur Herstellung derselben</b> <input checked="" type="checkbox"/> DE 10 2009 046 831 B4
<b>Substrat, das zumindest bereichsweise an einer Oberfläche mit einer Beschichtung eines Metalls versehen ist, sowie dessen Verwendung</b> <input checked="" type="checkbox"/> DE 10 2005 048 774 B4
<b>System und entsprechendes Verfahren zur Vermessung eines Objekts</b> <input type="checkbox"/> DE 10 2017 204 740 A1

erteilt/granted  veröffentlicht/published

PATENTE/PATENTS (CONT.)

**System zur Analyse von elektromagnetischer Strahlung und Bauelement zur Herstellung desselben**

US 2018/0172517 A1,  DE 102016225344 A

**Torsionsfeder für mikromechanische Anwendungen**

■ ZL 200610098576.1, ■ DE 102005033801 B4, ■ US 8,511,657 B2

**Torsionsfederelement für die Aufhängung auslenkbarer mikromechanischer Elemente**

■ CN 101426717 B, ■ DE 112006003854 B4

**Tragbare Vorrichtung zur Übermittlung von personenbezogenen Daten an ein Verarbeitungssystem und das Verarbeitungssystem zum Ausgeben eines Steuersignals in Abhängigkeit der personenbezogenen Daten**

DE 102016211063 A1

**Verbinder zur leitungsungebundenen Signalübertragung**

■ DE 102012212254 B3

**Verfahren und Strukturierung einer Nuttschicht eines Substrats**

■ CN 101597021 B1, ■ US 8,199,390 B2

**Verfahren und Vorrichtung zum Abscheiden lithiumhaltiger Mischoxide**

DE 102017203910 A1

**Verfahren und Vorrichtung zur lokal definierten Bearbeitung an Oberflächen von Werkstücken mittels Laserlicht**

DE 102015217523 A1,  US 2018/0117709 A1

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

■ ZL 200610005939.2, ■ DE 102005002967 B4, ■ US 7,396,740 B2

**Verfahren zum Herstellen eines Hybridkondensators und Hybridkondensator**

DE 102017204622 A1

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

■ DE 102013223695 B4

**Verfahren zum Korrigieren der Oberflächenform eines Elementes**

■ JP 4777460

**Verfahren zum Korrigieren der Oberflächenform eines Elements**

■ EP 2054750 B1, ■ DE 502006005949.5

**Verfahren zum strukturabhängigen Füllen von Vertiefungen**

■ DE 102016206769 B3

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

■ DE 102009049787 B4

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

■ DE 102008012826 B4

**Verfahren zur Erzeugung einer mikromechanischen Struktur**

■ CN 101279712 B, ■ DE 102008013116 B4

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

■ DE 102008064772 B3

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

■ CN 101279711 B

**Verfahren zur Herstellung einer Halbleiterstruktur, bei dem eine Gatestruktur mit einem Gatedielektrikumsmaterial für einen ferroelektrischen Transistor gebildet wird.**

■ DE 102014217874 B3

**Verfahren zur Herstellung einer Mikroelektronikschaltung sowie entsprechende Mikroelektronikschaltung**

□ DE 102017200678 A1

**Verfahren zur Herstellung eines optischen Bauteils**

■ DE 102004015142 B3, ■ EP 1714172 B1, ■ JP 4832423

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

■ EP 1714172 B1, ■ EP 2003474 B1

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

■ DE 102006043388 B3

**Verfahren zur Strukturierung einer Nuttschicht eines Substrats**

■ DE 102008026886 B4

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

□ DE 102014207730 A1

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

□ DE 102014217837 A1

**Vorrichtung mit einem mikromechanischen Bauelement**

□ DE 102014201095 A1

**Vorrichtung und Verfahren zum Erzeugen einer Abbildung**

■ DE 102004050351 B3, ■ FI 125441 B, ■ US 7,465,051 B2

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

■ DE 102007001518 B4

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

■ EP 1652377 B1, ■ DE 50305392.9-08, ■ US 7,518,770 B2

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

■ DE 102010043131 B4

**Vorrichtung und Verfahren zur Erfassung eines Materials**

■ DE 102013222349 B3

**Vorrichtung und Verfahren zur Erzeugung eines optischen Musters aus Bildpunkten in einer Bildebene**

□ DE 102016204703 A1

**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 102007021920 B4

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

□ DE 102015206225 A1

**Zeilenkamera für spektrale Bilderfassung**

■ DE 102006019840 B4, ■ US 7,728,973 B2

■ erteilt/granted □ veröffentlicht/published

PUBLIKATIONEN

**PUBLICATIONS**

Ali, T.; Polakowski, P.; Riedel, S.; Büttner, T.; Kämpfe, T.; Rudolph, M.; Pätzold, B.; Seidel, K.; Löhr, D.; Hoffmann, R.; Czernohorsky, M.; Kühnel, K.; Steinke, P.; Calvo, J.; Zimmermann, K.; Müller, J.

**High Endurance Ferroelectric Hafnium Oxide-Based FeFET Memory Without Retention Penalty**

IEEE transactions on electron devices 65 (2018), Nr.9, S. 3769-3774

Al-Falahi, F.; Müller, M.; Kolkovsky, V.; Gottzein, R.; Bonitz, J.; Hermann, S.; Kini, M.

**MEMS IR Emitter based on carbon nanotubes**

IR-Workshop Laser Components, 2018, Olching, Presentation

Borcia, R.; Bestehorn, M.; Uhlig, S.; Gaudet, M.; Schenk, H.

**Liquid pumping induced by transverse forced vibrations of an elastic beam: A lubrication approach**

9th Conference of the International Marangoni Association (IMA), 2018, Guilin, China, 39 F.

Borcia, R.; Bestehorn, M.; Uhlig, S.; Gaudet, M.; Schenk, H.

**Liquid pumping induced by transverse forced vibrations of an elastic beam: A lubrication approach**

12th European Fluid Mechanics Conference (EFMC), 2018, Vienna, Austria, 39 F.

Borcia, R.; Bestehorn, M.; Uhlig, S.; Gaudet, M.; Schenk, H.

**Liquid pumping induced by transverse forced vibrations of an elastic beam: A lubrication approach**

Physical review fluids 3 (2018), Nr. 8, Art. 084202

Butschek, L.; Hugger, S.; Jarvis, J.-P.; Härtelt, M.; Merten, A.; Schwarzenberg, M.; Grahmann, J.; Stothard, D.; Warden, M.; Carson, C.; Macarthur, J.; Fuchs, F.; Ostendorf, R.; Wagner, J.

**Microoptoelectromechanical systems-based external cavity quantum cascade lasers for real-time spectroscopy**

Optical engineering 57 (2018), Nr. 1, Art. 011010

Calvo, J.; Drescher, M.; Kühnel, K.; Sauer, B.; Müller, M.; Schmidt, C.; Boui, F.; Völklein, F.; Wagner-Reetz, M.

**LPCVD in-situ doped silicon for thermoelectric applications**

Materials today. Proceedings 5 (2018), Nr. 4, Pt. 1, S.10249-10256

Carson, C.; Macarthur, J.; Warden, M.; Stothard, D.; Butschek, L.; Hugger, S.; Jarvis, J.-P.; Härtelt, M.; Ostendorf, R.; Merten, A.; Schwarzenberg, M.; Grahmann, J.; Ratajczyk, M.

**Towards a compact, portable, handheld device for contactless real-time standoff detection of hazardous substances**

Proceedings of SPIE Vol. 10624 (2018), Paper 106240F

Conrad, H.; Ehrig, L.; Kaiser, B.; Schenk, H.; Schuffenhauer, D.; Stolz, M.; Gaudet, M.; Schenk, H.

**CMOS-kompatibler MEMS-Lautsprecher für Im-Ohr-Anwendungen**

44. Jahrestagung für Akustik (DAGA), 2018, München, 3 S.

Dünkel, S.; Trentzsch, M.; Richter, R.; Moll, P.; Fuchs, C.; Gehring, O.; Majer, M.; Wittek, S.; Müller, B.; Melde, T.; Mulaosmanovic, H.; Slesazek, S.; Müller, S.; Ocker, J.; Noack, M.; Löhr, D.-A.; Polakowski, P.; Müller, J.; Mikolajick, T.; Höntschel, J.; Rice, B.; Pellerin, J.; Beyer, S.

**A FeFET based super-low-power ultra-fast embedded NVM technology for 22nm FDSOI and beyond**

IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), 2017, San Francisco, California, USA, 4 S. (published 2018)

Ehrig, L.; Conrad, H.; Kaiser, B.; Schenk, H.; Schuffenhauer, D.; Schenk, H.

**MEMS-Lautsprecher-Eine neue Klasse elektroakustischer Wandler für mobile Audio-Anwendungen**

Tonmeistertagung, 2018, Köln, Vortrag

Faulwäßer, M.; Kirrbach, R.; Schneider, T.; Noack, A.

**10 Gbit/s bidirectional transceiver with monolithic optic for rotary connector replacements**

IEEE Global LIFI Congress (GLC) 2018, Paris, France, 8 S.

Gaudet, M.

**A novel electrostatic actuator, the Nano-E-Drive, and its integration in a micropump design**

Seminar "A New Type of Electrostatic Transducer, the Nano-Electrostatic Drive", 2018, Toulouse, France, 31 F.

Gehner, A.; Dürr, P.; Kunze, D.; Rudloff, D.; Elgner, A.; Heber, J.; Francés, S.; Skupsch, C.; Torlee, H.; Eckert, M.; Friedrichs, M.; Schmidt, J.; Pufe, W.; Döring, S.; Hohle, C.; Schulze, M.; Wagner, M.

**Novel 512 x 320 Tip-Tilt Micro Mirror Array in a CMOS-Integrated, Scalable Process Technology**

IEEE International Conference on Optical MEMS and Nanophotonics (OMN), 2018, Lausanne, Switzerland, 2 S.

Gerlich, L.; Wislicenus, M.; Koch, J.; Dhavamani, A.; Esmaeili, S.; Uhlig, B.

**Cobalt integration solutions - integration (R&D accelerator)**

CMC Conference, 2018, Phoenix, Arizona, USA, 32 F.

Grüger, H.; Knobbe, J.; Pügner, T.; Reinig, P.; Meyer, S.

**New way to realize miniaturized complex optical systems in high volume**

Proceedings of SPIE Vol. 10545 (2018), Paper 1054505

Hamelin, R.; Andrieux, G.; Chartier, I.; Roustom, B.; Healy, T.; Ali, Z.; Legrand, B.; Mayora, K.; Scholles, M.; Guerre, R.

**The gateone-project: A digital innovation hub accelerating innovation through ecosystem design and product trajectory**

Smart Systems Integration (SSI), 2018, Dresden, 6 S.

Heinig, A.

**Design of on-chip RFID transponder antennas**

Embedded world Exhibition and Conference, 2018, Nürnberg, 6 S.

Heinig, A.

**Design of On-Chip RFID Transponder Antennas**

Embedded world Exhibition and Conference, 2018, Nürnberg, 37 F.

Hesse, J.; Klier, D.T.; Sgarzi, M.; Nsubuga, A.; Bauer, C.; Grenzer, J.; Hübner, R.; Wislicenus, M.; Joshi, T.; Kumke, M.U.; Stephan, H.

**Rapid Synthesis of Sub-10 nm Hexagonal NaYF<sub>4</sub> based Upconverting Nanoparticles using Therminol® 66**

ChemistryOpen 7 (2018), Nr. 2, S. 159-168

Hohle, C.; Schulze, M.

**MEMS integration on foundry-fabricated CMOS backplanes**

Microsystems Technology in Germany 2018 / Mikrosystemtechnik in Deutschland 2018, Berlin: Trias Consult, 2018, S. 18-19

Holland, H.-J.

**Plagiatschutz mittels RFID**

12. Dresdner RFID-Symposium, 2018, Dresden, 21 F.

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

**Enhancement of vertical integration density by engineered BSOI wafers**

Microsystem Technologies 24 (2018), Nr. 1, S. 809-814

Kaden, C.; Schulze, M.

**Monolithic integration for photonic applications: MEMS on CMOS and functional BSOI**

10th Anniversary MEMS Engineer Forum (MEF), 2018, Tokyo, Japan, Vortrag

Kini, M.; Bonitz, J.; Müller, M.; Schulz, S.E.; Hermann, S.

**Vertically aligned carbon nanotube films as absorption layers for IR applications**

Smart Systems Integration (SSI), 2018, Dresden, 4 S.

Kirrbach, R.; Faulwaßer, M.; Schneider, T.; Ostermann, R.; Noack, A.

**Automatic tracking of Li-Fi links for wireless industrial ethernet**

Embedded world Exhibition and Conference, 2018, Nürnberg, 5 S.

Kirrbach, R.

**Automatic Tracking of Li-Fi Links for Wireless Industrial Ethernet**

Embedded world Exhibition and Conference, 2018, Nürnberg, 20 F.

Kirrbach, R.; Faulwaßer, M.; Ostermann, R.; Jakob, B.; Noack, A.

**High-Speed, Cellular Li-Fi HotSpot for Real-Time Applications**

Wireless Congress: Systems & Applications, 2018, München, Vortrag

Kolkovsky, V.; Stübner, R.; Gwozdz, K.; Weber, J.

**Carbon-hydrogen-related complexes in Si**

Physica. B 535 (2018), S. 128-131

PUBLIKATIONEN/PUBLICATIONS (CONT.)

Kolkovsky, V.; Stübner, R.

**Hydrogen-related defects in Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> layers grown on n-type Si by the atomic layer deposition technique**

Physica. B 535 (2018), S. 171-174

Kolkovsky, V.; Scholz, S.; Kolkovsky, V.; Schmidt, J.-U.; Heller, R.

**Interaction of hydrogen with hafnium dioxide grown on silicon dioxide by the atomic layer deposition technique**

Journal of vacuum science and technology B. Microelectronics and nanometer structures 36 (2018), Nr. 6, Art. 062901

Krenkel, M.; Kircher, M.; Kupnik, M.; Koch, S.

**CMUT with mechanically coupled plate actuators**

19th IEEE International Conference on Thermal, Mechanical and Multi-Physics Simulation and Experiments in Microelectronics and Microsystems, (EuroSimE), 2018, Toulouse, France, 8 S.

Krenkel, M.; Lange, N.; Koch, S.; Kircher, M.

**Mechanically coupled capacitive ultrasonic transducer**

Smart Systems Integration (SSI), 2018, Dresden, 8 S.

Krivokapic, Z.; Rana, U.; Galatage, R.; Razavieh, A.; Aziz, A.; Liu, J.; Shi, J.; Kim, H.J.; Sporer, R.; Serrao, C.; Busquet, A.; Polakowski, P.; Müller, J.; Kleemeier, W.; Jacob, A.; Brown, D.; Knorr, A.; Carter, R.; Banna, S.

**14nm Ferroelectric FinFET technology with steep subthreshold slope for ultra low power applications**

IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), 2017, San Francisco, California, USA, 4 S. (erschienen 2018)

Kühnel, K.; Riedel, S.; Mart, C.; Weinreich, W.

**Reliable high-density energy storage in Si-doped HfO<sub>2</sub> thin films on 3D-structures**

20th Workshop on Dielectrics in Microelectronics (WODIM), 2018, Berlin, 2 S.

Lange, N.; Grafe, M.; Koch, S.; Kaden, C.; Schulze, M.

**MEMS basierte Ultraschallwandler für die Anwendung in flüssigen und gasförmigen Umgebungen und Möglichkeiten der CMOS Integration**

microTEC Südwest Clusterkonferenz, 2018, Freiburg, Vortrag

Laine, H.S.; Vahlman, H.; Haarahiltunen, A.; Jensen, M.A.; Modanese, C.; Wagner, M.; Wolny, F.; Buonassisi, T.; Savin, H.

**Vertically integrated modeling of light-induced defects: Process modeling, degradation kinetics and device impact**

AIP Conference Proceedings Vol. 1999 (2018), Art. 020016

Lee, J.; Berrada, S.; Adamu-Lema, F.; Nagy, N.; Georgiev, V.P.; Sadi, T.; Liang, J.; Ramos, R.; Carrillo-Nunez, H.; Kalita, D.; Lilienthal, K.; Wislicenus, M.; Pandey, R.; Chen, B.; Teo, K.B.K.; Goncalves, G.; Okuno, H.; Uhlig, B.; Todri-Sanial, A.; Dijon, J.; Asenov, A.

**Understanding Electromigration in Cu-CNT Composite Interconnects: A Multiscale Electrothermal Simulation Study**

IEEE transactions on electron devices 65 (2018), Nr. 9, S. 3884-3892

Liang, J.; Ramos, R.; Dijon, J.; Okuno, H.; Kalita, D.; Renaud, D.; Lee, J.; Georgiev, V.P.; Berrada, S.; Sadi, T.; Asenov, A.; Uhlig, B.; Lilienthal, K.; Dhavamani, A.; Könnemann, F.; Gotsmann, B.; Goncalves, G.; Chen, B.; Teo, K.; Pandey, R.R.; Todri-Sanial, A.

**A physics-based investigation of Pt-salt doped carbon nanotubes for local interconnects**

IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM), 2017, San Francisco, California, USA, 4 S. (erschienen 2018)

Lv, H.; Leitao, D.; Hou, Z.; Freitas, P.; Cardoso, S.; Kämpfe, T.; Müller, J.; Langer, J.; Wrona, J.

**Barrier breakdown mechanism in nano-scale perpendicular magnetic tunnel junctions with ultrathin MgO barrier**

AIP Advances 8 (2018), Nr. 5, Art. 055908

Mart, C.; Weinreich, W.; Czernohorsky, M.; Riedel, S.; Zybelle, S.; Kühnel, K.

**CMOS compatible pyroelectric applications enabled by doped HfO<sub>2</sub> films on deep-trench structures**

48th IEEE European Solid-State Device Research Conference (ESSDERC), 2018, Dresden, 4 S.

Mart, C.; Czernohorsky, M.; Zybell, S.; Kämpfe, T.; Weinreich, W.

**Frequency domain analysis of pyroelectric response in silicon-doped hafnium oxide (HfO<sub>2</sub>) thin films**

Applied Physics Letters 113 (2018), Nr. 12, Art. 122901

Mart, C.; Kämpfe, T.; Zybell, S.; Weinreich, W.

**Layer thickness scaling and wake-up effect of pyroelectric response in Si-doped HfO<sub>2</sub>**

Applied Physics Letters 112 (2018), Art. 052905

Mart, C.; Kämpfe, T.; Zybell, S.; Weinreich, W.

**Wake-up effect of pyroelectric response in doped HfO<sub>2</sub>**

Konferenz High-k oxides by ALD, 2018, Warschau, Polen, Vortrag

Mohammadian Kia, A.

**Development of titanium oxide conformal thin film by atomic layer deposition**

11th International Workshop on Engineering of Functional Interfaces (EnFI), 2018, Wittenberg, Poster

Mohammadian Kia, A.

**3D analysis of thin layers by ToF-SIMS**

6th Dresden Nanoanalysis Symposium, 2018, Dresden, Poster

Noack, A.

**Drahtlose Industriekommunikation: Li-Fi für Kurzstrecken**

Elektroniknet.de, Online Ressource, 2018

Ostendorf, R.; Hugger, S.; Butschek, L.; Härtelt, M.; Dreyhaupt, A.; Grahmann, J.; Rattunde, M.; Wagner, J.

**Rapidly tunable External cavity Quantum Cascade Lasers for applications in real time MIR sensing**

14th International Conference on Mid-IR Optoelectronics: Materials and Devices (MIOMD-XIV), 2018, Flagstaff, Arizona, USA

Ostendorf, R.; Hugger, S.; Butschek, L.; Härtelt, M.; Dreyhaupt, A.; Grahmann, J.; Rattunde, M.; Wagner, J.

**Recent advances of external cavity QCLs with MOEMS diffraction gratings**

Proceedings of SPIE Vol. 10540 (2018), Paper 105401K

Polakowski, P.; Büttner, T.; Ali, T.N.I.; Riedel, S.; Kämpfe, T.; Seidel, K.; Müller, J.; Pätzold, B.

**Tuning parameters and their impact on ferroelectric hafnium oxide**

Materials Research Society Spring Meeting and Exhibit, 2018, Phoenix, Arizona, USA, Paper EP01.04.03

Reinig, P.; Grüger, H.; Knobbe, J.; Pügner, T.; Meyer, S.

**Bringing NIR spectrometers into mobile phones**

Proceedings of SPIE Vol. 10545 (2018), Paper 105450F

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

**Modulating Complex Beams in Amplitude and Phase Using Fast Tilt-Micromirror Arrays and Phase Masks**

Optics Letters 43 (2018), Nr. 12, S. 2860-2863

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

**Spatial Beam Shaping in Amplitude and Phase for Multispectral Applications Using Binary Amplitude Modulators and Phase Masks**

11th International Conference on Optics-photonics Design and Fabrication (ODF), 2018, Hiroshima, Japan, 2 S.

Rudolph, M.; Pätzold, B.; Czernohorsky, M.

**Aspects of high aspect ratio silicon etching - capacitor application**

VDI GMM Workshop, 2018, Erlangen, 20 F.

Rülke, S.; Beyer, V.; Zorn, W.; Meinig, M.; Wecker, J.; Reuter, D.; Deicke, F.; Clausner, A.; Werner, T.

**Functional integration - structure-integrated wireless sensor technology targeting smart mechanical engineering applications**

Smart Systems Integration (SSI), 2018, Dresden, 4 S.

Sandner, T.; Grahmann, J.; GraBhoff, T.; Schroedter, R.

**Micro Scanning Mirrors an Enabling Technology for Applied Optics (incl. Robotics)**

SYSTEMS INTEGRATION, 2018, Alpnach, Schweiz, Vortrag

PUBLIKATIONEN/PUBLICATIONS (CONT.)

Sandner, T.; Gaumont, E.; Grasshoff, T.; Auböck, G.; Kenda, A.; Gisler, T.; Langa, S.; Herrmann, A.; Grahmann, J.  
**Translatory MEMS actuator with wafer level vacuum package for miniaturized NIR Fourier transform spectrometers**  
 Proceedings of SPIE Vol. 10545 (2018), Paper 105450W

Schenk, H.; Wagner, M.; Grahmann, J.; Merten, A.  
**Advances in MOEMS technologies for high quality imaging systems**  
 Proceedings of SPIE 10587 (2018), Paper 1058703

Schmidt, J.-U.; Duerr, P.; Wagner, M.  
**Customized micro mirror array for highly parallel industrial laser direct processing on the micro- and nanoscale**  
 MikroSystemTechnik Congress, 2017, München, 4 S. (erschienen 2018)

Schroedter, R.; Roth, M.; Janschek, K.; Sandner, T.  
**Flatness-based open-loop and closed-loop control for electrostatic quasi-static microscanners using jerk-limited trajectory design**  
 Mechatronics 56 (2018), S. 318-331

Schroedter, R.; Schwarzenberg, M.; Grahmann, J.; Sandner, T.; Janschek, K.  
**Repetitive nonlinear control for linear scanning micro mirrors**  
 Proceedings of SPIE Vol. 10545 (2018), Paper 1054511

Schuffenhauer, D.; Gaudet, M.; Conrad, H.  
**Smart and efficient optimization of NED actuators**  
 Smart Systems Integration (SSI), 2018, Dresden, 4 S.

Schwarzenberg M.; Schroedter R.; Kiethe, O.  
**Robuste Regelung von MEMS-Scannern dank integrierter Positionssensorik**  
 Messe VISION, 2018, Stuttgart, Vortrag

Schweiger, S.; Koch, S.  
**A review of acoustic impedance matching methods to validate additive manufactured metamaterial for capacitive micromachined ultrasonic transducers**  
 41st IEEE International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE), 2018, Zlatibor, Serbia, 7 S.

Sicker, C.; Heber, J.; Berndt, D.  
**Subnanometer calibration of diffractive micromirror arrays**  
 European Optical Society Biennial Meeting (EOSAM), 2018, Delft, Netherlands, 2 S.

Sicker, C.; Heber, J.; Berndt, D.  
**Subnanometer calibration of diffractive micromirror arrays**  
 European Optical Society Biennial Meeting (EOSAM), 2018, Delft, Netherlands, 22 F.

Speulmanns, J.; Zybelle, S.; Mohammadian Kia, A.; Bönhardt, S.; Weinreich, W.; Liske, R.  
**Ultrathin Lithium Ion Diffusion Barrier for On-Chip 3D All-Solid-State Batteries**  
 Conference "Interfaces in Energy Materials", 2018, Cambridge, UK, Poster

Uhlig, B.; Dhavamani, A.; Nagy, N.; Lilienthal, K.; Liske, R.; Ramos, R.; Dijon, J.; Okuno, H.; Kalita, D.; Lee, J.; Georgiev, V.; Asenov, A.; Amoroso, S.; Wang, L.; Koenemann, F.; Gotsmann, B.; Goncalves, G.; Chen, B.; Liang, J.; Pandey, R.R.; Chen, R.; Todri-Sanial, A.  
**Challenges and Progress on Carbon Nanotube Integration for BEOL Interconnects**  
 21st IEEE International Interconnect Technology Conference (IITC), 2018, Santa Clara, California, USA, 3 S.

Uhlig, B.; Liang, J.; Lee, J.; Ramos, R.; Dhavamani, A.; Nagy, N.; Dijon, J.; Okuno, H.; Kalita, D.; Georgiev, V.; Asenov, A.; Amoroso, S.; Wang, L.; Millar, C.; Koenemann, F.; Gotsmann, B.; Goncalves, G.; Chen, B.; Pandey, R.R.; Chen, R.; Todri-Sanial, A.  
**Progress on carbon nanotube BEOL interconnects**  
 Design, Automation & Test in Europe (DATE), 2018, Dresden, 6 S.



---

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

**Clamped-clamped in-plane electrostatic bending actuators in silicon-based microfluidic devices**

22nd International Conference on Miniaturized Systems for Chemistry and Life Sciences ( $\mu$ TAS), 2018, Kaohsiung, Taiwan, 4 S.

---

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

**Electrostatically Driven In-Plane Silicon Micropump for Modular Configuration**

Micromachines 9 (2018), Nr. 4, 15 S.

---

Weder, A.; Koch, S.; Grätz, H.; Kircher, M.

**Passive RFID sensors - battery-free, wireless pressure measurements**

IOSense Spring School 2018, co-located event to the Smart Systems Integration Conference (SSI), 2018, Dresden, 24 F.

---

Weder, A.

**Passive sensor transponders - wireless, battery-free sensing with RFID technology**

IDTechEx Show! Conference, 2018, Berlin, 21 F.

---

Yang, H.; Krause, R.; Scheunert, C.; Liske, R.; Uhlig, B.; Preusse, A.; Dianat, A.; Bobeth, M.; Cuniberti, G.

**Copper electroplating with polyethylene Glycol. Pt. II: Experimental analysis and determination of model parameters**

Journal of the Electrochemical Society 165 (2018), Nr.2, S. D13-D22

---

## WISSENSCHAFTLICHE ARBEITEN

## ACADEMIC THESES

## DISSERTATIONEN / DISSERTATIONS

Faulwäßer, Michael

**Vollduplex-Transceiver für die optische drahtlose Hochgeschwindigkeitskommunikation**

TU Dresden; Betreuer: Prof. Dr. Wolf-Joachim Fischer, Jun.-Prof. Dr.-Ing. Kambiz Jamshidi, Prof.- Dr.-Ing. Matthias Henker

Pawlik, Boscij

**Aktoren auf Basis elektroaktiver Polymer/Nanopartikel Komposite und deren Anwendung in einer Mikrolinse mit variablem Fokus**

TU Dresden; Betreuer: Prof. Dr. Hubert Lakner, Prof. Dr.-Ing. habil. Jürgen Czarske, Prof. Dr. rer. nat. Anton Grabmaier

Schroedter, Richard

**Modellbasierter Systementwurf zur Steuerung und Regelung quasi-statischer Microscannerspiegel mit elektrostatischem Kammantrieb**

TU Dresden; Betreuer: Prof. Dr. Hubert Lakner

Sicker, Cornelius

**Grundlegende Untersuchungen zur Phasenmodulation von Licht im Subnanometer-Bereich mittels diffraktiver Mikrospiegel-arrays**

TU Dresden; Betreuer: Prof. Dr.-Ing. Dr. rer. nat. habil. Harald Schenk, Prof. Dr. rer. nat. habil. Jürgen Reif

## DIPLOMARBEITEN / DIPLOMA THESES

Felsberg, Linda

**Elektrostatischer Kammantrieb für Senkspiegel**

TU Dresden; Betreuer: Dr. Detlef Kunze, Prof. Dr.-Ing. habil. Uwe Marschner, Prof. Dr.-Ing. habil. Wolf-Joachim Fischer

Horky, Steve

**Konzeption und Herstellung von Systemdemonstratoren für miniaturisierte Im-Ohr-Lautsprecher mit drahtlosen Kommunikationsschnittstellen**

HTW Dresden; Betreuer: Dr. Bert Kaiser, Reinhard Bauer

Lanchev, Alexander

**Gestaltungsmuster zur Oberflächengestaltung in Industrie-4.0-Anwendungen**

HTW Dresden; Betreuer: Prof. Dr. rer. pol. Dirk Reichelt, Prof. Dr.-Ing. Kai Bruns

Lei, Lei

**Entwicklung eines Transmitters mit Hochleistungs-Leuchtdiode für die optische drahtlose Datenübertragung**

TU Dresden; Betreuer: Robert Ostermann, Prof. Dr. Wolf-Joachim Fischer

Zhu, Hailong

**Konzipierung und Umsetzung eines Automotive Ethernet-MAC IP-Cores**

TU Dresden; Betreuer: Dr. Ralf Hildebrandt, Prof. Dr. Wolf-Joachim Fischer

## MASTERARBEITEN / MASTER THESES

Audi, Maher

### **Kanalkodierungen in der optisch-drahtlosen Übertragung**

Bergische Universität Wuppertal; Betreuer: Dr. Michael Faulwaßer, Dr. Alexander Noack, Dietmar Tutsch, Reinhard Möller

Franze, Peter

### **Charakterisierung eines Spin-On-Glass-Materials zur Verwendung als Zwischendielektrikum im Damascene-Prozess**

TU Dresden; Betreuer: Benjamin Uhlig

Medeiros Ventura, Luiz Guilherme de

### **Entwicklung eines Beleuchtungsmoduls für stroboskopische, phasenschiebende Interferometrie**

TU Bergakademie Freiberg; Betreuer: Steffen Wolschke, Prof. Dr. Johannes Heitmann, Dr. Christoph Skupsch

Nyongkaa Nteh, Julius

### **Conception and design of a charge pump based dc-dc converter for use in a smart senso platform**

Universität Kassel; Betreuer: Sascha Bönhardt

Paramesh, Vidwath

### **CMOS design of Digital to Analog converters for active matrix Spatial Light Modulator applications**

TU Chemnitz; Betreuer: Dr. Thomas Presberger, John Thomas Horstmann

Tränkner, Sebastian

### **Continuous Delivery mittels Container-Lösungen für Systeme zur Soft- und Hardwareintegration**

HTW Dresden; Betreuer: Prof. Dr. rer. pol. Dirk Reichelt

## BACHELORARBEITEN / BACHELOR THESES

Bolz, Krystian

### **Bewertung von UHF RFID Transpondern auf Grundlage von Messungen in einer automatisierten Messkammer**

HAW Hamburg; Betreuer: Dr. Andreas Heinig

Born, Jennifer

### **Betrachtung der 2016er-Novellierung des WissZeitVG und die damit verbundene Kopplung der Befristung des wissenschaftlichen Personals an die eigene wissenschaftliche Qualifizierung am Beispiel des Fraunhofer-Institutes IPMS**

HFH Hamburger Fern-Hochschule; Betreuer: Linda Rudolph, PD Dr. iur. Marina Tamm

Reichelt, Christoph

### **Charakterisierung und Bewertung von CuPc-basierten OFET's im Hinblick auf eine Anwendung als NO<sub>2</sub>-Sensor**

Hochschule für Technik und Wirtschaft; Betreuer: Stephan Zipser, Dr. Alexander Graf

## 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.

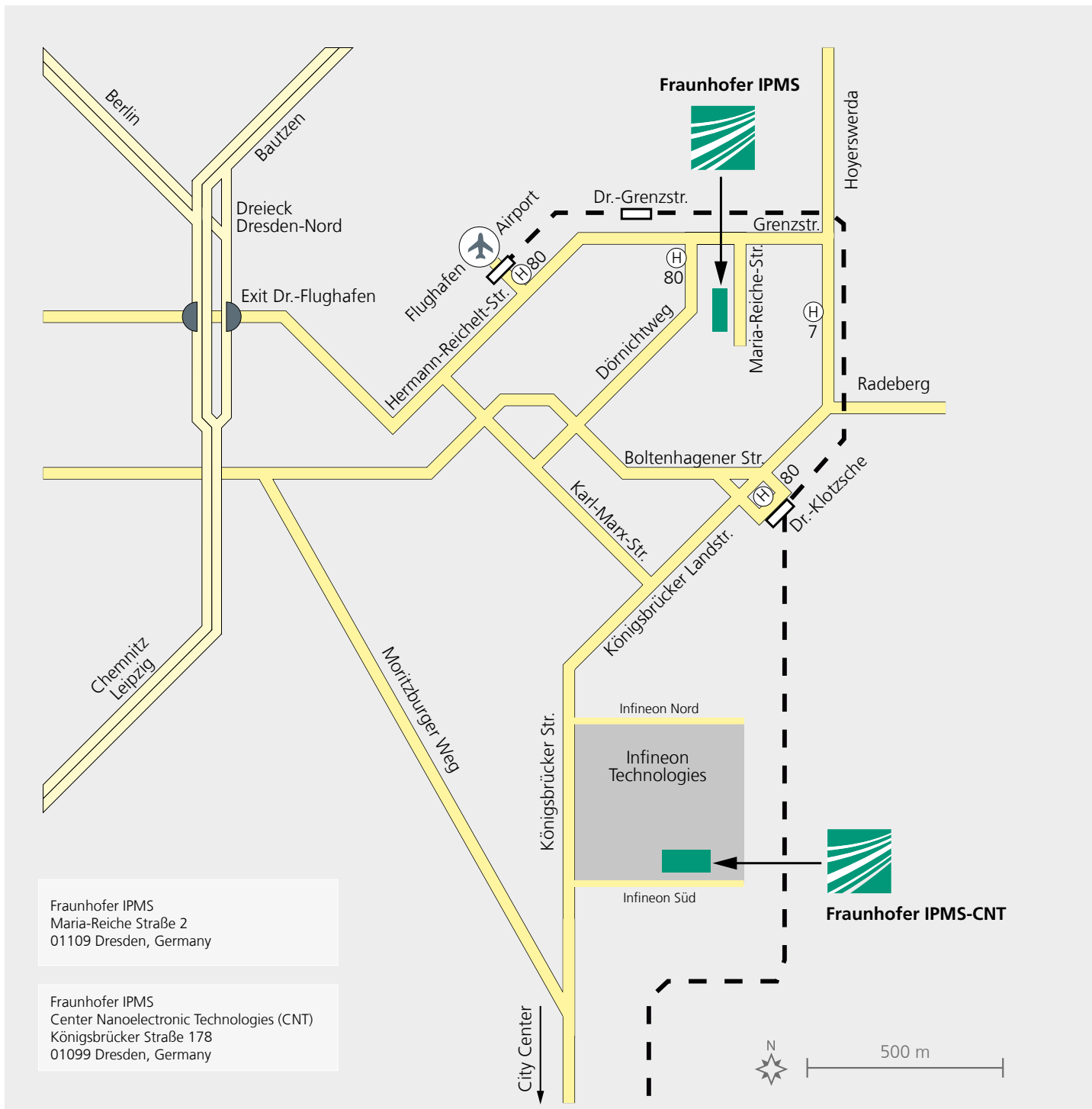
Zum Standort »Center Nanoelectronic Technologies« nutzen Sie die Buslinie 77 vom Flughafen direkt zu Infineon Nord. Von da aus sind es 5 Minuten zum Gebäude 48.



ANFAHRT ZU DEN ANDEREN STANDORTEN/  
**HOW TO REACH THE OTHER SITES**



[www.ipms.fraunhofer.de/de/contact.html](http://www.ipms.fraunhofer.de/de/contact.html)



WEITERE INFORMATIONEN

**MORE INFORMATION**



SOCIAL MEDIA



Fraunhofer IPMS

ARON GUTTOWSKI

Phone: +49 351 / 8823 - 229

Fax: +49 351 / 8823 - 266

E-mail: [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)

# IMPRESSUM

## EDITORIAL NOTES

© Fraunhofer-Institut für Photonische  
Mikrosysteme IPMS, Dresden 2019

---

### RECHTE

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur mit  
Genehmigung der Institutsleitung.

---

### REDAKTION & GESTALTUNG

Fraunhofer IPMS

---

### ÜBERSETZUNG

Fraunhofer IPMS  
Terry Jung, Dresden

---

### DRUCK

Elbe Druckerei Wittenberg GmbH

---

### FOTOS

Fraunhofer-Gesellschaft;  
David Brandt;  
Jürgen Lösel/VISUM;  
Torsten Becker Illustrationen, Dresden

© Fraunhofer Institute for Photonic  
Microsystems IPMS, Dresden 2019

---

### COPYRIGHTS

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

---

### EDITORS & LAYOUT

Fraunhofer IPMS

---

### TRANSLATION

Fraunhofer IPMS  
Terry Jung, Dresden

---

### PRINT

Elbe Druckerei Wittenberg GmbH

---

### PHOTOS

Fraunhofer-Gesellschaft;  
David Brandt;  
Jürgen Lösel/VISUM;  
Torsten Becker Illustrationen, Dresden

