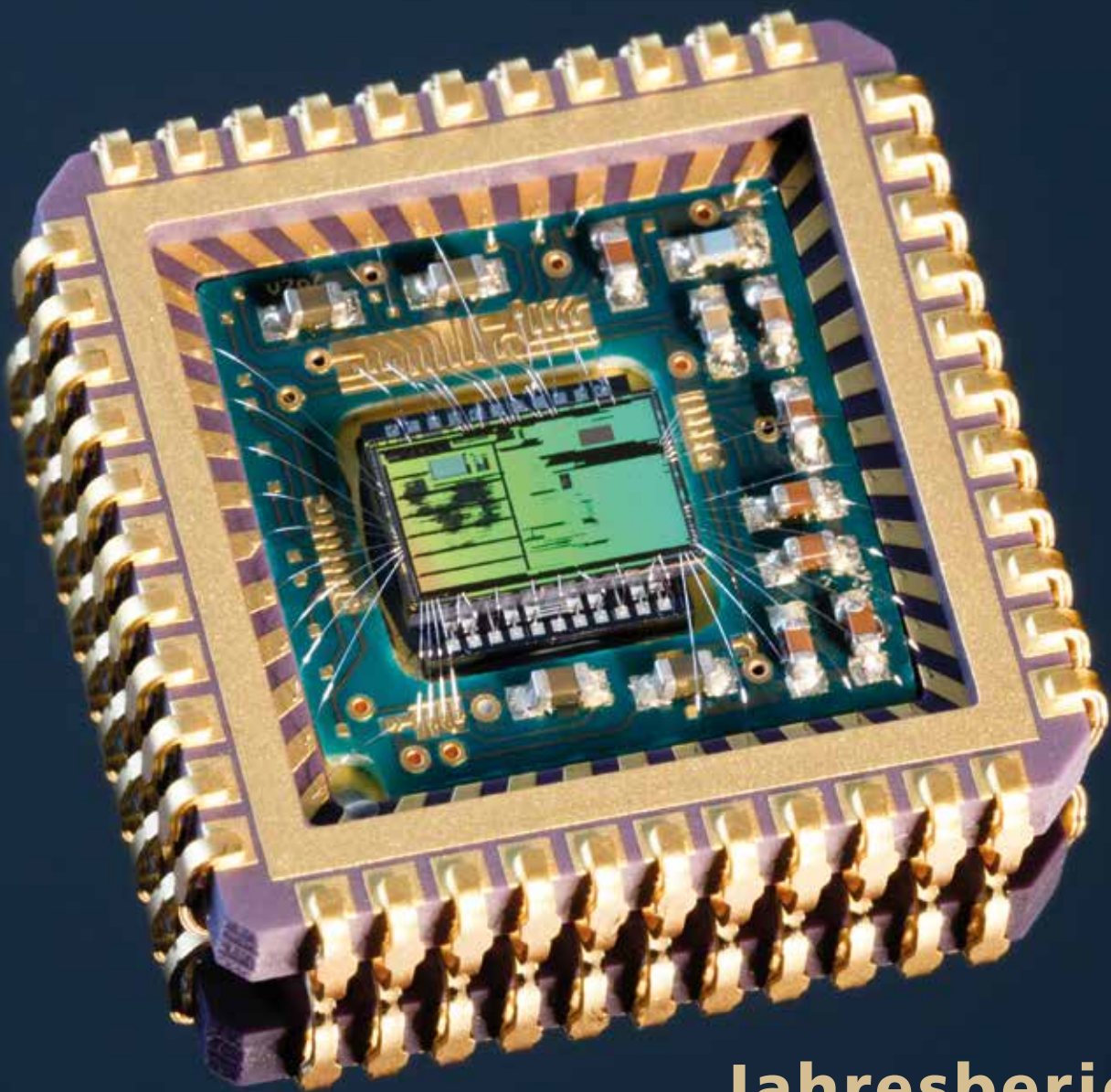




Fraunhofer

ENAS

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ELEKTRONISCHE NANOSYSTEME ENAS



Jahresbericht
2019

INHALT

| | |
|----|---|
| 3 | Vorwort |
| 5 | Strategie: Der Schlüssel zum Erfolg |
| 11 | Fraunhofer ENAS: Profil |
| 12 | Fraunhofer-Gesellschaft |
| 13 | Fraunhofer ENAS |
| 14 | Organisationsstruktur |
| 16 | Zahlen und Fakten |
| 18 | Kuratorium |
| 19 | Fraunhofer ENAS – Partner für Innovationen |
| 27 | Geschäftsfelder |
| 29 | Micro and Nanoelectronics |
| 37 | Sensor and Actuator Systems |
| 45 | Technologies and Systems for Smart Power and Mobility |
| 49 | Technologies and Systems for Smart Health |
| 53 | Technologies and Systems for Smart Production |
| 59 | Highlights |
| 72 | Impressum |

Titelseite:

Das Gyroskop-System mit MEMS, ASIC und diskreten Bauelementen in einem Keramik-Package wurde im Forschungsvorhaben KoliBriS – »kompakte leistungsarme Breitbandsensoren mit integrierter Schaltungselektronik« gemeinsam mit der EDC Electronic Design Chemnitz GmbH (Verbundkoordinator) entwickelt. Ein weiterer Projektpartner im Vorhaben war die X-FAB MEMS Foundry GmbH. Mehr zum Thema finden Sie auf Seite 39.

Foto © Roman Forke, Fraunhofer ENAS

VORWORT

Foto © Ines Escherich



Fortschritt ist die Verwirklichung von Utopien. (Oscar Wilde)

Liebe Freunde und Partner des Fraunhofer-Instituts für Elektronische Nanosysteme,
sehr geehrte Lesende,

2019 haben wir einen wesentlichen Meilenstein, die Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001:2015 des Hauptstandortes des Fraunhofer-Instituts für Elektronische Nanosysteme ENAS, erreicht. Auch wirtschaftlich verzeichnen wir eine positive Entwicklung. Unser Budget ist kontinuierlich gestiegen, unsere Leistungen werden anerkannt und wertgeschätzt. Ein Großteil unseres Forschungsvolumens wird durch Vertragsforschung, d.h. im Rahmen von Direktaufträgen der Industrie und durch öffentlich geförderte Projekte, generiert. An dieser Stelle möchten wir unseren Partnern und Kunden für ihr Vertrauen und ihre Unterstützung danken.

Im digitalen Zeitalter mit seinen Herausforderungen und Chancen sind neue Produktideen oft nur interdisziplinär umzusetzen. Es kommt immer stärker auf Arbeitsteilung und Kooperationen an. Daher bündeln wir gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten des Verbundes Mikroelektronik und dem Leibniz IHP und Leibniz FBH unsere Kompetenzen als Partner in der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland.

Darüber hinaus stellen wir Altes und Bewährtes auf den Prüfstand und entwickeln zukunfts-fähige Themen weiter. Da sich das Portfolio der Abteilung Back-End of Line weiterentwickelt hat, neue Themenfelder wie u. a. Memristoren, Technologien für die 3D-Integration, Kohlenstoffnanoröhren für Elektronik und Sensorik sowie Magnetsensorik basierend auf Spintronik jetzt in dieser Abteilung beheimatet sind, wurde 2019 eine Restrukturierung gestartet. Als Folge trägt die Abteilung nun seit April 2020 den neuen Namen »Nano Device Technologies«.

In unserem Jahresrückblick 2019 finden Sie einen kleinen Auszug der Themen, die uns im abgelaufenen Jahr beschäftigt haben. Lassen Sie sich inspirieren.

Prof. Dr. Thomas Otto

Der kommissarische Leiter des Fraunhofer-Instituts für Elektronische Nanosysteme



**STRATEGIE:
DER SCHLÜSSEL
ZUM ERFOLG**

STRATEGIE: DER SCHLÜSSEL ZUM ERFOLG

Strategieprozess

Fraunhofer ENAS kann seit seiner Gründung im Jahre 2008 auf eine beständige positive Entwicklung mit hohen Industrierträgen und kontinuierlichem Wachstum zurückblicken. Dazu setzen wir uns permanent mit Trends, Entwicklungen und Marktverschiebungen auseinander, um unsere Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und weiter auszubauen, neue Anwendungsfelder zu erschließen, unser FuE-Portfolio weiterzuentwickeln und neue aufstrebende Märkte zu identifizieren. Um das zu realisieren, verfolgen wir einen systematischen Strategieprozess.

Im Strategieprozess werden sowohl das Projektportfolio und die Ziele als auch die Kunden und adressierten Märkte des Instituts intensiv auf den Prüfstand gestellt. Die erarbeiteten Ergebnisse bilden die Basis für Handlungsmaßnahmen und Ziele mit einem Zeithorizont von bis zu fünf Jahren. Eine der wichtigsten Maßnahmen, welche das Jahr 2019 intensiv geprägt hat, war die Einführung eines Qualitätsmanagementsystems nach DIN EN ISO 9001:2015.

Qualitätsmanagementsystem

Das Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS ist seit Dezember 2019 von der DEKRA nach DIN EN ISO 9001:2015 zertifiziert.

Das Qualitätsmanagementsystem unterstützt uns bei der Einführung und Umsetzung transparenter und klar definierter Prozesse und stellt eine systematische und kontinuierliche Verbesserung der Abläufe sicher.

Das Fraunhofer ENAS steht für:

- Kundenorientierung
- Zufriedene Mitarbeitende
- Qualität
- Wissenschaftliche Exzellenz
- Innovation zum Nutzen von Kunden und Gesellschaft
- Nachhaltigkeit
- Kundenzufriedenheit

www.enas.fraunhofer.de/de/lueber_uns/qualitaetsmanagement

Strategische Partnerschaften

Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland

One-Stop-Shop: Von den Grundlagen bis zur Pilotfertigung mikroelektronischer Komponenten

Das Fraunhofer ENAS ist seit April 2017 Teil der bundesweit koordinierten Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD). Dieses Forschungsnetzwerk ist mit 13 Mitgliedern und mit über 2000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der größte FuE-Zusammenschluss für die Mikro- und Nanoelektronik in Europa.

Investitionen in die FMD zahlen sich aus

In den vergangenen zweieinhalb Jahren konnten in Kombination mit der FMD erfolgreiche Projektbeteiligungen etabliert und Aufträge abgeschlossen werden. Für das Jahr 2019 lassen sich Projekte mit einem Volumen von 66,8 Millionen Euro auf Basis der FMD-Investitionen identifizieren. Der Anteil der reinen Industrieprojekte in 2019 liegt bei über 17 Millionen Euro, was die Bedeutung dieser einzigartigen Kooperation der deutschen Mikroelektronikforschung für die Industrie unterstreicht.

FMD – Zukunftsmodell bei Großprojekten

Im Jahr 2020 geht die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland in die letzte Aufbauphase über. Dass das neuartige Konzept für die standortübergreifende Zusammenarbeit bereits Erfolg hat, zeigt beispielsweise ein Ende 2019 gestartetes und von der FMD-Geschäftsstelle begleitetes Großprojekt »miniLiDAR« in Höhe von 5,65 Millionen Euro. Zusammen mit einem Industriepartner, welcher durch die FMD-Geschäftsstelle aktiv angesprochen wurde, sollen hier Komponenten eines miniaturisierten LiDAR für die Robotik entwickelt werden. Beteiligt sind vier FMD-Institute – das Ferdinand-Braun-Institut FBH in Berlin, das Fraunhofer-Institut für Mikroelektronische Schaltungen und Systeme IMS in Duisburg, das Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden und das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM in Berlin.

Mit FMD-Space werden Gründerideen Wirklichkeit

Das in der ersten Aufbauphase der Forschungsfabrik entwickelte Unterstützungskonzept für Start-ups – der FMD-Space – wurde im Jahr 2019 weiter umgesetzt und in mehreren Pilotprojekten erfolgreich erprobt. Damit ist es gelungen, technologisch orientierten Start-ups die Technologien und Anlagen der Institute in sehr effizienter Weise zugänglich zu machen. Die Start-ups entwickeln gemeinsam mit den Forschenden an den Instituten Demonstratoren ihrer Produktideen.

www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de



STRATEGIE: DER SCHLÜSSEL ZUM ERFOLG

Das Angebot des FMD-Spaces nutzen beispielsweise die Gründerinnen des Unternehmens »Ghost – feel it«, die »OQmented GmbH« und die »nxtbase technologies GmbH«. Ende 2019 sicherten sich weitere zwei Projektideen einen Platz im FMD-Space: »Quantune Technologies« und »Twenty-One Semiconductors«.

Modernisierung der Anlagentechnik auf Hochtouren

Die Idee, Forschung und Entwicklung über mehrere Standorte hinweg erfolgreich zu betreiben, unterstützt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit rund 350 Millionen Euro bis Ende 2020. Diese Investitionen in die FMD sind die Grundlage für die Zukunftsfähigkeit der angewandten Mikroelektronikforschung in Deutschland. Hierbei handelt es sich vor allem um die Modernisierung der Forschungsausstattung der 13 beteiligten Institute der Fraunhofer-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft. Bis Ende 2019 wurden bereits 157 Anlagen geliefert und sind zum großen Teil betriebsbereit – ein großer Erfolg, der die technologischen Möglichkeiten der Institute bereits stark erweitert.

Fraunhofer ENAS in der FMD

Das institutsübergreifende Technologieangebot der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland umfasst die Bereiche Sensorsysteme, Extended CMOS, Microwave & Terahertz, Leistungselektronik, MEMS Aktoren und Optoelektronische Systeme. Aufgrund seines breiten FuE-Portfolios ist Fraunhofer ENAS in allen sechs Technologieplattformen sowie im technologieübergreifenden Querschnittsthema Advanced System Design vertreten.

USEP – Revolutionäre Sensor-Plattform für IoT-Systeme der nächsten Generation

Fraunhofer ENAS arbeitet gemeinsam mit GLOBALFOUNDRIES Dresden und den Fraunhofer-Instituten IPMS, IZM-ASSID und IIS/EAS im Forschungsprojekt USEP (Universelle Sensor-Plattform) an der Entwicklung einer konfigurierbaren Sensor-Plattform. Mit dieser werden nach dem Baukastenprinzip verschiedenste innovative Komponenten automatisiert generiert und zu einem Gesamtsystem zusammengefügt. Dabei setzen die Projektpartner auf eine zentrale Steuer- und Recheneinheit mit zahlreichen Schnittstellen sowie auf eine breite Auswahl an Sensoren und Aktoren. Neben der Systemarchitektur mit flexiblen Baublöcken bietet die Plattform auch innovative Lösungen für die Hardware- und IT-Sicherheit. Im Ergebnis wird das Sensor-Modul mit den diversen Gestaltungsvarianten hunderte verschiedene Anwendungsfälle abdecken können. Das Projekt wird durch den Freistaat Sachsen und die Europäische Union im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) gefördert. Ferner wurde zur Vermarktung

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

der Plattform die Sensry GmbH durch die Fraunhofer-Gesellschaft, GLOBALFOUNDRIES Dresden und Next Big Thing AG gegründet. Das Start-up hat den Betrieb aufgenommen mit dem Ziel, eine universelle Plattform für die Entwicklung von elektronischen Komponenten, Modulen und Systemen zu entwickeln und zu vermarkten.

Basis für die Technologie-Plattform, die vor allem kleineren Systemanbietern zugutekommen wird, ist die in Dresden gefertigte 22FDX-Technologie (Fully Depleted SOI) von GLOBALFOUNDRIES, die hochintegrierte Chips mit besonders stromsparenden und kostengünstigen Eigenschaften ermöglicht. Die Fraunhofer-Institute bringen in das Projekt vor allem ihre Kompetenzen für ein innovatives Packaging sowie ihr Know-how bei der Konzeptentwicklung, dem Systemdesign, der Sensorik und Datenübertragung sowie bei Simulation und Test ein. Damit Unternehmen die neue Plattform über einen möglichst langen Zeitraum nutzen können, stellt USEP sicher, dass die Ergebnisse auch auf die nächsten Technologie-Generationen übertragbar sein werden.

Smart Systems Hub – Enabling IoT

Das Fraunhofer ENAS engagiert sich auch weiterhin beim Aufbau des Smart Systems Hub-Enabling IoT, der auf eine enge Vernetzung der sächsischen Akteure in den Schlüsselbereichen Hardware – Software – Connectivity zielt. 2019 hat die Smart Systems Hub GmbH Fahrt aufgenommen und aktiv das Geschehen in die Hand genommen. Sie arbeitet in Kooperation mit ihren drei Gesellschaftern, dem Silicon Saxony e.V., der HighTech Startbahn und der 5G Lab GmbH, den Schlüsselpartnern GLOBALFOUNDRIES Dresden, Infineon Technologies, SAP und T-Systems Multimedia Solutions sowie allen weiteren Partner an der gezielten Umsetzung der Strategie. Fraunhofer ENAS engagiert sich neben den Veranstaltungen des Hubs auch in den Angeboten des Hubs speziell den Trails.

www.smart-systems-hub.de



FRAUNHOFER ENAS: PROFIL

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Sie ist Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz. Mit inspirierenden Ideen und nachhaltigen wissenschaftlich-technologischen Lösungen fördert die Fraunhofer-Gesellschaft Wissenschaft und Wirtschaft und wirkt mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft. Interdisziplinäre Forschungsteams der Fraunhofer-Gesellschaft setzen gemeinsam mit Vertragspartnern aus Wirtschaft und öffentlicher Hand originäre Ideen in Innovationen um, koordinieren und realisieren systemrelevante, forschungspolitische Schlüsselprojekte und stärken mit wertorientierter Wertschöpfung die deutsche und europäische Wirtschaft. Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Austausch mit den einflussreichsten Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 74 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 28 000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,8 Milliarden Euro. Davon fallen 2,3 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent davon erwirtschaftet Fraunhofer mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 30 Prozent steuern Bund und Länder als Grundfinanzierung bei, damit die Institute schon heute Problemlösungen entwickeln können, die in einigen Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft entscheidend wichtig werden. Die Wirkung der angewandten Forschung geht weit über den direkten Nutzen für die Auftraggeber hinaus: Fraunhofer-Institute stärken die Leistungsfähigkeit der Unternehmen, verbessern die Akzeptanz moderner Technik in der Gesellschaft und sorgen für die Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses. Hochmotivierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf dem Stand der aktuellen Spitzenforschung stellen für uns als Wissenschaftsorganisation den wichtigsten Erfolgsfaktor dar. Fraunhofer bietet daher die Möglichkeit zum selbstständigen, gestaltenden und zugleich zielorientierten Arbeiten und somit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung, die zu anspruchsvollen Positionen in den Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft befähigt. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und des frühzeitigen Kontakts mit Auftraggebern hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen. Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

www.fraunhofer.de

*Stand der Zahlen:
Januar 2020*

FRAUNHOFER ENAS

Das Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS ist der Spezialist und Entwicklungspartner im Bereich Smart Systems und deren Integration für unterschiedlichste Anwendungen. Auf die Herausforderung, Mikro- und Nanosensoren sowie -aktoren und Elektronikkomponenten mit Schnittstellen zur Kommunikation und einer autarken Energieversorgung zu Smart Systems zu verknüpfen, hat sich Fraunhofer ENAS spezialisiert und unterstützt damit das Internet der Dinge und die fortschreitende Digitalisierung. Die Anwendungsfelder unserer FuE-Services sind beispielsweise in der Halbleiterindustrie (Anlagen- und Materialhersteller), der Luft- und Raumfahrt, dem Automobilbau, der Kommunikationstechnik, der Sicherheitsbranche, der Logistik, der Medizin- und Prozesstechnik, der Landwirtschaft sowie im Maschinenbau zu finden.

www.enas.fraunhofer.de

Fraunhofer ENAS entwickelt für und mit seinen Kunden Einzelkomponenten, die entsprechenden Technologien für deren Fertigung, Systemkonzepte sowie Systemintegrationstechnologien und unterstützt aktiv den Technologietransfer. Egal ob Start-up, KMU oder Großunternehmen, Fraunhofer ENAS bietet Innovationsberatung, begleitet Kundenprojekte von der Idee über den Entwurf, die Technologieentwicklung oder die Umsetzung anhand bestehender Technologien bis zum getesteten Prototypen. Wenn Standardkomponenten den Anforderungen nicht gerecht werden oder an Grenzen stoßen, entwickelt Fraunhofer ENAS eine kundenspezifische Lösung.

Um unsere Aktivitäten zu fokussieren, legt Fraunhofer ENAS die Schwerpunkte im Technologieportfolio und in der Marktbearbeitung auf fünf Geschäftsfelder:

- Micro and Nanoelectronics
- Sensor and Actuator Systems
- Technologies and Systems for Smart Power and Mobility
- Technologies and Systems for Smart Health
- Technologies and Systems for Smart Production

Jedes Geschäftsfeld verfügt über ein eigenes Kundenprofil, das in Abhängigkeit der benötigten Forschungs- und Entwicklungsleistungen verschiedene Stellen der industriellen Wertschöpfungskette anspricht.

Organisatorisch ist das Fraunhofer ENAS in die sechs Fachabteilungen Advanced System Engineering, Micro Materials Center, Multi Device Integration, Nano Device Technologies (frühere Abteilung Back-End of Line), Printed Functionalities und System Packaging sowie die Verwaltung gegliedert. Der Hauptstandort ist Chemnitz. Die Abteilung Advanced System Engineering ist in Paderborn angesiedelt. Die Abteilung Micro Materials Center hat neben dem Chemnitzer Team eine Projektgruppe in Berlin-Adlershof.

ORGANISATIONSTRUKTUR

Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS

Institutsleitung (kommissarisch): Prof. Dr. Thomas Otto
 Stellvertretende Institutsleitung: Prof. Dr. Stefan E. Schulz

Abteilung
 Multi Device Integration
 kommissarische Leitung:
 Dr. Steffen Kurth / Dr. Alexander Weiß

Verwaltung
 Leitung: Dr. Tina Kießling
 Technische Leitung: Uwe Breng

Geschäftsfeld
 Micro and Nanoelectronics
 Prof. Dr. Stefan E. Schulz

Abteilung
 Micro Materials Center
 Prof. Dr. Sven Rzepka

Qualitätsmanagement
 Dr. Martina Vogel

Geschäftsfeld
 Sensor and Actuator Systems
 Prof. Dr. Karla Hiller

Abteilung
 Printed Functionalities
 Dr. Ralf Zichner

Marketing / Public Relations
 Referentin der Institutsleitung
 Dr. Martina Vogel

Geschäftsfeld
 Technologies and Systems for
 Smart Power and Mobility
 Dr. Steffen Kurth

Abteilung
 Nano Device Technologies
 Prof. Dr. Stefan E. Schulz

Geschäftsfeld
 Technologies and Systems for
 Smart Health
 Dr. Mario Baum

Abteilung
 System Packaging
 Dr. Maik Wiemer

Geschäftsfeld
 Technologies and Systems for
 Smart Production
 Dr. Ralf Zichner

Abteilung
 Advanced System Engineering
 Dr. Christian Hedayat

Internationale Büros

Fraunhofer Project Center an
 der Tohoku Universität, Japan
 Prof. Dr. Shin-ichi Orimo
 Prof. Thomas Otto
 Assoc. Prof. Dr. Jörg Frömel
 Dr. Maik Wiemer

Büro Shanghai, China
 SHI Min

Büro Manaus, Brasilien
 Hernan Valenzuela

Technische Universität Chemnitz

Zentrum für Mikrotechnologien (ZfM) Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Direktor: Prof. Dr. Thomas Otto Stellvertretende Direktorin: Prof. Dr. Karla Hiller

Abteilung
 Lithografie und Strukturübertragung
 Dr. Danny Reuter

Professur für
 Mikrotechnologie
 Prof. Dr. Thomas Otto

Abteilung
 Schichtabscheidung
 Dr. Sven Zimmermann

Honorarprofessur für
 Optoelektronische Systeme
 Prof. Dr. Thomas Otto

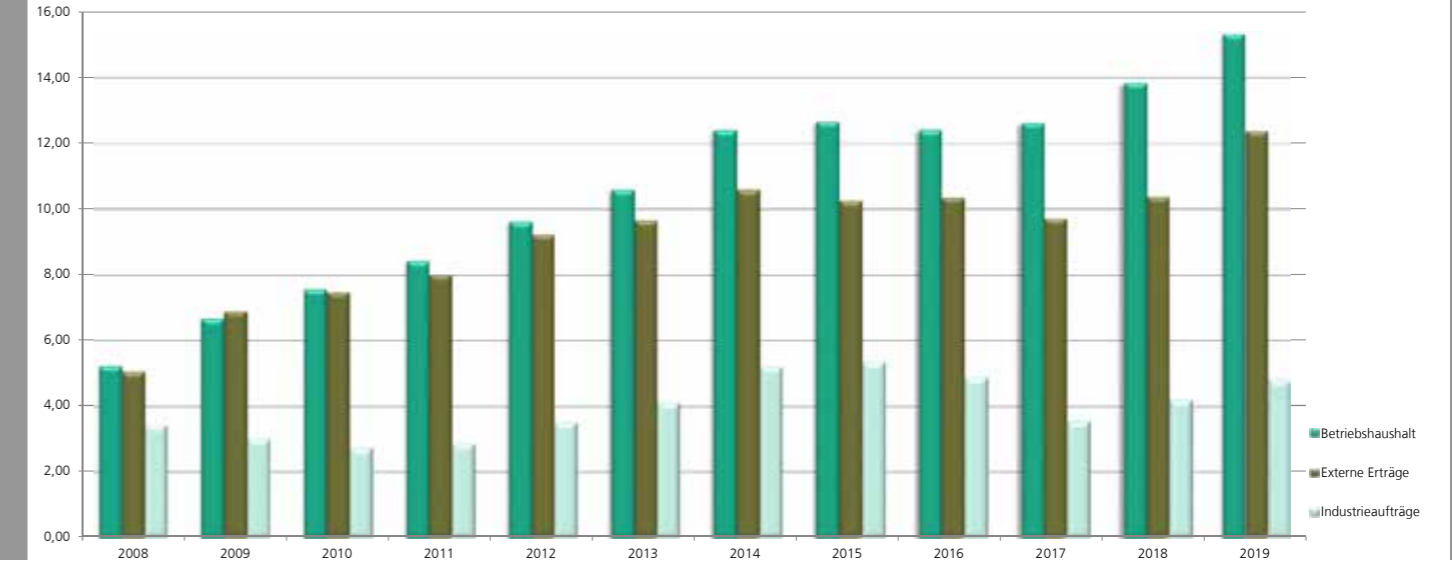
Honorarprofessur für
 Technologien der Nanoelektronik
 Prof. Dr. Stefan E. Schulz

Honorarprofessur für
 Zuverlässigkeit von Smart Systems
 Prof. Dr. Sven Rzepka

Universität Paderborn

Fachbereich Sensorik
 Prof. Dr. Ulrich Hilleringmann

ZAHLEN UND FAKTEN



Entwicklung des Fraunhofer ENAS

| | Jahr | | | | | | | | | | | |
|--------------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 2008 | 2009 | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 |
| Umsatz (in Mio EUR) | 5,2 | 6,7 | 7,6 | 8,4 | 9,6 | 10,6 | 12,4 | 12,65 | 12,41 | 12,62 | 13,83 | 15,32 |
| Steigerung Umsatz (bezogen auf 2008) | – | 29 % | 46 % | 62 % | 85 % | 104 % | 138 % | 143 % | 139 % | 143 % | 166 % | 195 % |
| Industrieertrag (in Mio EUR) | 3,4 | 3 | 2,8 | 2,8 | 3,49 | 4,1 | 5,2 | 5,24 | 4,85 | 3,54 | 4,18 | 4,8 |
| Invest (in Mio EUR) | 0,65 | 5,45 | 6,8 | 1,5 | 1,81 | 1,44 | 7,23 | 2,02 | 1,89 | 2,72 | 1,7 | 1,23 |
| Mitarbeitende | 63 | 73 | 91 | 102 | 104 | 125 | 129 | 127 | 132 | 139 | 157 | 174 |
| Azubildende | 0 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 7 | 6 | 7 | 6 | 8 | 8 |
| Studierende und Hilfskräfte | 10 | 10 | 20 | 40 | 43 | 51 | 51 | 43 | 43 | 35 | 50 | 50 |
| Publikationen und Vorträge | 61 | 75 | 114 | 119 | 112 | 215 | 198 | 173 | 176 | 144 | 141 | 147 |
| Patente | 7 | 5 | 13 | 20 | 8 | 17 | 9 | 9 | 12 | 6 | 9 | 13 |
| Promotionen | 6 | 0 | 4 | 2 | 3 | 3 | 3 | 5 | 3 | 5 | 2 | 2 |

Finanzielle Situation und Invest

Das Jahr 2019 war mit plus 10,7 Prozent wie im Vorjahr von einem starken Budgetwachstum geprägt. Die sehr gute Entwicklung zeigt sich vor allem in den erwirtschafteten externen Erträgen in Höhe von 12,37 Millionen Euro (plus 19,4 Prozent). Die Ertragsquote liegt dementsprechend bei 80,3 Prozent. Die Aufträge aus deutschen und internationalen Industrieunternehmen betragen 4,8 Millionen Euro was einer deutlichen Ertragssteigerung von 14,8 Prozent entspricht. Der Betriebshaushalt wuchs um 1,48 Millionen Euro auf 15,32 Millionen Euro und hat sich damit seit Institutsgründung verdreifacht.

Die laufenden Investitionen des Geschäftsjahres betragen 1,23 Millionen Euro. In Summe ergibt sich ein Gesamthaushalt von 16,55 Millionen Euro.

Verwaltungsleitung:
Dr. Tina Kießling
Telefon: +49 371 45001-210
E-Mail: tina.kiessling@enas.fraunhofer.de

Personalentwicklung

Ende des Jahres 2019 waren 174 Mitarbeitende an den Fraunhofer ENAS Standorten Chemnitz, Paderborn und Berlin beschäftigt. 18 Personen wurden neu eingestellt und 10 Personen verließen 2019 das Institut.

Insgesamt waren zum 31.12.2019 acht Auszubildende am Fraunhofer ENAS angestellt, weitere drei schlossen im Sommer 2019 erfolgreich ihre Ausbildung ab. In Kooperation mit der TU Chemnitz und der Universität Paderborn haben Studierende sowie wissenschaftliche Nachwuchskräfte ihre Abschlussarbeiten erfolgreich verteidigt.

Ende 2019 waren 40 Studierende im Praktikum, im Bachelor- und Masterstudium sowie als studentische Hilfskräfte bei Fraunhofer ENAS beschäftigt, im Verlauf des Jahres 2019 waren es weit über 50. Dieser beschäftigte Personenkreis erweist sich in wachsendem Maße als Quelle für den Nachwuchs von wissenschaftlichem und technischem Personal.

KURATORIUM

Die Kuratorien der Fraunhofer-Gesellschaft sind externe Beratungsorgane, die an den Instituten angesiedelt sind. Sie beraten die Institutsleitung und den Vorstand in Fragen der fachlichen Ausrichtung und strukturellen Veränderung des Instituts. Mitglieder in den Kuratorien der Fraunhofer-Institute sind Vertretende aus Wissenschaft, Wirtschaft und dem öffentlichen Leben. Sie werden vom Vorstand im Einvernehmen mit der jeweiligen Institutsleitung berufen. An den jährlichen Kuratoriumssitzungen nimmt mindestens ein Vorstandsmitglied der Fraunhofer-Gesellschaft teil.

Die Mitglieder des Kuratoriums am Fraunhofer ENAS waren 2019:

Vorsitz:

Prof. Dr. Udo Bechtloff, Prof. Bechtloff Unternehmensberatung

Stellvertretender Vorsitz:

Prof. Dr. Hans-Jörg Fecht, Direktor, Institut für Mikro- und Nanomaterialien, Universität Ulm

Kuratoriumsmitglieder:

MRn Dr. Annerose Beck, Referatsleiterin, Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst

Jürgen Berger, Bereichsleiter Elektronik und Mikrosysteme, VDI/VDE Innovation + Technik GmbH

Dr. Wolfgang Buchholtz, Manager Project Coordination, GLOBALFOUNDRIES Dresden

Dr. Stefan Finkbeiner, Geschäftsführer, Bosch Sensortec GmbH

Prof. Dr. Maximilian Fleischer, Corporate Technology, Siemens AG

Dr. Arbogast M. Grunau, Senior Vice President Corporate R&D, Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Dr. Christiane Le Tiec, CTO, Plasma & Reactive Gas Solutions, MKS Instruments Deutschland GmbH

MR Dr. Stefan Mengel, Referatsleiter, Bundesministerium für Bildung und Forschung

MDirigin Barbara Meyer, Abteilungsleiterin, Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr

Thomas Schmidt, Staatsminister, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

Prof. Dr. Ulrich Schubert, Institut für Organische Chemie und Makromolekulare Chemie, Universität Jena

Uwe Schwarz, Manager Development MEMS Technologies, X-FAB MEMS Foundry GmbH

Dr. Ina Sebastian, Senior Director R&D&I Policy, Infineon Technologies AG

Prof. Dr. Gerd Strohmeier, Rektor, Technische Universität Chemnitz

Wir danken allen Mitgliedern des Kuratoriums insbesondere dem Vorsitzenden Prof. Dr. Udo Bechtloff und dem stellvertretenden Vorsitzenden Prof. Dr. Hans-Jörg Fecht für ihre Unterstützung.

FRAUNHOFER ENAS – PARTNER FÜR INNOVATIONEN

Fraunhofer ENAS entwickelt Einzelkomponenten, Technologien für deren Fertigung, aber auch Systemkonzepte und Systemintegrationstechnologien und überführt sie in die praktische Nutzung. Unser FuE-Portfolio reicht dabei von der Idee über das Design und die Technologieentwicklung oder Realisierung basierend auf bereits existierenden Technologien bis hin zum getesteten Demonstrator oder Prototyp. Wenn Standardkomponenten nicht in der Lage sind, die gestellten Anforderungen zu erfüllen, unterstützen wir unsere Kunden bei der Realisierung innovativer und marktfähiger Lösungen.

Interdisziplinäre Kooperation – Schlüssel zum Erfolg

Fraunhofer ENAS ist aktives Mitglied in verschiedenen weltweiten, europäischen und regionalen Netzwerken, angefangen bei SEMI und dem Micromachine Center, über EPoSS – der Europäischen Technologieplattform für Smart Systems Integration, Silicon Saxony und IVAM bis hin zum Smart Systems Campus Chemnitz. Die komplette Liste ist im Anhang zu finden.

Kooperationen am Smart Systems Campus

Lokal ist das Fraunhofer ENAS in den Smart Systems Campus im Technologie-Campus Süd integriert. Der Smart Systems Campus ist ein innovatives Netzwerk mit Expertise im Bereich der Mikro- und Nanotechnologien sowie der Smart Systems Integration. Der Campus verbindet Grundlagenforschung (vorrangig an der TU Chemnitz) und angewandte Forschung mit dem Unternehmergeist junger, neu gegründeter Unternehmen im Start-up-Gebäude sowie am Markt etablierter Unternehmen innerhalb des Businessparks. Der Campus gehört zum sich ständig erweiternden Technologie-Campus

FORSCHUNG- UND ENTWICKLUNGSSERVICE- PORTFOLIO

- Entwicklung, Design, Packaging und Test von MEMS/ NEMS
- Methoden und Technologien für das Wafer-zu-Wafer- und Chip-zu-Wafer-Bonden
- Integration von Nanofunktionalitäten, z. B. CNTs, Quantum Dots, Spintronik, Memristoren
- Metallisierung: Interconnect-Systeme für die Mikro- und Nanoelektronik und 3D-Integration
- Beyond CMOS-Technologien
- Simulation und Modellierung von Bauelementen, Prozessen und Equipment für Mikro- und Nanosysteme
- Material- und Zuverlässigkeitsforschung
- Analytik von Materialien, Prozessen, Komponenten und Systemen
- Hochpräzise Sensoren und Aktoren
- Entwicklung gedruckter Funktionalitäten für elektronische Anwendungen
- Anwendungsspezifische drahtlose Daten- und Energiesysteme
- Entwicklung von mikrofluidischen Systemen und Biosensorintegration
- Sensor- und Aktorsysteme mit Steuereinheit, integrierter Elektronik, eingebetteter Software und Benutzerschnittstelle
- Zuverlässigkeit von Komponenten und Systemen
- Anwendungsspezifische Integration von KI-Methodiken

MÄRKTE UND ANWENDUNGSFELDER

- Halbleiter-, Halbleiterequipment- und Materialhersteller
- Kommunikationstechnik
- Medizintechnik und Lebenswissenschaften
- Landwirtschaft
- Maschinenbau
- Prozesstechnik
- Sicherheit
- Automobilbau
- Logistik
- Luft- und Raumfahrt
- Internet der Dinge

Smart Systems Campus Chemnitz.
Foto © Biermann und Jung



Süd der Stadt Chemnitz. Dazu gehört auch seit 2018 die neueste Erweiterung: der Neubau des Zentrums für Materialien, Architekturen und Integration von Nanomembranen (MAIN) der Technischen Universität Chemnitz.

Kooperation mit der Industrie

Innerhalb des Arbeitsgebietes Smart Systems Integration unterstützt Fraunhofer ENAS Forschungs- und Entwicklungsarbeiten von KMUs und Großunternehmen. Durch die Integration von smarten Systemen in vielfältige Anwendungen adressiert Fraunhofer ENAS die unterschiedlichsten Branchen und Märkte.

Die Vertragsforschung ist der am häufigsten genutzte Weg für die Zusammenarbeit des Fraunhofer ENAS mit Industriekunden. Sind allerdings die Aufgabenstellungen zu komplex und risikobehaftet, bieten wir auch Vorlaufforschung an. In solchen Fällen ist es oft zielführend, durch Projektteams aus Industrie und Forschungsinstituten, unter Nutzung öffentlicher Förderung, die anstehenden Fragestellungen zu lösen.

Transfer von Forschungsergebnissen und Technologien in industrielle Anwendungen

Die anwendungsorientierte Forschung am Fraunhofer ENAS ermöglicht eine wirksame Unterstützung von Innovationen an kleinen und mittelständischen Unternehmen bis hin zu großen, international etablierten Firmen. So wurden beispielsweise im vom BMBF geförderten Projekt KoliBriS eine modulare Technologieplattform für hochkompakte Inertialsensoren mit integrierter Schaltungselektronik gemeinsam mit EDC Electronic Design Chemnitz GmbH und dem Industriepartner X-FAB MEMS Foundry GmbH entwickelt. Die besonders enge Kooperation mit MEMS-Foundries stellt sicher, dass am Institut entwickelte Designs in eine kommerziell verfügbare Fertigungstechnologie überführbar sind und damit auch kleineren Forschungspartnern und Unternehmen der Zugang zu innovativen Lösungen ermöglicht wird.

Kooperationen mit Universitäten und Forschungseinrichtungen

Als zuverlässiger Partner für die Industrie hat das Fraunhofer ENAS ein strategisches Netzwerk mit Forschungsinstituten und Universitäten in Deutschland und weltweit etabliert. Langjährige, internationale Kooperationen existieren mit der Tohoku Universität Sendai (Japan), der Fudan Universität Shanghai (China) und der Shanghai Jiao Tong Universität (China).

Fraunhofer ENAS und die Tohoku Universität arbeiten seit vielen Jahren auf dem Gebiet neuer Materialien für mikroelektronische Systeme zusammen. Daher wurde 2012 das Fraunhofer Project Center »NEMS / MEMS Devices and Manufacturing Technologies at Tohoku University« etabliert. Die Verstärkung und Intensivierung der Zusammenarbeit wurde durch eine Verlängerung des bestehenden Kooperationsvertrags bereits 2018 initiiert. Das Project Center ist daher mittlerweile nicht nur eine Plattform für gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, sondern auch eine Plattform für gemeinsame FuE-Services für die Industrie. Das gemeinsame Leistungsangebot wurde u. a. auf dem Fraunhofer-Symposium in Sendai präsentiert.

www.enas.fraunhofer.de/fraunhofer-project-center

Darüber hinaus ist das Fraunhofer ENAS eng mit den örtlichen Universitäten, der Technischen Universität Chemnitz und der Universität Paderborn, vernetzt. Die Kooperation mit den Universitäten sichert Synergien zwischen der Grundlagenforschung an der Universität und der stärker anwendungsorientierten Forschung am Fraunhofer ENAS.

Der Hauptkooperationspartner an der TU Chemnitz ist das Zentrum für Mikrotechnologien der Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik. Diese Kooperation umfasst nicht nur gemeinsame Forschungsprojekte, sondern schließt auch die gemeinsame Nutzung von Geräten und Anlagen, Gebäuden und Infrastruktur ein. Mit der Fakultät für Maschinenbau steht das Thema Strukturleichtbau im Fokus der Kooperation. 2018 kam mit dem Zentrum für Materialien, Architekturen und Integration von Nanomembranen (MAIN) der TU Chemnitz, einer übergreifenden Einrichtung der Fakultäten für Elektrotechnik und Informationstechnik sowie für Naturwissenschaften an der TU Chemnitz und deren Forschungspartner, ein weiterer Forschungspartner hinzu. Fraunhofer ENAS arbeitet mit dem Forschungszentrum MAIN auf dem Gebiet der nanomembranbasierten Materialien, einem der modernsten Felder der Werkstoff- und Materialwissenschaften.

www.zfm.tu-chemnitz.de

Die Abteilung Advanced System Engineering des Fraunhofer ENAS ist nicht nur örtlich an der Universität Paderborn beheimatet. Sie arbeiten überdies in den Bereichen elektromagnetische Zuverlässigkeit und Verträglichkeit, drahtlose Energie- und Datenübertragung, drahtlose Sensorknoten für den Maschinenbau und die anwendungsspezifische Integration von KI-Methoden zusammen.

www.uni-paderborn.de

FRAUNHOFER ENAS – PARTNER FÜR INNOVATIONEN

Kooperationen innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft

Seit seiner Gründung ist das Fraunhofer ENAS Mitglied im Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik (V μ E). Darüber hinaus ist Fraunhofer ENAS in den Fraunhofer-Allianzen Nanotechnologie, auto-MOBIlproduktion und Textil aktiv. Themenorientiert arbeitet das Fraunhofer ENAS außerdem in den Fraunhofer-Clustern 3D-Integration sowie Nanoanalytik.

Gemeinsam mit weiteren Instituten des V μ E ist Fraunhofer ENAS Teilnehmer in der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland und Mitglied in der Heterogeneous Technology Alliance (HTA). Die HTA verbindet die Europäischen Forschungspartner CEA-LETI, CSEM, VTT mit dem V μ E. Gemeinsam bieten sie die Entwicklung von Mikrotechnologien, Nanoelektronik und intelligenten Systemen für zukünftige Produkte an.

Um Lösungen für Herausforderungen der deutschen Industrie zu liefern, setzt die Fraunhofer-Gesellschaft mit Leitprojekten strategische Schwerpunkte. Ziel der Leitprojekte ist das Ausschöpfen des Fraunhofer-Synergiepotenzials durch Zusammenführung von Kompetenzen mehrerer Fraunhofer-Institute. Fraunhofer ENAS leitet und koordiniert das im Dezember 2016 gestartete Leitprojekt »Go Beyond 4.0« und arbeitet mit im Leitprojekt »eHarsh«.

Das Fraunhofer-Konzept der Leistungszentren bündelt und vernetzt innerhalb einer Region die Kompetenzen von Instituten und Hochschulen. Fraunhofer ENAS arbeitet in zwei Leistungszentren: dem Leistungszentrum »Smart Production and Materials« und dem Leistungszentrum »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik«.

Leitprojekte

Go Beyond 4.0

Industrieübergreifend wächst der Bedarf an innovativen, individualisierten Bauteilen für die Zukunftsmärkte Automotive, Aerospace, Photonics und Manufacturing. Die hochqualifizierten Funktionalitäten der entsprechenden Bauteile werden durch den Einsatz moderner Funktionswerkstoffe realisiert. Im Leitprojekt »Go Beyond 4.0« wird die Serienproduktion von Zukunftsprodukten bis hin zur Losgröße eins durch die Integration der digitalen Fertigungsverfahren Digitaldruck als materialhinzufügendes Verfahren und Laserbearbeitung als materialabtragendes Verfahren in existierende Massenfertigungsumgebungen erfolgreich demonstriert.

www.go-beyond-four-point-zero.de



Projektkonsortium des
Fraunhofer-Leitprojektes
»Go Beyond 4.0«.

Zur Erreichung der gesetzten Zielstellungen haben die Fraunhofer-Institute ENAS, IFAM, ILT, IOF, ISC und IWU disziplinübergreifend ihre Kompetenzen aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik, Photonik und Materialwissenschaften gebündelt. Dem Konzept folgend wurde die zuverlässige Null-Fehler-Produktion systematisch in die Prozessketten zur Herstellung von Produktdemonstratoren integriert.

Die Produktdemonstratoren stammen aus den Fertigungsdomänen Automobilbau, Luftfahrt und Beleuchtung: Smart Door, Smart Wing und Smart Luminaire. Hierzu wurden die digitalen Fertigungstechnologien Digitaldruck und Laserbearbeitung an die Geometrien der jeweiligen Demonstratoren und an die Eigenschaften der Materialien angepasst.

Im nun folgenden vierten Projektjahr werden vorrangig Themen zur Prozessstabilität der digitalen Druck- und Lasertechnologien sowie der Bauteilzuverlässigkeit bearbeitet. Konkret geht es um:

- Erforschung und Entwicklung von Regelungskonzepten digitaler Druck- und Laserverfahren für den industriellen Einsatz in Fertigungsumgebungen
- Erforschung und Entwicklung von zuverlässigen Aufbau- und Verbindungstechniken gedruckter Strukturen und Elektronikkomponenten (Steckverbinder, SMD-Bauteile, Verkabelung, Module, ...) und Bewertung der Zuverlässigkeit des Verbundes an funktionalen Beispielen aus den Bereichen Automobil, Luftfahrt und Beleuchtung.

eHarsh

Ziel des Leitprojekts »eHarsh« ist die Entwicklung und Bereitstellung einer Technologieplattform, auf deren Basis Sensorsysteme, bestehend aus Sensorik und Elektronik, für den Einsatz in extrem rauer Umgebung (»extreme harsh environment«) entwickelt und hergestellt werden können.

Das Konsortium, sieben Institute unter Leitung des Fraunhofer IMS, adressiert damit den schnell zunehmenden Bedarf an intelligenten Steuerungs- und Kommunikationstechniken in Industrie und Gesellschaft, insbesondere in den für Fraunhofer interessanten Forschungsfeldern »Mobilität und Transport«, »Energie und Rohstoffe« sowie »Produktion und Dienstleistungen«. Die Technologien und Kompetenzen werden exemplarisch anhand von zwei charakteristischen und äußerst anspruchsvollen Demonstratoren aus den Bereichen Triebwerks-/Turbinenüberwachung und Geothermie entwickelt und evaluiert.

www.enas.fraunhofer.de/e-harsh

FRAUNHOFER ENAS – PARTNER FÜR INNOVATIONEN



Das Fraunhofer IWU stellt als Gastgeber des ersten Symposiums »Smart Production« des Leistungszentrums »Smart Production and Materials« seine Forschungsarbeiten in Chemnitz vor.
Foto © Fraunhofer IWU

So werden im Rahmen des Leitprojekts robuste Sensoren, wie z. B. Druck- und Temperatursensoren für den Einsatz bis 500 °C sowie MEMS-Sensoren, integrierte Schaltungen und Systemkomponenten für den Einsatz bis 300 °C (weiter-)entwickelt und bereitgestellt. Parallel dazu wird an hermetisch dichten Verkapselungen, 3D-Integration und Verkapselung auf Systemebene als »System-Scaled Package«, Analytik, Test und Zuverlässigkeitsanalysen und -modellierungen gearbeitet. Das Fraunhofer ENAS arbeitet insbesondere auf den Themenfeldern MEMS-Beschleunigungssensoren für Geothermie (Betrieb bis 300 °C), Entwicklung langzeitstabiler hermetischer Verkapselung mit integrierten keramischen Fenstern für das Geothermie-Sensorsystem sowie Zuverlässigkeit.

Leistungszentren

Leistungszentrum »Smart Production and Materials«

Das Leistungszentrum »Smart Production and Materials«, gegründet als Leistungszentrum »Smart Production« durch die Fraunhofer-Institute IWU und ENAS sowie die TU Chemnitz, wurde, nach einer erfolgreichen ersten Förderphase, am 1. Juli 2019 erweitert um die Fraunhofer-Institute IWS und IKTS sowie die TU Dresden und die HTW Dresden, die ihre materialwissenschaftliche Kompetenz einbringen. Das Leistungszentrum entwickelt interdisziplinär neue Technologien zum Thema Digitalisierung der Produktion, ist zentrale Drehscheibe für strategische Forschungs- und Transferprojekte unter aktiver Einbeziehung kleiner und mittlerer Unternehmen und unterstützt nachhaltig den Innovations- und Wissenstransfer in die Wirtschaft. Ziel des Leistungszentrums ist es, Entwicklungen für die digitale industrielle Produktion schnellstmöglich von der universitären und außeruniversitären Forschung in die Wirtschaft zu übertragen. Darüber hinaus stehen die Stärkung des Innovations- und Wissenstransfers, die international sichtbare und nachhaltige Positionierung des Forschungsstandorts, das Kooperationsnetzwerk regionaler Unternehmen mit Inkubator-Funktion für Start-ups und die Gewinnung von Talenten und Spitzenforschern themenübergreifend im Fokus.

In der nun laufenden zweiten Phase liegen die Schwerpunkte einerseits auf der additiv generativen Fertigung unter Einbeziehung verschiedenster Materialien und andererseits auf dem Ausbau der intelligenten Produktionstechnik, bei der sowohl die vermehrte Datenerfassung und deren Nutzung durch Integration von Sensoren und Aktoren, als auch die Digitalisierung und Vernetzung von Produktionsabläufen im Mittelpunkt stehen.

www.leistungszentrum-smart-production.de

Leistungs-/Transferzentrum »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik«

Das Leistungszentrum »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik« vereint die Kompetenzen der vier Fraunhofer-Institute IPMS, ENAS, IIS-EAS und IZM-ASSID sowie der Universitäten bzw. Hochschulen TU Dresden, TU Chemnitz und HTW Dresden entlang der Wertschöpfungskette für Produkte der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik.

www.leistungszentrum-mikronano.de

Mit dem Leistungszentrum ist eine institutsübergreifende Plattform für die Kernkompetenzen Systemdesign, Komponenten und Fertigungstechnologien, Systemintegration sowie Zuverlässigkeitsbewertung geschaffen worden. Diese Kernkompetenzen werden genutzt, um insbesondere die folgenden FuE-Themen hoher Industrierelevanz zu bearbeiten:

- Neue Materialien für neue Funktionalitäten
- Modulare heterogene Wafersysteme
- Plattform für Ultraschallsensorik
- Integrierte Spektrometer mit Nanostrukturen/Optische Systeme
- Sensoren/Aktoren in Werkzeugen und Maschinen

Im Oktober 2019 startete offiziell die Förderphase 2019/2020 mit einer Auftaktveranstaltung. In dieser zweiten Förderphase wird das Leistungszentrum zu einem Zentrum mit Transferverbindlichkeit weiterentwickelt und ausgebaut. Dies geschieht mit Hilfe folgender Plattformprojekte:

- Strukturintegrierte, drahtlose Sensorik in Werkzeugen und Maschinen
- Plattform für mikromechanischer Ultraschallwandler (MUT)
- Modulare Integration für dünne, heterogene Sensorsysteme
- Testwafer Hub – Bereitstellung von 300-mm-Testwafern für waferbasierte Technologien und Produkte



GESCHÄFTSFELDER



MICRO AND NANO-ELECTRONICS

Die Mikro- und Nanoelektronik gehört zu den Schlüsseltechnologien des 21. Jahrhunderts. Die fortschreitende Skalierung (More Moore), die Integration unterschiedlichster Funktionalitäten (More than Moore) sowie die Entwicklung alternativer Technologien jenseits der Skalierungsgrenzen von CMOS (Beyond CMOS) sind die fortlaufenden Entwicklungstrends. Das Geschäftsfeld fokussiert dabei vor allem auf:

Prozesse und Technologien für die Mikro- und Nanoelektronik mit Fokus auf Back-End of Line und Interconnects

Im Themenfeld Interconnects werden Einzelprozessentwicklungen (Metall-ALD, CVD, PVD, ULK-Prozesse, Trockenätzen), neue Konzepte zu Diffusionsbarrieren, alternative Interconnect-Architekturen zur Reduzierung parasitärer Effekte und Prozess- und Technologieentwicklung für Memristor Crossbar Arrays bearbeitet.

Modellierung und Simulation technologischer Prozesse, Anlagen und Bauelemente

Die experimentellen Entwicklungen werden durch die Simulation technologischer Prozesse und Anlagen (PVD, CVD, ALD, ECD) unterstützt. In diesem Themenfeld werden weiterhin Bauelemente-Modellierung und -simulation von CMOS- und anderen Nanobauelementen (z. B. CNT-FETs) sowie Blackbox-Modellierung und ereignisgesteuerte Modellierung und Simulation realisiert.

Beyond-CMOS- und HF-Bauelemente, integrierte Schaltungen und Technologien

Das Themenfeld umfasst Entwicklungen zu memristiven Bauelementen sowie Schaltungen für Anwendungen beim neuromorphen Rechnen und der Hardware-Sicherheit, Hochfrequenzschaltern und CNT-FETs für analoge Hochfrequenzanwendungen.

Aufbau- und Verbindungstechnik (AVT) und (Heterogene) Integration (2D, 2,5D, 3D) für elektronische Bauelemente

Im Themenfeld AVT werden vorrangig Prozessentwicklungen für die Integration elektronischer Bauelemente mit Fokus auf Waferlevel-, Füge- und Kontaktierungsverfahren, Dünnschichtverkapselung und Siebdruck für Metallisierung/Lotabscheidung durchgeführt.

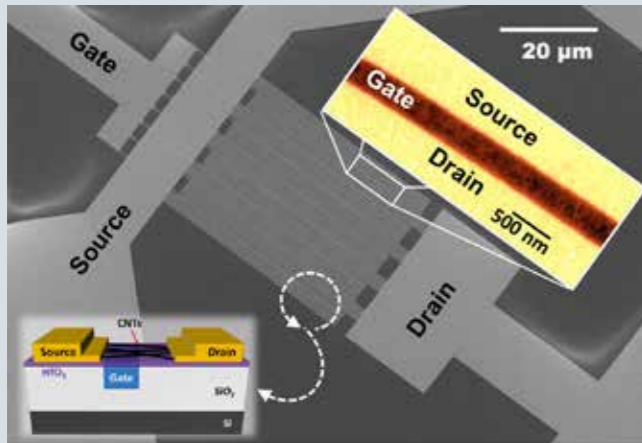
Elektromagnetische und thermo-mechanische Charakterisierung und Zuverlässigkeitsbewertung

Dieses Themenfeld adressiert BEOL-Komponenten, die Chip-Package-Wechselwirkung sowie Zuverlässigkeitsbewertungen im Board- und System-Level. Dabei wird sowohl die thermo-mechanische Zuverlässigkeitsanalyse und optimale Auslegung für elektronische Bauelemente, Baugruppen und Systeme als auch die simulative thermo-elektrische Zuverlässigkeit auf System-(PCB) und Package-Ebene bearbeitet.

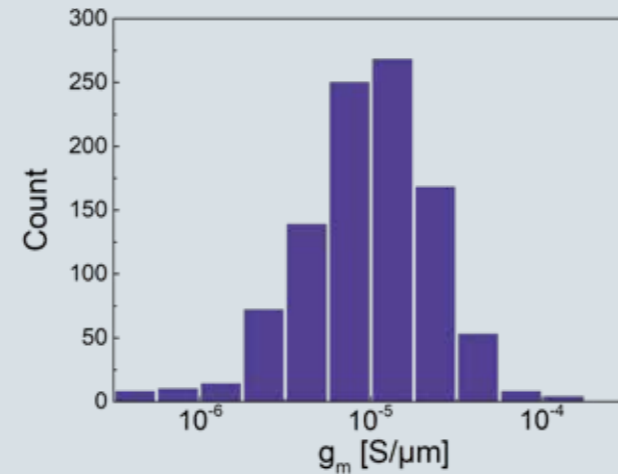
GESCHÄFTSFELD-MANAGER

Prof. Dr. Stefan E. Schulz
+49 371 45001-232
stefan.schulz@enas.fraunhofer.de

MICRO AND NANOELECTRONICS



REM-Aufnahme eines Mehrfinger-CNT-FET mit eingebettetem Gate und einer Kanallänge von 280 nm. Im Bild sind ebenso eine AFM-Aufnahme des FET-Kanals mit den CNTs sowie ein schematischer Querschnitt gezeigt.



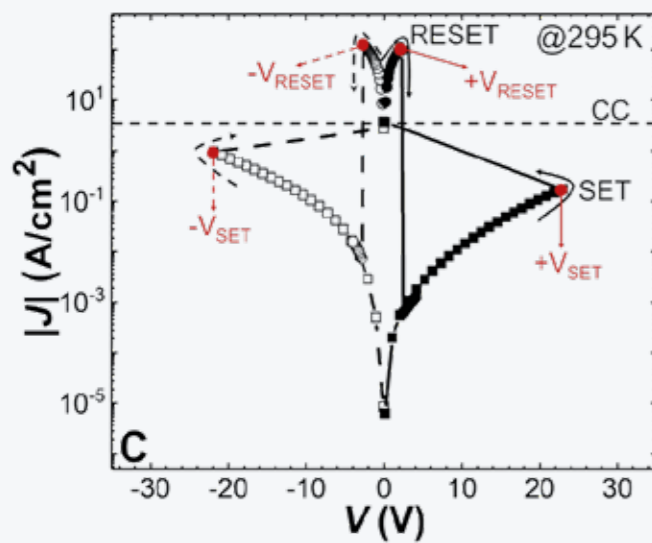
Charakteristische Verteilung der FET-Transkonduktanz von über 1000 CNT-FETs.

TECHNOLOGIEPLATTFORM FÜR BAUELEMENTE AUS KOHLENSTOFFNANORÖHREN

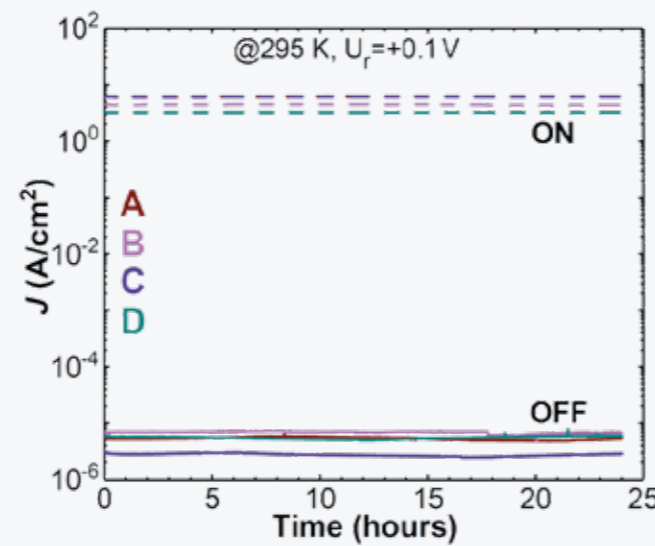
Kohlenstoffnanoröhren (CNTs) gelten als vielversprechendes neues Funktionselement in moderner Elektronik und Sensorik, die nach weiterer Miniaturisierung, hoher Effizienz und alternativen Bauelementtechnologien verlangt. In enger Kooperation zwischen dem Fraunhofer ENAS und dem Zentrum für Mikrotechnologien der TU Chemnitz wurde eine Nanotechnologieplattform etabliert, welche die Herstellung von Nanobauelementen ermöglicht und mit Siliziumtechnologien auf Waferlevel kompatibel ist. Eine vielseitige Prototypentechnologie wurde für die Fertigung von CNT-basierten Feldeffekttransistoren (FETs) auf Wafern bis 200 mm entwickelt. Auf dieser Basis können verschiedene Applikationen im Bereich optischer, chemischer, biologischer und Stresssensoren umgesetzt werden. Beim derzeitigen Entwicklungsstand der CNT-FETs werden bereits Ausbeuten von über 90 % erreicht bezogen auf ein Schaltverhältnis von größer 1000. Flexible Designs und zuverlässige Fertigungsprozesse erlauben spezifische FET-Konfigurationen mit Kanallängen kleiner als 300 nm, hohe Bauelementdichten sowie hohe Reproduzierbarkeit. Mit einem weiterführenden FET-Technologiemodul wurden Hochleistungsbauelemente realisiert für Anwendungen in analoger Hochfrequenz-(HF)-Front-End-Transceiver-Elektronik. Hierfür ist eine neue Klasse FETs in Entwicklung, mit denen zukünftig eine höhere Energieeffizienz und Übertragungsbandbreite erreicht werden kann. Unter Anwendung einer Mehrlagen-Nanolithographie auf Waferebene, wurden komplexe Bauelementstrukturen mit asymmetrischen FET-Geometrien und 280 nm langen Transistorkanälen entwickelt. Hiermit konnten extrinsischen CNT-FET-Betriebsfrequenzen von bis zu 14 GHz erreicht werden. Auf Systemebene wurden verschiedene heterogene Waferleveltechnologien für die Integration von CNT-Bauelementen in MEMS, MOEMS oder ASICs entwickelt.

DIGITALES WIDERSTANDSSCHALTEN IN FERROELEKTRISCHEN, POLYKRISTALLINEN YMNO₃-DÜNNFILMEN

Memristoren sind passive Schaltungselemente, mit denen Daten verarbeitet und nichtflüchtig gespeichert werden können. Der Widerstand dieser passiven Bauelemente ist im ON-Zustand klein und im OFF-Zustand groß, wobei in einem analogen Memristor die Widerstandswerte kontinuierlich verändert werden können und in einem digitalen Memristor die Widerstandswerte digital verändert werden können. Die digitalen Memristoren sind vergleichbar mit anderen bistabilen Systemen, beispielsweise mit Transistoren, in denen ein hochohmiger (HRS) und einen niederohmiger Zustand (LRS) geschaltet werden kann. Am Fraunhofer ENAS untersuchen wir analoge Memristoren (BiFeO₃, BFO) und digitale Memristoren (YMnO₃, YMO), da beide Memristorklassen für sich als auch in Kombination miteinander für verschiedene Einsatzzwecke benötigt werden. Die Unterschiede in den Widerstandswerten des YMO im HRS und LRS unterscheiden sich um 4–5 Größenordnungen. Damit eignet sich YMO besonders als sogenanntes Selektormaterial in Crossbar-Strukturen. Dadurch kann man auf die Integration eines separaten Selektor-Transistors verzichten, welcher typischerweise eingesetzt wird, um Kriechströme in Crossbar-Strukturen über nicht direkt adressierte Zellen in Crossbar-Strukturen zu unterdrücken. Das perfekt stöchiometrische YMO besitzt bezüglich Elektroformierungsfreiheit, Endurance und Retention bereits sehr gute Eigenschaften. Wir haben das Datenspeichern und -auslesen in dem digitalen Memristor YMO in Abhängigkeit von der chemischen Komposition des YMO untersucht und optimiert.



Stromdichte-Spannungs-(J-V)- Charakteristik einer unipolar schaltenden $AlY_{0.94}Mn_{1.05}Ti_{0.01}O_3/Pt$ -Struktur mit einer gewählten Strombegrenzung von 5 mA bei Raumtemperatur. Die Stromdichte ist auf einer logarithmischen Skala und die Spannung ist auf einer linearen Skala aufgetragen.



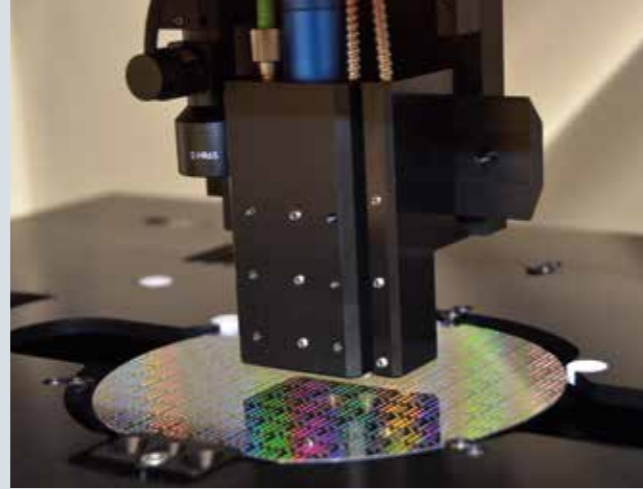
Konstante Auslesestromdichte im ON-Zustand und im OFF-Zustand der digitalen Memristoren A ($Y:Mn:O_3$), B ($Y_{0.95}Mn_{1.05}O_3$), C ($Y:Mn_{0.99}Ti_{0.01}O_3$) und D ($Y_{0.94}Mn_{1.05}Ti_{0.01}O_3$) ausgelesen mit $U_r = +0,1 V$ an Aluminium-Top Elektroden mit einem Durchmesser von 300 μm .

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

BEYOND CMOS UND HF-BAUELEMENTE

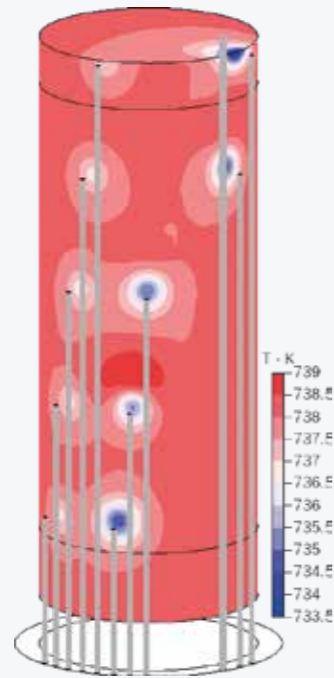


Geometrie- und Schichtdickenmessgerät »FRT MicroProf300TTV«.

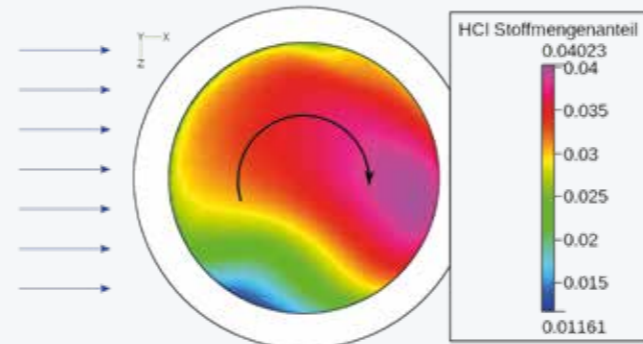


Sensorbrücke mit chromatischem Abstandssensor, Weißlicht-reflektometer (250 µm und 50 µm) und Infrarot-Interferometer.

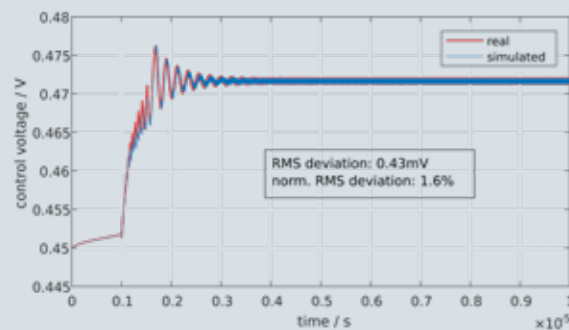
MICRO AND NANOELECTRONICS



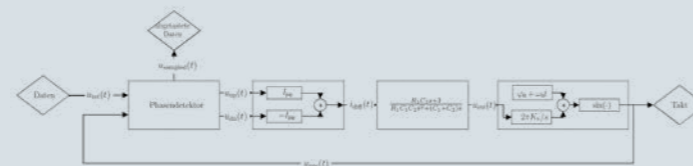
Simulierte Temperaturverteilung auf den Waferstapel im Modell eines Multiwaferreaktors.



Stoffmengenanteil HCl auf der Waferoberfläche im Einzelwaferreaktor bei seitlicher Überströmung des Wafers (Strömungsvektoren der Reaktionsgase: blaue Pfeile) und mit Waferrotation (Rotationsrichtung: schwarzer Pfeil).



Vergleich zwischen dem realen Verhalten der Steuerspannung einer CDR-PLL mit Hogge Phasendetektor in CMOS und dem simulierten Verlauf.



Vereinfachtes Blockschaltbild eines typischen Phasenregelkreises zur Takt- und Datenrückgewinnung.

NEUE CHARAKTERISIERUNGSVERFAHREN FÜR DIE OBERFLÄCHENBEARBEITUNG

Prozesse der Oberflächenbearbeitung, wie Grinden oder chemisch-mechanisches Polieren, sind heute elementare Basistechnologien in der gesamten Halbleiterfertigung. Getrieben von »More Moore«- und »More than Moore«-Anwendungen steigen die Anforderungen an deren Prozessqualität kontinuierlich, was eine entsprechende Prozesskontrolle erfordert. Mit dem »UnitSC4see« steht ein Inspektionssystem zur Verfügung, das mittels Streulichtmessung Partikel und Oberflächendefekte bis kleiner 100 nm (Limit bei ca. 60 nm) detektieren kann. Ein zusätzliches 2D/3D-Modul zur mikroskopischen Hellfelderkenntnis von Strukturdefekten ermöglicht die Bewertung der Polierergebnisse an realen Bauelementwafern. Ergänzt wird dieses Messgerät durch ein Geometrie- und Schichtdickenmessgerät »FRT MicroProf300TTV«. Dieses gestattet mittels chromatischer Weißlichtsensoren die Bestimmung u. a. von Substratdicken, Dickenabweichungen (TTV), Bow und Warp. Ein Dünnschicht-Weißlicht-Reflektometer sowie ein Infrarot-Interferenz-Sensor ermöglichen sowohl Dickenmessung für optisch transparente wie auch optisch undurchlässige Schichten oder Substrate.

SIMULATION DER SILIZIUM-EPITAXIE FÜR DIE 22-NM-FD-SOI-TECHNOLOGIE

Die 22-nm-FD-SOI-Technologie erlaubt die Realisierung von Mikrochips mit hoher Energieeffizienz bei gleichzeitig niedrigen Herstellungskosten. Die Reduktion von Schwankungen im Produktionsprozess stellt dabei eine große Herausforderung dar. Im Teilvorhaben des von der Sächsischen Aufbaubank geförderten Projekts MOMENTUM untersucht das Fraunhofer ENAS in Kooperation mit dem Chiphersteller GLOBALFOUNDRIES die Reduzierung der Prozessvariabilität beim epitaktischen Aufwachsen von Silizium im Kanalbereich sowie von Silizium und Siliziumgermanium im Raised Source Drain (RSD). Dazu werden

verschiedene Anlagen für die Silizium-Epitaxie mit Simulationen untersucht. Im ersten Fall wird eine Optimierung eines Multiwaferreaktors für die Kanal-Epitaxie realisiert. Ursachen für die Schwankungen zwischen den Wafern wurden benannt, experimentell verifiziert und erste Optimierungen geliefert. Weitere Optimierungen werden derzeit validiert. Im zweiten Fall wird ein Einzelwaferreaktor für die RSD-Epitaxie simuliert, an dem die Schichtdicke über dem Wafer untersucht wird. Um skalengreifende Effekte genauer zu untersuchen, arbeiten wir eng mit dem Zentrum für Mikrotechnologien zusammen, das Chemie-, Wachstums- und Diffusionsmodelle für die Epitaxie erstellt.

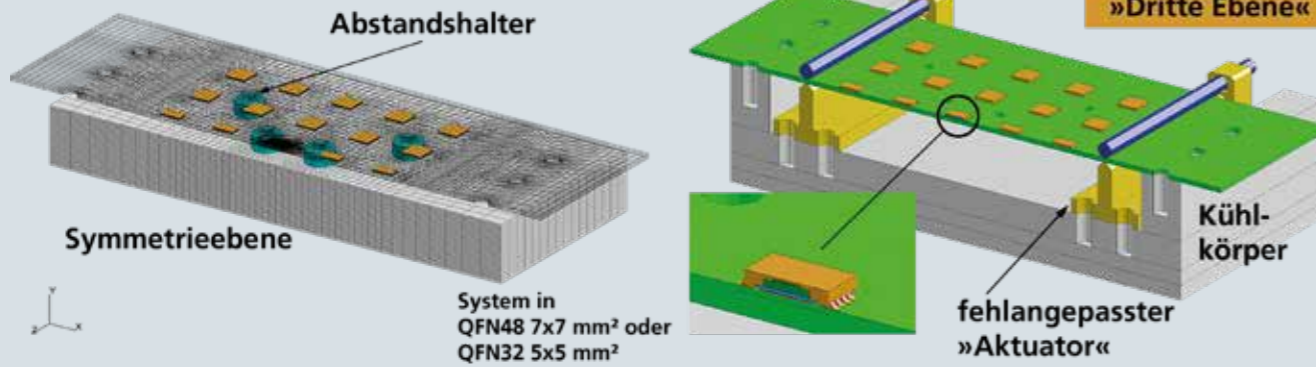
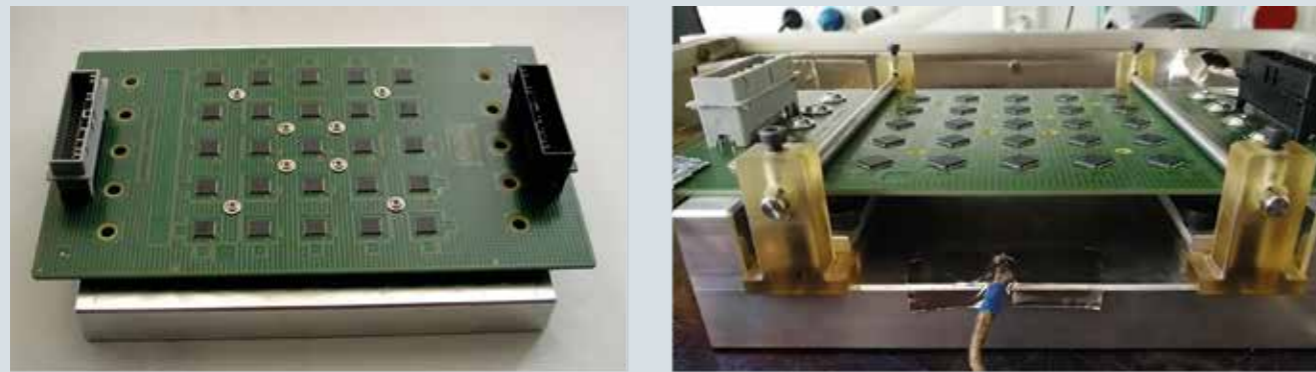
EXAKTE SIMULATION VON PHASENREGELSCHLEIFEN ZUR TAKT- UND DATENRÜCKGEWINNUNG

Der Bedarf an immer schnelleren Technologien für die Datenübertragung wächst jährlich rapide an. Die dafür eingesetzten Kommunikationssysteme zur Takt- und Datenrückgewinnung, wie Phasenregelschleifen (PLL) werden in asynchronen Kommunikationsverfahren benötigt. Dessen Modellierung und Optimierung als Mischsignalsysteme stellt aber, aufgrund des komplexen Verhaltens, eine Herausforderung dar. Basierend auf der Methode der vollständig ereignisgesteuerten Modellierung wurde eine Simulationssoftware entwickelt, die durch die Kombination analytischer und numerischer Verfahren die Kippunkte im Verhalten dieser Systeme berechnet und nur an diesen Zeitpunkten auswertet. Dies führt zu einer höheren Präzision der Simulation bei einer deutlich geringeren Simulationszeit. Im Vergleich mit gängigen Simulatoren wird ein Speed-up-Faktor von etwa 10–100 erreicht. Die modulare Implementierung ermöglicht es, parasitäre und nichtlineare Effekte auf Systemebene durch Monte-Carlo-Verfahren zu charakterisieren und die Architekturen dahingehend zu optimieren. In aktuellen Projekten wird die Software unter anderem eingesetzt, um neuartige Empfangssysteme für 5G Anwendungen zu entwickeln.

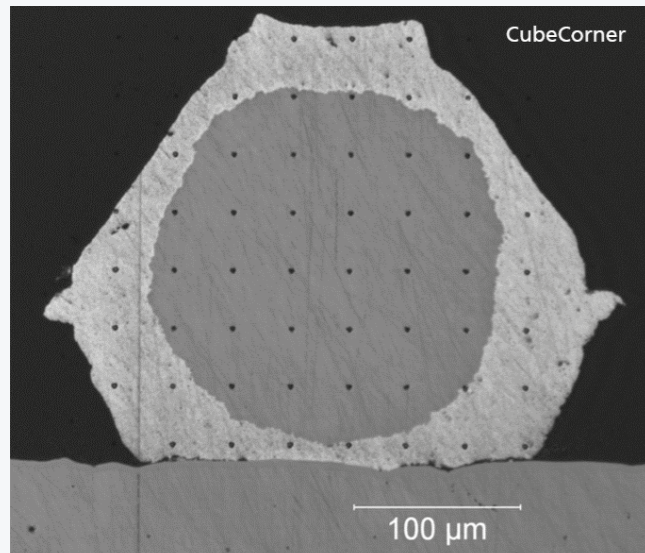
FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- PROZESSE UND TECHNOLOGIEN FÜR DIE MIKRO- UND NANOELEKTRONIK
- SIMULATION

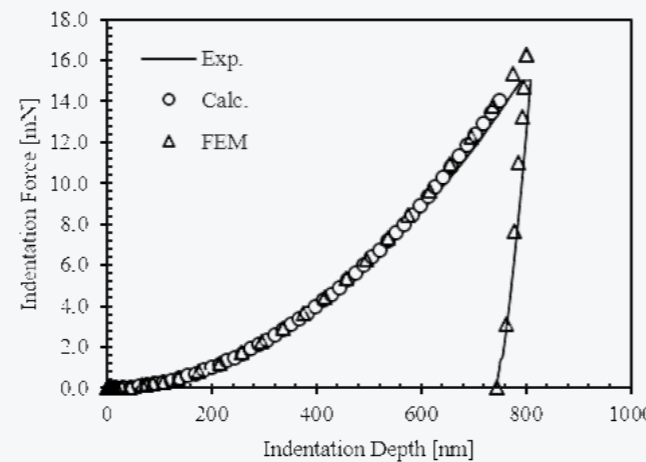
MICRO AND NANOELECTRONICS



Testaufbauten zur Untersuchung der Zuverlässigkeit von Sensorsystemen. Auf Belastungsvorrichtungen montierte Leiterplatten für Lotermüdungsanalysen durch optische Verformungsmessungen und FE-Simulationen.



Nanoindentation in aluminiumummantelte Kupferdrähte mit einer Cube-Corner-Indenterspitze.



Messungen zur Extraktion des elastisch-plastischen Verhaltens sowie zur Untersuchung von Gradienten der mechanischen Eigenschaften in der Bond-Zone.

KOMBINIERTE EXPERIMENTELL-NUMERISCHE METHODEN FÜR DIE THERMO-MECHANISCHE SYSTEMZUVERLÄSSIGKEIT

Der Einsatz von Elektronik unter rauen Umgebungsbedingungen nimmt immer noch zu. Ein großes Problem der Zuverlässigkeit ist die Ermüdung der Lötverbindungen, insbesondere bei Anwendungen, bei denen Consumer-Komponenten in den Automobilbereich gelangen. Fragen der Lotermüdung hinsichtlich der Unterschiede im Ermüdungsverhalten bei standardmäßigen freistehenden Leiterplattenprüfungen und den Auswirkungen der Leiterplattenmontage wurden bisher selten analysiert.

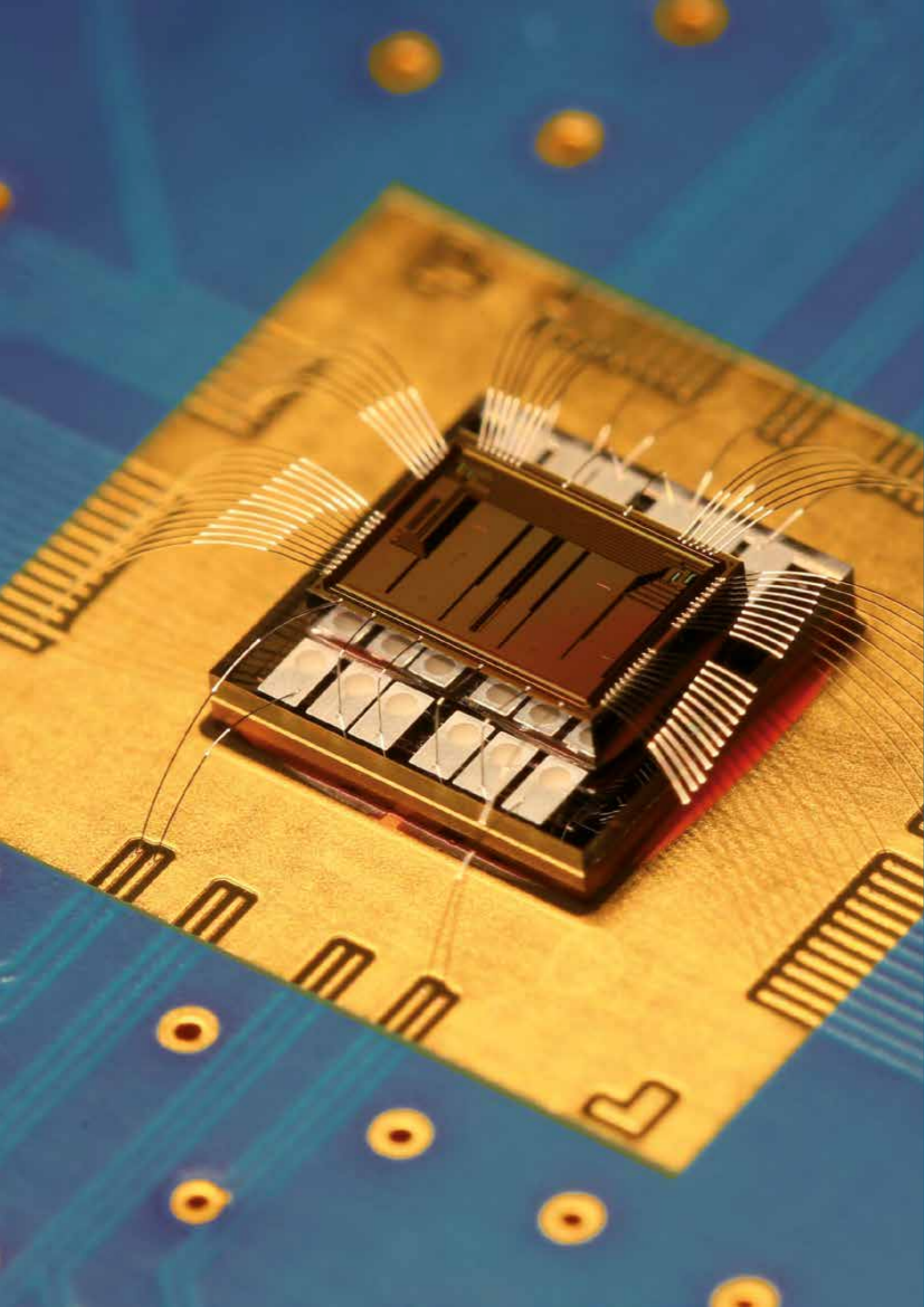
Es wurde eine Methodik entwickelt, die Mess- und Simulationstechniken für eine verbesserte Zuverlässigkeitsbewertung auf Systemebene kombiniert. Dabei wird ein optisches Multisensor-Messverfahren angewandt, das in der Lage ist, präzise Verformungsmessungen von Komponenten- bis Leiterplattenlevel durchzuführen, auch bei Montage in elektronischen Steuergeräten. Die Methodik wurde an Testaufbauten demonstriert, bei denen die lokalen Verwölbungs- und In-plane-Dehnungseffekte bis auf Komponentenebene (Sensorsysteme in Gehäusen) analysiert werden. Die Komponentenbelastungen der »Dritten Ebene« stammen entweder aus dem Aufschrauben auf Aluminiumplatten oder aus Vier-Punkt-Biegebeanspruchungen. Mit Hilfe der FE-Simulation wurden die Verformungen hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Spannungen in Lötverbindungen analysiert. Aufgrund der Montage wurde ein dramatischer Abfall der Lotermüdungslebensdauer von bis zu mehreren hundert Prozent beobachtet.

MATERIALPARAMETER-IDENTIFIKATION MITTELS NANOINDENTATION

Für die Zuverlässigkeitsbetrachtung von elektrischen Systemen basierend auf Finite-Elemente-Simulationen ist die genaue Kenntnis über die thermischen und mechanischen Eigenschaften der Materialien von großer Bedeutung. Aufgrund der zunehmenden Komplexität und Strukturfeinheit von elektronischen Komponenten wird deren Bestimmung zu einer großen Herausforderung. Nanoindentation bietet eine Möglichkeit, lokal die mechanischen Eigenschaften von Werkstoffen zu untersuchen. Um neben elastischen auch plastische Kenngrößen zu extrahieren, werden gekoppelte Auswerterroutinen, welche auf numerischen Modellen basieren, untersucht und verwendet. Mittels geeigneter Optimierungsverfahren lassen sich rückführend über gemessene Kraft-Verschiebungsdaten die entsprechenden Materialparameter ermitteln. Die elastisch-plastischen Materialdaten wurden beispielsweise an einer Drahtbondverbindung untersucht. An den Querschnitten der Drähte wurde eine Eindringmatrix von ca. 6x6 Eindrücken mit bis zu 800 nm Eindringtiefe verwendet. Im Bereich der Bondzone erhöhte sich die ermittelte Streckgrenze im Vergleich zu den Ausgangszuständen der Drähte. Als weiteres Beispiel sei die Indentation in TSV-Strukturen zu nennen. Derartige Messungen, die den Herstellungsprozess bzw. reale Geometrien berücksichtigen, sind mit klassischen Versuchen (z. B. Zugversuchen) nicht möglich.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

· ZUVERLÄSSIGKEIT



SENSOR AND ACTUATOR SYSTEMS

Das Geschäftsfeld »Sensor and Actuator Systems« umfasst vielfältige Sensor- und Aktuatorssysteme, welche auf unterschiedlichen Technologien und Wirkprinzipien beruhen, sowie Verfahren, Methoden und Sensorik zur Material- und Strukturanalyse. Besonderes Augenmerk liegt auf der zunehmenden Integration von Nanostrukturen. Das Geschäftsfeld adressiert folgende Themenfelder:

Inertialsensorik: Der Fokus liegt auf der Entwicklung von hochpräzisen siliziumbasierten Sensoren zur Messung von Beschleunigung, Vibration, Neigung und Drehraten. Die gesamte Wertschöpfungskette, beginnend mit dem MEMS- und Systemdesign über die Technologieentwicklung und Prototypenfertigung bis zur Charakterisierung und zum Systemtest, wird abgedeckt.

Optische Bauelemente/MOEMS: Optische Bauelemente/MOEMS sind etablierte siliziumbasierte Systeme, wie durchstimbare optische Filter und Shutter auf der Basis optischer Bragg-Reflektorschichten, welche durch geeignete Lichtquellen und Detektoren ergänzt werden. Darüber hinaus ermöglichen Quantum-Dot-basierte LEDs und Photodetektoren eine kundenspezifische spektrale Sensorik, materialintegrierte Lichtquellen sowie Design- und Anzeigeelemente.

Elektromagnetische Sensorik: Mehrdimensionale Magnetfeldsensoren auf der Basis des GMR- bzw. TMR-Effektes liegen im Fokus dieses Themenfeldes. Sie werden in der direkten Magnetfeldmessung im mT bis in den nT-Bereich und in der daraus folgenden Bestimmung von z. B. Abstand, Position, Rotation und Bewegung angewendet. Aufgrund der sehr hohen Sensitivität solcher Sensoren werden neue Einsatzbereiche ermöglicht.

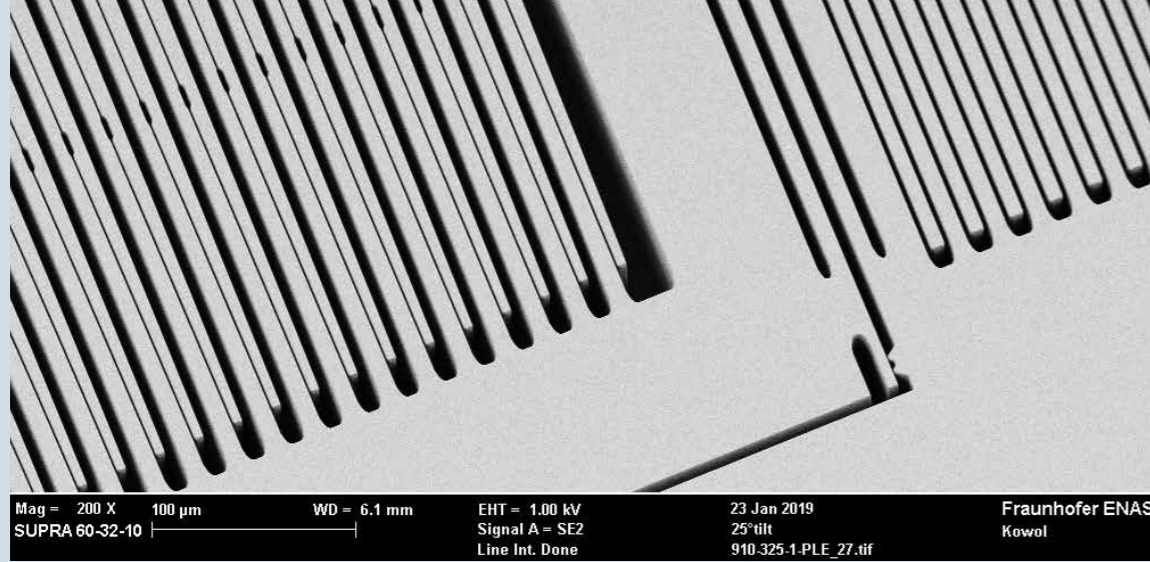
Druck- und Kraftwandler: Siliziumbasierte Ultraschallwandler und umgebungsdrucksensitive Resonatoren sowie MEMS-Lautsprecher sind entwickelt worden. Die Lautsprecher basieren auf neuartigen Materialien und Technologien wie gesputtertem metallischen Glas und gedruckten dauermagnetischen Schichten.

Material- und Struktursensorik: Dieses Themenfeld umfasst Verfahren, Methoden und Anordnungen zur Material- und Struktursensorik. Dabei basiert die Sensorik für mechanische Spannung, Dehnung und Überlast (Riss- und Bruchdetektion) zum einen auf Siliziumtechnologien. Die nanokompositbasierte Überlastsensorik sowie Feuchtesensorik nutzt andererseits dünne Schichten organischer Materialien mit eingebetteten Nanopartikeln, wodurch eine Integration in Faserverbundwerkstoffe ermöglicht wird. Ein weiteres Standbein dieser Art Sensorik basiert auf Kohlenstoffnanoröhren.

GESCHÄFTSFELD-MANAGERIN

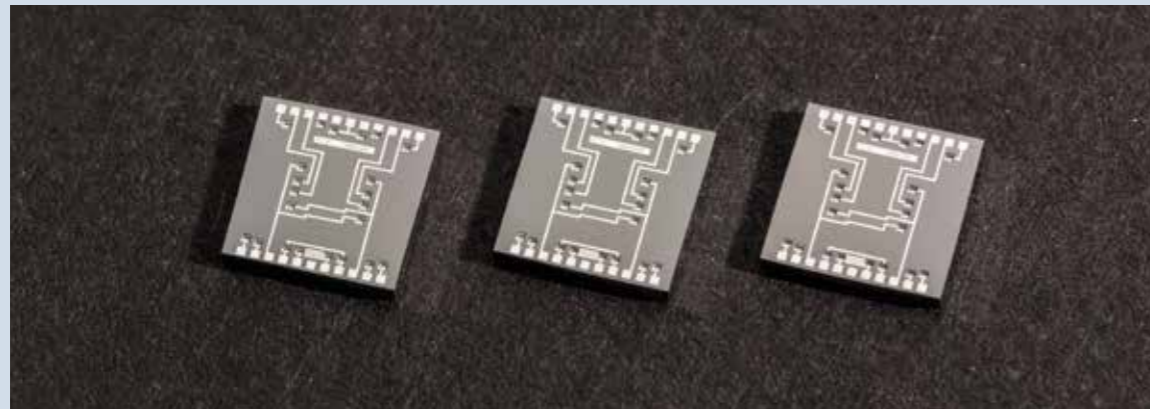
Prof. Dr. Karla Hiller
+49 371 45001-400
karla.hiller@enas.fraunhofer.de

SENSOR AND ACTUATOR SYSTEMS

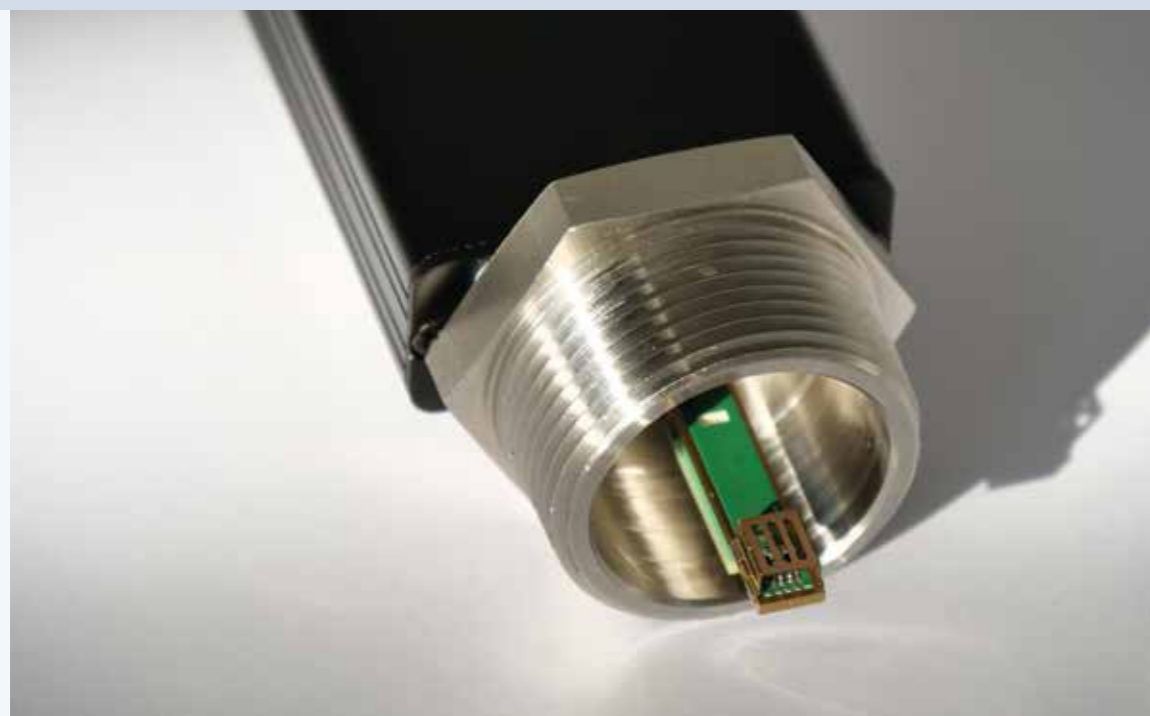


REM-Aufnahmen des 20 g Beschleunigungssensors, Elektroden (unten links) und Dämpfungselemente (rechts in der Struktur).

Mag = 200 X 100 µm WD = 6.1 mm EHT = 1.00 kV Signal A = SE2 23 Jan 2019 25° tilt Fraunhofer ENAS Kowal
SUPRA 60-32-10 Line Int. Done 910-325-1-PLF 27.tif



MEMS-Gyroskop-Chips aus dem Projekt KoliBriS.



Detailaufnahme des in das Fluid eintauchenden Sensorteils des Viskositäts- und Dichtesensors.

KOLIBRIS – MODULARE TECHNOLOGIE-PLATTFORM FÜR HOCHKOMPACTE INERTIALSENSOREN MIT INTEGRIERTER SCHALTUNGSELEKTRONIK

KoliBriS steht für »kompakte leistungsarme Breitbandsensoren mit integrierter Schaltungselektronik« und ist ein Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, das von EDC Electronic Design Chemnitz GmbH initialisiert und mit kooperativer Beteiligung der X-FAB MEMS Foundry GmbH und dem Fraunhofer ENAS im Zeitraum vom 1. August 2016 bis 31. Oktober 2019 umgesetzt wurde. Innerhalb der dreijährigen Laufzeit wurden verschiedene Inertialsensoren mit erhöhter kapazitiver Empfindlichkeit entwickelt. Dazu zählt ein Beschleunigungssensor bis 1,5 g mit einer Bandbreite von 100 Hz bis 8500 Hz. Das Besondere an diesem Sensor ist eine »post process gap reduction«. Durch Zustellen und Mikroschweißen werden die bei der X-FAB geätzten 3 µm breiten Initialspalte auf 500 nm reduziert und stoffschlüssig fixiert. Für eine andere Anwendung wurde ein Zwei-Achs-Sensor für einen Messbereich von ± 20 g und den Frequenzbereich 4 Hz bis 8800 Hz entwickelt. Das MEMS wurde am Fraunhofer ENAS entworfen und hergestellt. Dabei wurde erstmals eine parallel zum Projekt entstandene und mittlerweile patentierte Technologieidee (DE102018210810B3) umgesetzt und getestet. Damit sind notwendige große Massen und gleichzeitig Elektrodenspalte im Sub-µm-Bereich realisierbar (ermöglicht durch die Inbetriebnahme eines neuen Wafersteppers). Bei der Weiterentwicklung eines MEMS-Gyroskopes wurde hauptsächlich auf die Erhöhung der Sensitivität und die Verbesserung der thermischen Stabilität fokussiert. Ersteres wurde durch die Vergrößerung der Strukturhöhe von 50 µm auf bis zu 70 µm erreicht. Dabei wird die typische Breite von 1,8 µm der kapazitiven Ätzspalte beibehalten. Letzteres wurde durch die Weiterentwicklung der BDRIE-Technologie in einer Voll-Silizium-Variante realisiert. Dazu wurden die Sensordesigns der fünften Generation überarbeitet und mit Modifikationen entstand die sechste Generation (MEMS-Gyroskop FG6).

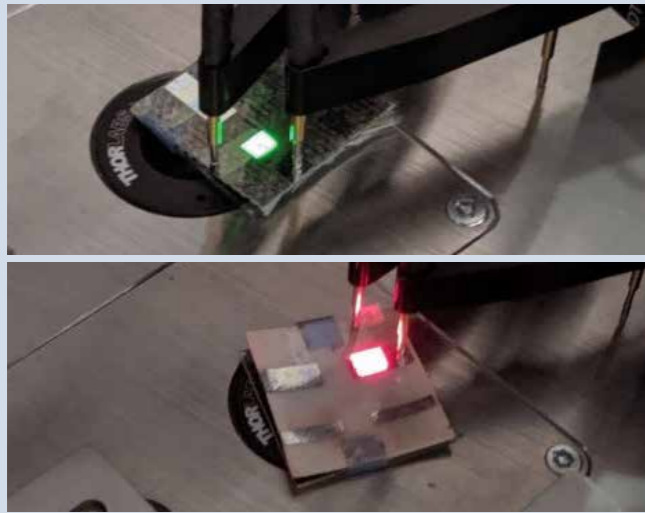
VISKOSITÄTS- UND DICHTESENSOR FÜR ÖLE

Die Fließfähigkeit und das spezifische Gewicht organischer Flüssigkeiten wie Schmieröle und Kraftstoffe sind für viele Anwendungen entscheidende Parameter. Informationen darüber sind zur Beurteilung der Qualität, zur Erkennung von Alterung, von Beimengungen und von durch hohe oder tiefe Temperaturen hervorgerufene Veränderungen in vielen Anwendungen wünschenswert, in einigen Applikationen unbedingt erforderlich. Am Fraunhofer ENAS wurde deshalb ein Viskositäts- und Dichtesensor entwickelt, der auf der Basis von MEMS-Resonatoren arbeitet, die durch das zu testende Fluid beeinflusst werden. Siliziumzungen werden durch piezoelektrische Aluminiumnitrid-Wandler mechanisch angeregt und die entstehende Schwingung detektiert. Die Frequenzabhängigkeit der Schwingungseigenschaften wird gemessen. Die Resonanzfrequenz der Zungen wird wesentlich durch die Dichte des zu testenden Fluids verändert, während die Dämpfung der Resonatoren durch die Viskosität beeinflusst wird. Es kommt jedoch auch zur Beeinflussung beider Schwingungsparameter durch die jeweils andere Fluideigenschaft. Ein geeigneter mathematischer Algorithmus wurde entwickelt, der die physikalischen Zusammenhänge interpretierend aus den Schwingungsparametern Viskosität und Dichte errechnet. Für praktische Erprobungen in einem weiten Temperaturbereich von -40 °C bis 150 °C stehen Sensoren bereit, die mittels NPT-Gewindenippel in ein fluidgefülltes Betriebsmittel eingeschraubt werden. Ein integrierter Controller steuert Anregung und Schwingungsdetektion und liefert die Informationen über die Viskosität der Flüssigkeit in einem Messbereich von 0,5 cP ... 100 cP und über die Dichte in einem Bereich von 0,6 kg/l ... 1,5 kg/l an eine USB-Schnittstelle.

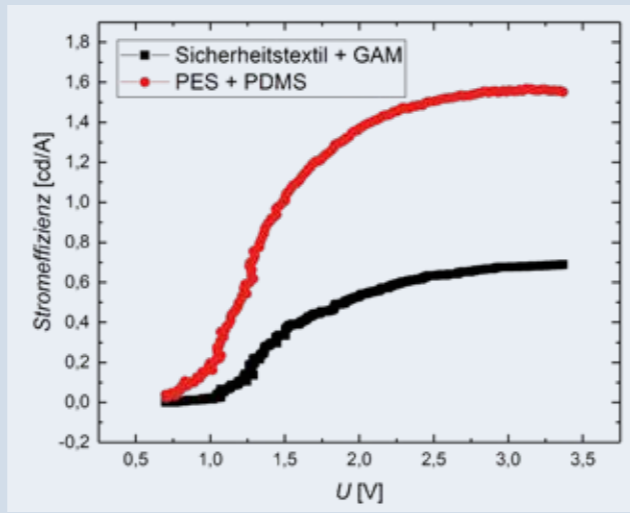
FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- INERTIALSENSORIK
- OPTISCHE BAUELEMENTE / MOEMS

SENSOR AND ACTUATOR SYSTEMS



Grüne Quantum-Dot-LED auf einem Sicherheitstextil und rote Quantum-Dot-LED auf einem PES-Gewebe.



Stromeffizienzen der Quantum-Dot-LEDs auf Textilien.

QUANTUM-DOT-BASIERTE LEUCHTDIODEN AUF TEXTILIEN

Das Fraunhofer ENAS beschäftigt sich seit vielen Jahren mit der Herstellung von Leuchtdioden auf Basis von Halbleiternanokristallen, so genannten Quantum Dots (QDs), für Spezialanwendungen. Darunter zählt zum einen der Einsatz des speziellen Lichtes für die Sensorik, zum anderen die Herstellung auf Sondersubstraten. Für diese Herstellung stehen eine Vielzahl von Technologien zur Verfügung. Durch die Kombination von sowohl lösemittel- als auch gasphasenbasierten Aufbringungsmethoden unter Schutzgasatmosphäre können starre Substrate wie Glas oder auch flexible Substrate wie Folie mit QD-LEDs beschichtet werden.

Dadurch war es möglich, erste Labormuster von QD-LEDs auf textilen Substraten herzustellen. Dabei ist es gelungen, durch eine Planarisierung mittels Parylene C sowohl die Rauheit der Oberfläche des Textils von 140 nm auf 20 nm zu verringern, als auch die Aufnahme der Lösemittel in das Textil zu verhindern. Die QD-LEDs wurden mit einer inversen »Top-emittierend«-Struktur aufgebracht, um das Licht von außen gut sichtbar zu machen. Dies könnte in Zukunft zahlreiche Anwendungsfelder finden, wie z. B. für bessere Sichtbarkeit von Sicherheitsbekleidung oder Ambiente-Beleuchtung im PKW-Interieur.

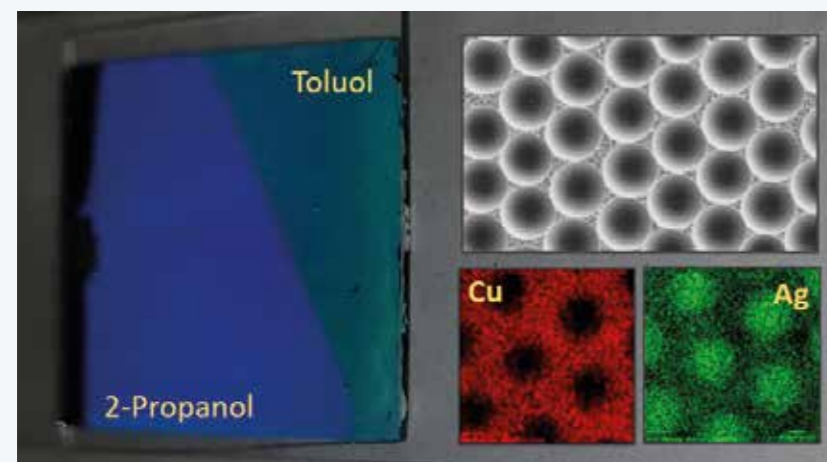
GEORDNETE METALLSTRUKTUREN FÜR SENSORISCHE APPLIKATIONEN

Angetrieben durch die Nachfrage nach miniaturisierten und hochintegrierten Funktionalitäten im Bereich der Photonik hat sich die Metall- oder Plasmaoptik zu einer vielversprechenden Methode zur Manipulation von Licht entwickelt. Insbesondere die Herstellung von periodischen, nanostrukturierten, ultradünnen Metallfilmen zeigt vielversprechende Ansätze zur Realisierung von Filterarrays mit kleinster räumlicher Auflösung.

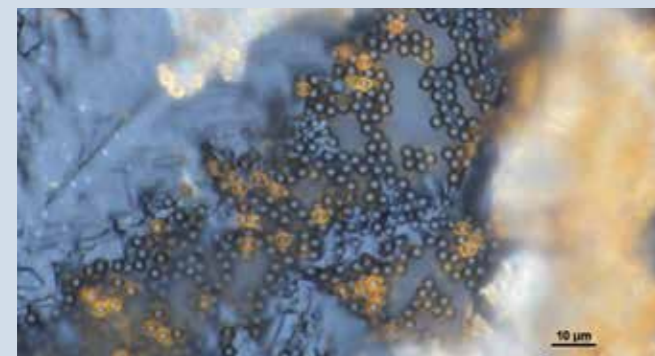
Solche nanostrukturierten Filme können unter Einsatz der Template-Methode elektrochemisch einfach und kostengünstig erzeugt werden. Dazu wurden zunächst monodisperse Polystyrol-Mikrosphären mit Durchmessern im Bereich der Wellenlänge des sichtbaren Lichtes mittels Dispersionspolymerisation synthetisiert und durch eine modifizierte Langmuir-Blodgett-Methode auf leitfähigen Oberflächen als Monolagen abgeschieden. Diese hochgeordneten Schichten dienen als Template für die elektrochemische Abscheidung von Ag und Cu. Durch Variation des Sphärendurchmessers bzw. der Schichtdicke lassen sich Porengröße und -abstand sowie deren Form gezielt variieren. Die strukturierten Ag-Schichten wurden beispielhaft genutzt, um Flüssigkeiten bzw. deren Gemische aufgrund ihrer unterschiedlichen Brechungsindizes farblich zu unterscheiden.

SPINTRONISCHE SENSOREN ZUR DETEKTION KLEINSTER MAGNETFELDER

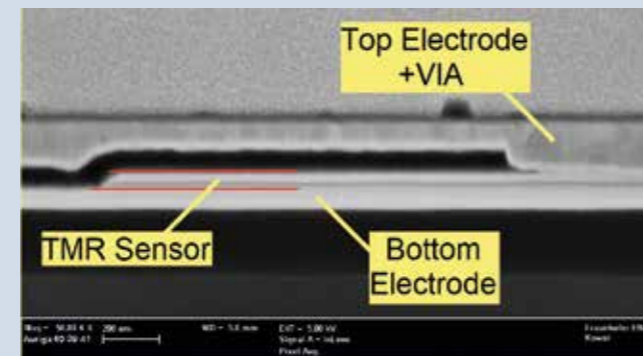
Magnetfeldsensoren auf Basis spintronischer Effekte, v.a. dem »giant magnetoresistance«-(GMR)- und »tunneling magnetoresistance«-(TMR)-Effekt, bieten große Vorteile gegenüber der Hall-Technologie. Sie sind deutlich kleiner, haben einen geringeren Stromverbrauch und eine um Größenordnungen höhere Sensitivität. Übliche Anwendungen finden sich u. a. in der Bestimmung von Drehbewegungen, Abständen, der Stromstärke oder im elektronischen Kompass. Aufgrund ihrer hohen Empfindlichkeit werden auch völlig neue Anwendungen denkbar. In einem Fraunhofer-internen Projekt wurde in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IIS/EAS eine Plattform erarbeitet, mit der nur etwa 1 µm große superparamagnetische Kügelchen mittels einer Spulenordnung definiert durch einen Kanal bewegt und letztlich von magnetoresistiven Sensoren detektiert werden können. Dies ist Voraussetzung für bspw. medizinische Anwendungen im Bereich Lab-on-a-chip oder zur Vor-Ort-Diagnose, um Pathogene oder Fremdstoffe in einer Probe nachzuweisen.



Colorimetrische Unterscheidung von Lösungsmitteln durch Wechselwirkung mit regelmäßig zweidimensional angeordneten, metallischen Hohlspiegeln im Nanometer-Bereich.



Biologisch funktionalisierte Mikrobeads zur Diagnostik mittels Magnetfeldsensoren.

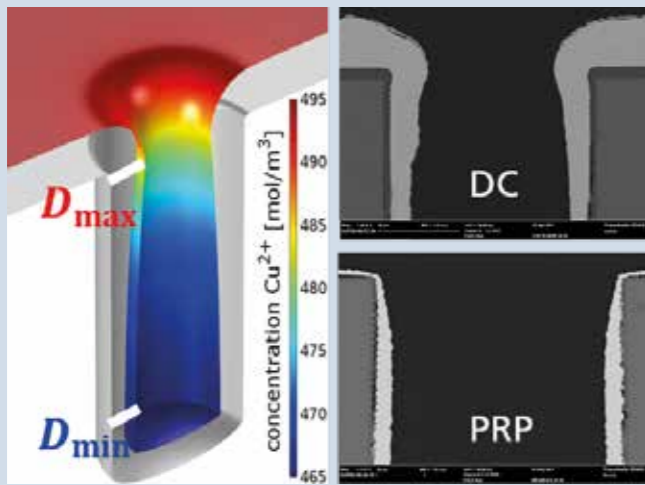


Elektronenmikroskopie eines FIB-präparierten Querschnittes eines vollständig kontaktierten, mikrostrukturierten TMR-Sensorelementes.

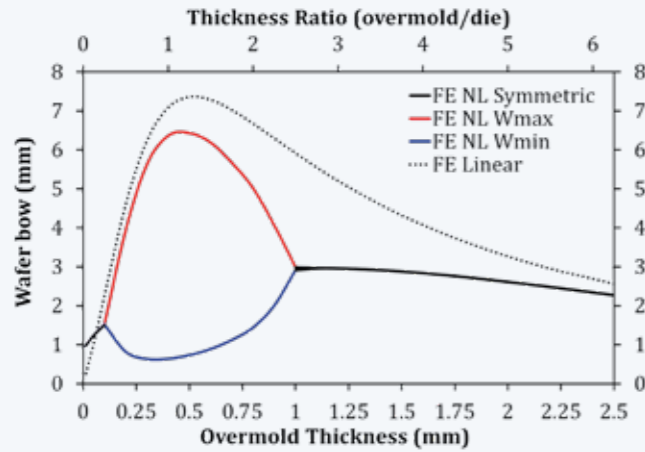
FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- MATERIAL- UND STRUKTURENSORIK
- OPTISCHE BAUELEMENTE / MOEMS
- ELEKTROMAGNETISCHE SENSORIK

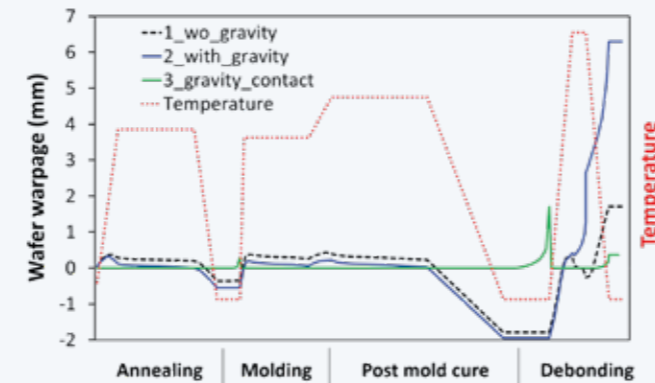
SENSOR AND ACTUATOR SYSTEMS



Beispielhafte Ergebnisse aus Simulation (links) und Experiment (rechts) der Cu-ECD in sehr tiefen TSVs.



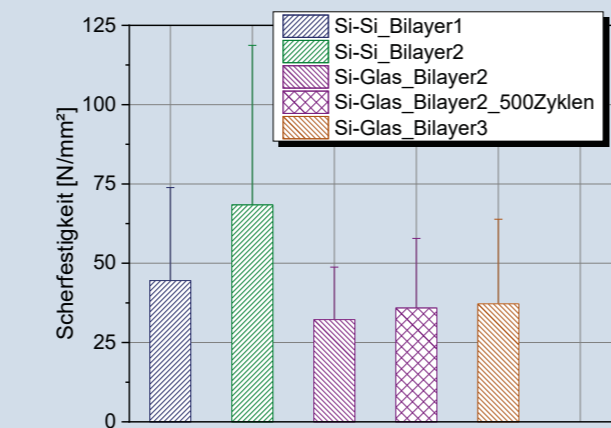
Verwölbung des rekonstituierten Wafers als Funktion der Molddicke mit Bifurkationsbereich.



Entwicklung der Verwölbung des rekonstituierten Wafers im Fan-out-Herstellungsprozess.



CuO/Al-gebondeter Silizium-Quarzglas-Demonstrator für optische Bauelemente.



Scherfestigkeit CuO/Al-gebondeter Substrate.

TSVS MIT HOHEM ASPEKTVERHÄLTNISS FÜR DIE 3D-INTEGRATION

Die 3D-Integration mittels Through Silicon Vias (TSVs) ist eine vielversprechende Technologie für miniaturisierte Elektroniksysteme. Für MEMS, welche nicht unter einen kritischen Punkt abgedünnt werden können, sind große TSV-Tiefen (> 300 µm) mit hohen Aspektverhältnissen (> 5:1) typisch. Eine Herausforderung in der Herstellung ist die konforme Beschichtung derartiger TSVs. Im BMBF-Projekt VEProSi entwickelte das Fraunhofer ENAS mit den Projektpartnern X-FAB MEMS Foundry GmbH, KETEK GmbH, NB Technologies GmbH und Fraunhofer IPMS-CNT verschiedene Ansätze für eine TSV-Technologie, welche bei Sensoren mit großer Substratdicke zum Einsatz kommt. Am Fraunhofer ENAS wurde hierbei eine »Pulse Reverse Plating«-(PRP)-Methode für die konforme Beschichtung von sehr tiefen TSVs ohne den Einsatz von organischen Additiven untersucht. Das Ziel ist hierbei die Reduzierung des Additivverbrauchs sowie die Komplexität der Additivkontrolle. Im Experiment ist die Nutzung einer Cu-MOCVD-basierten Saatschicht in Kombination mit der PRP-Methode für die konforme Beschichtung von TSVs mit 400 µm Tiefe erfolgreich demonstriert worden. Durch Simulation sind die Ergebnisse des Experiments und der vorteilhafte Effekt des PRP gegenüber der DC-Abscheidung verifiziert worden.

VIRTUELLES PROTOTYPING VON REKONFIGURIERTEN FOWLP-WAFERN

»Fan-out wafer-level packaging«-(FOWLP)-Technologien sind bei der Integration heterogener Systeme von großer Bedeutung. Eine der Herausforderungen besteht im exzessiver Waferverzug während des Waferruns durch die einzelnen Prozessschritte der Herstellung. Aus diesem Grund sind Untersuchungen des Waferverzugs essentiell. So werden im EuroPAT-MASIP-Projekt analytisch berechnete Waferverformungen für die Mold/

Si-Struktur durch Simulation validiert, die zur Untersuchung des Verzugs der rekonfigurierten Wafer mit Mold und Dies verwendet wird. Bei der Simulation der Abhängigkeit des Waferverzugs von der Dicke des Overmolds wird eine Bifurkation festgestellt, bei der sich die Waferform bei Abkühlung des Wafers von 150 °C auf 25 °C von schüsselförmig auf zylindrisch ändert. Dieser Bifurkationsbereich kann eine Hilfe bei der Gestaltung optimaler Wafermaps und Prozessabläufe zum Vermeiden übermäßigen Waferverzugs sein. Darüber hinaus wurde das durch den FOWLP-Prozess induzierte Warpage durch FE-Analyse unter Berücksichtigung der geometrischen Nichtlinearität, der Schwerkraft und des durch Kontaktelemente modellierten Supports analysiert.

NIEDERTEMPORATURFÜGEN MIT REAKTIVEN CUO/AL-MULTILAGENSYSTEMEN

Vor dem Hintergrund der heterogenen Integration stellt die Reduktion der Prozesstemperaturen einen wesentlichen Forschungsschwerpunkt dar. Am Fraunhofer ENAS werden deshalb seit über zehn Jahren integrierte reaktive Materialsysteme (iRMS) erforscht. Basierend auf einer selbstausbreitenden exothermen Reaktion wird lokal im Fügeinterface Energie in Form von Wärme bereitgestellt. Da etablierte mittlere-energetische Systeme wie Zr/Si sehr viele Einzellagen erfordern und hochenergetische, edelmetallbasierte Systeme wie Pd/Al sehr kostenintensiv sind, wurde in den letzten drei Jahren am Fraunhofer ENAS das hochenergetische CuO/Al-Reaktivsystem als kostengünstiges Multilagensystem für Fügeanwendungen erarbeitet. Im Rahmen des Forschungsprojekts RNFSys (16ES0539) ist eine komplette Prozesskette zur Herstellung strukturierter CuO/Al-Multilagensystem auf 200-mm-Wafern für Fügeanwendungen aufgebaut worden. Das neue Materialsystem ermöglicht die Integration heterogener Materialien wie Silizium, Glas, Keramik und Edelstahl in einem Package. In Festigkeitsuntersuchungen und ersten Temperaturschocktests ist die Stabilität der Verbindungen nachgewiesen, und mit der Firma Lithoglas GmbH ein erster Glas-Silizium-Demonstrator auf Wafer Ebene aufgebaut.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- 3D-INTEGRATION
- ZUVERLÄSSIGKEIT
- PACKAGING



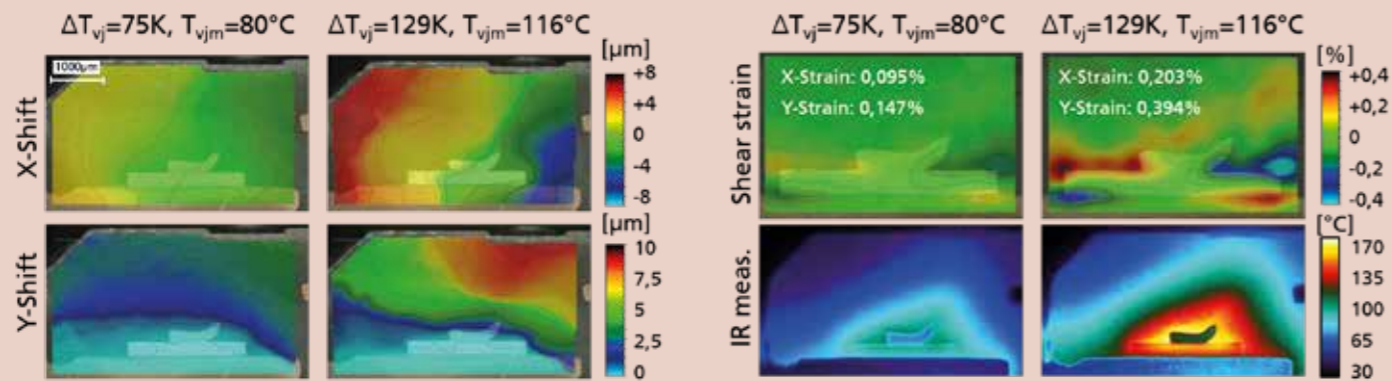
TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART POWER AND MOBILITY

Im Geschäftsfeld »Technologies and Systems for Smart Power and Mobility« entwickelt das Fraunhofer ENAS Know-how und betreibt Technologietransfer einschließlich der Entwicklung von Forschungsmustern und Prototypen im Bereich der Erzeugung und Übertragung von Elektroenergie und im Bereich Transport. Die Erzeugung, die Verteilung und die Steuerung von Energieflüssen, insbesondere von Elektroenergie bekommen durch verschiedene Aspekte des Paradigmenwechsels im Energiesektor, durch die Elektromobilität und autonomes Fahren einen zunehmenden Stellenwert. Das Fraunhofer ENAS setzte Entwicklungen von Monitoringsystemen für Hoch- und für Mittelspannungsanlagen im Berichtsjahr kontinuierlich fort. Im Fokus der folgenden Seite stehen jedoch Methoden, die bei der Sicherstellung eines zuverlässigen Betriebes von elektrischen Betriebsmitteln und von Leistungsbauerelementen durch das Institut entwickelt und zur Verfügung gestellt wurden. Die zunehmende Integrationsdichte vermindert einerseits die Widerstandsverluste, vergrößert jedoch andererseits die Probleme der Entwärmung der eingesetzten Komponenten und Module.

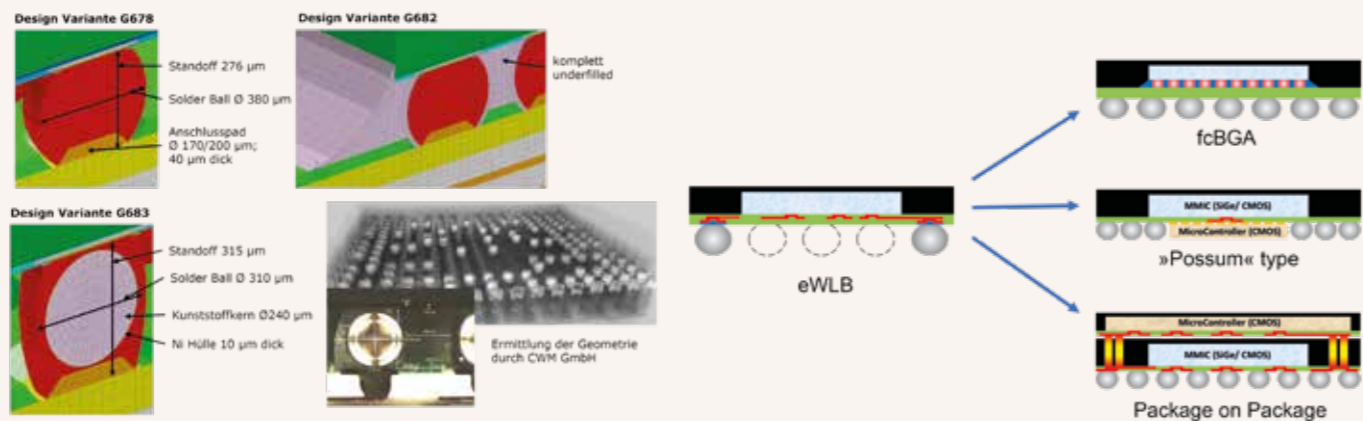
Zudem wird auf einen neuartigen Ansatz zur Strömungsbeeinflussung an Rotorblättern von Windkraftanlagen aufmerksam gemacht. Dieses Projekt soll zeigen, in welchem Maße die Effizienz von Windkraftanlagen durch aktive Strömungssteuerung erhöht werden kann, wenn die Luftströmungen um die Flügel durch eine solche Technologie optimiert werden.

GESCHÄFTSFELD-MANAGER

Dr. Steffen Kurth
+49 371 45001-255
steffen.kurth@enas.fraunhofer.de



Beispielhafte Darstellung von Verschiebungsfeldern, die daraus abgeleiteten Scherdehnungen sowie mittels IR-Kamera aufgenommene Temperaturverteilungen eines diskreten Leistungselementes unter aktiver Lastwechselbelastung.



Vergleich verschiedener Lotkugelvarianten für die Gehäusekontaktierung.

Untersuchung potenzieller Package-Aufbauten, die noch nicht für Radaranwendungen genutzt werden.



Das Ziel von TopWind: Optimierung der Winteranfälligkeit von Windenergieanlagen mittels innovativer Strömungskontrollkonzepte. Foto © Nicholas Doherty on Unsplash.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- ZUVERLÄSSIGKEIT
- VERBESSERUNG AERODYNAMISCHER BEDINGUNGEN

TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART POWER AND MOBILITY

OPTISCHE IN SITU ANALYSE VON LEISTUNGSBAUELEMENTEN

Zur Visualisierung und Analyse von thermo-mechanischen (Schädigungs-)Vorgängen in Leistungselektronikaufbauten unter aktiver Belastung wurde eine in situ Untersuchungsmethodik realisiert. Diese basiert auf einer In-plane-Verformungsmessung, wozu die zu untersuchenden Aufbauten bis zur gewünschten Schliffebene präpariert werden, gleichzeitig deren elektrische Funktionsfähigkeit aber sichergestellt werden muss. Im nächsten Schritt werden unter unterschiedlichen Lastwechselbelastungsbedingungen mikroskopische Aufnahmen jeweils im belasteten als auch im unbelasteten Zustand generiert, aus welchen mittels digitaler Bildkorrelation Verschiebungsfelder sowie mechanische Dehnungen abgeleitet werden können. Damit lässt sich bspw. die Interaktion zwischen Chipanschlusskontaktierung und Moldmasse für unterschiedliche Lastbedingungen analysieren. Darüber hinaus erlaubt der Ansatz auch die Untersuchung thermisch-transienter Vorgänge im Bauteilquerschliff unter Verwendung einer IR-Kamera. Eine Herausforderung besteht aber in der Translation der Untersuchungsergebnisse zurück auf die unpräparierten Bauteile. Dazu ist es erforderlich, diese Untersuchungen zukünftig noch mit FE-Methoden zu kombinieren.

»DESIGN FOR RELIABILITY« IN DER HOCHFREQUENZELEKTRONIK

Hochfrequenzelektroniken in Form von Radarsensoren sind ein zentraler Baustein zukünftiger Mobilitätsstrategien. Innerhalb des BMBF-Projektes radar4FAD wurden Konzepte für universelle Radarmodule für das vollautomatisierte Fahren entwickelt, wobei sich Fraunhofer ENAS mit der heterogenen Modulintegration zur Realisierung kleiner, leichter und großserientauglicher Bauformen beschäftigt. Hierbei wurden Fragen zur thermo-mechanischen Robustheit von Radarkomponenten im zu entwickelnden

Radar-Modulbaukasten gelöst. Es wurden potenzielle, noch nicht für Radaranwendungen genutzte Packageaufbauten und deren Kontaktierung untersucht, die Fehlermodi analysiert und mittels experimenteller und theoretischer Verfahren die zuverlässige Funktionalität untersucht und optimiert. Dazu wurden »Physics of Failure«-basierte Modelle für die Zuverlässigkeitsprognostik und -optimierung entwickelt. Die Vorhersagen erfolgten mittels numerischer Simulation. Diese wurden anhand existierender Packages kalibriert und auf potenziell nutzbare Packages angewendet. Mittels dieser Strategie des »virtual prototyping« soll das Ziel des »first time right« bereits während der Projektierungs- und Designphase der Radarkomponenten gesichert werden.

TOPWIND

Das Verbundvorhabens TOPWind adressiert die Entwicklung von Konzepten für die aktive Beeinflussung der Strömung um das Rotorblatt von Windkraftanlagen auf Basis neuartiger struktur-integrierter fluidischer Aktoren, die eine Adaption der Aerodynamik erlauben. Um derartige Aktoren zu entwickeln und deren Anwendung auf Rotoren von Windkraftanlagen zu validieren, beteiligt sich Fraunhofer mit vier Instituten am Verbundprojekt. Dabei deckt Fraunhofer von der numerischen Untersuchung über die Entwicklung von Aktoren und Systemen bis hin zum Test alle Forschungsbereiche ab. Das Fraunhofer ENAS entwickelt in TOPWind Strömungskontrollaktoren für Windtunnel- und Robustheitstests. Für den späteren Einsatz an Windkraftanlagen werden bereits wichtige Merkmale bei der Entwicklung berücksichtigt. Hierfür ist es beispielsweise erforderlich, die Leistung und Lebensdauer dieser Aktoren entsprechend zu verbessern, aber im gleichen Maße den Energieverbrauch sowie die Schallemission zu reduzieren. Letztere Punkte konnten bereits nachgewiesen werden. So ist die neueste Aktorengeneration um 20 dB leiser und in Verbindung mit der von Partnern entwickelten Elektronik um ein vielfaches energiesparsamer als die bisherigen Systeme.

TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART HEALTH

Das Geschäftsfeld »Technologies and Systems for Smart Health« bündelt abteilungsübergreifend die FuE-Aktivitäten mit medizinischem, biologischem und lebenswissenschaftlichem Hintergrund. Der Fokus unserer Entwicklungen liegt auf den technischen bzw. technologischen Aspekten, insbesondere auf der Nutzung von Mikro- und Nanotechnologien für einen Einsatz im Dienste der Medizintechnik, Biotechnologie und Gesundheit. Die medizinische Expertise stellen wir dabei über die Einbeziehung von starken Partnern, Beratern und externen Experten inner- und außerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft sicher. Unsere Forschungsarbeiten untergliedern sich in drei Schwerpunkte: Technologien für Implantate, Technologien für Medizintechnik sowie Messtechnik und Analytik.

Im Bereich Implantate werden miniaturisierte Sensor- und Aktorsysteme sowie Technologien zu deren Integration entwickelt. Die wesentliche Motivation für implantierbare Sensoren und Aktoren liegt im Ersatz bzw. der Verbesserung menschlicher Sinne, aber auch der Unterstützung von körperlichen Funktionen von Gelenken bis hin zu Organen.

Zur Forschung an Medizingeräten gehören alle Arbeiten zu chirurgischen Werkzeugen sowie Sensoren und Aktoren, die der Patientenüberwachung dienen und nicht implantiert bzw. nur kurzzeitig, im Falle einer Operation, im Körper eingesetzt werden. Eine wesentliche Rolle für die FuE-Inhalte spielen biokompatible Materialien, insbesondere für den Schnittstellenbereich zwischen biologischem Gewebe und technischem Gerät, aber auch die Verwendung von MRT-verträglichen Materialien sowie die drahtlose Daten- und Energieübertragung.

Im Bereich Messtechnik/Analytik sind die Arbeiten zu Analyse- und Diagnostiksystemen zusammengefasst, welche durch mikrofluidische und/oder spektroskopische Komponenten gekennzeichnet sind. Ziel der Entwicklungen ist die Miniaturisierung und Automatisierung etablierter Analyseverfahren hin zu schnellen, portablen Systemen sowie die Entwicklung vollkommen neuer Systeme und Komponenten basierend auf Mikro- und Nanotechnologien.

GESCHÄFTSFELD-MANAGER

Dr. Mario Baum
+49 371 45001-261
mario.baum@enas.fraunhofer.de

TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART HEALTH

MOLOKO – SCHNELLE MILCHANALYSE MITTELS NEUARTIGEM SENSOR

Milch ist ein Grundnahrungsmittel und für viele Menschen Teil des täglichen Speiseplans. Trotzdem sinkt der Preis für Milch stetig, was einen hohen ökonomischen Druck für die Milchfarmen bedeutet. Daher versuchen vor allem kleinere Milchproduzenten zunehmend höherwertige Produkte anzubieten, die sich durch ökologische Produktion, andere Milcherzeuger (z. B. Büffel oder Ziegen) oder spezielle Inhaltsstoffe (z. B. besondere Proteine) vom Standardprodukt differenzieren. Die damit höheren erzielbaren Preise verlocken jedoch auch verstärkt zum Betrug. So wird beispielsweise hochpreisige Büffelmilch mit günstiger Kuhmilch gestreckt oder Produkte werden vorsätzlich falsch ausgezeichnet. Obwohl es für viele Qualitätsparameter Tests im Labor gibt, können diese aufgrund der meist langen und aufwändigen Analyse Betrugsfälle nur unzureichend verhindern. Im Projekt MOLOKO (H2020, GA Nr.780839) wird ein kompaktes Testsystem auf Basis eines neuartigen plasmonischen Sensors entwickelt. Dieses Testsystem soll eine schnelle Vor-Ort-Analyse relevanter Parameter ermöglichen. Das Fraunhofer ENAS trägt dabei mit der Entwicklung einer wiederverwendbaren mikrofluidischen Kartusche zur schnellen Analyse bei.

ADDITIVE FERTIGUNG BIODEGRADIERBARER ELEKTRONISCHER KOMPONENTEN

Die Eigenschaften Biokompatibilität oder Biodegradierbarkeit stehen für eine vielversprechende Rohstoffklasse in der Elektronikherstellung. Das Fraunhofer ENAS trug im Fraunhofer-internen Forschungsprojekt »Bioelektronik« aktiv zur Entwicklung aktiver Implantate basierend auf im menschlichen Körper biodegradierbarer Elektronik bei. Hierzu wurden die elektronischen Komponenten Leiter, Halbleiter und Isolator durch biokompatible bzw. biodegradierbare Materialien in einem Schichtsystem realisiert.

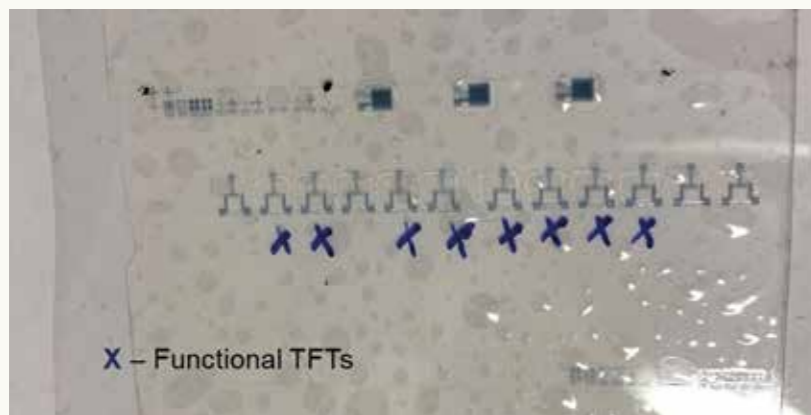
Als direkt-schreibende additive Fertigungstechnologien wurde das Fraunhofer ENAS Inkjet- und Aerosol-Jet-Druckverfahren zum Auftrag. Als Ergebnis entstand ein Workflow zur Herstellung biodegradierbarer Leiterzüge und organischer Feldeffekttransistoren. Im Detail bestehen die organischen Feldeffekttransistoren (OFETs) aus leitfähigen Elektroden (PEDOT:PSS), dielektrischer Schicht (Shellack) und Halbleiter (Beta-Carotin, Indigo). Zudem erarbeitete das Fraunhofer ENAS prinzipiell die drucktechnische Herstellung und Funktionalisierung von Zink-Leiterbahnen. Die verwendeten Tintenformulierungen wurden überwiegend selbst hergestellt, da sie kommerziell nicht verfügbar sind.

IRRIGATIONSENSOR

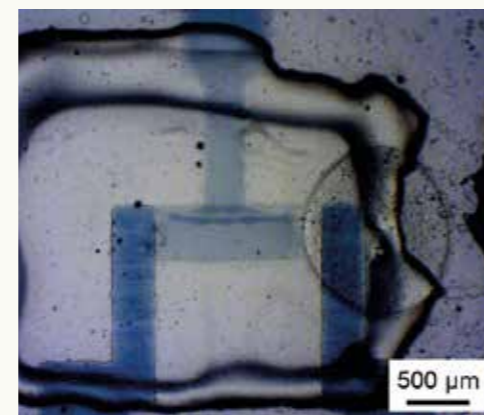
In den letzten Jahren hat Fraunhofer ENAS Technologien für kosteneffizient hergestellte und umweltfreundliche Sensorsysteme entwickelt, die auf der Entwicklung von neuartigen Sensoren unter Verwendung von Drucktechnologien und umweltfreundlichen und inerten Materialien basieren. Die Sensoren bestehen aus einem Elektronikmodul mit einem Single-Chip-Funksystem und Sensoren für die Luft- und Bodentemperatur, einem Irrigationssensor zur Überwachung der Bewässerung sowie einer gedruckten Antenne und einer gedruckten Batterie, die in einem kunststoffbeschichteten Zellulosesubstrat eingeschlossen sind. Zur Messung des Irrigationzustandes und der Steuerung von Düngung und Bewässerung wird zudem ein neuartiger Sensor verwendet, der die Saugspannung ermittelt. Dabei wird die sich mit der Saugspannung des Bodens ändernde Leitfähigkeit eines speziellen Matrixmaterials als Messprinzip verwendet. Für den Einsatz werden die Sensoren unter der Erde verankert, der Irrigationssensor hydraulisch an die Bodenmatrix angekoppelt. Ein Teil der Sensoren ragt dabei über die Bodenoberfläche hinaus und beherbergt das Elektronikmodul und die Antenne. Das gegenwärtig eingesetzte Funksystem gewährleistet eine direkte Kommunikation der Daten zu einem auf dem Feld installierten Gateway.



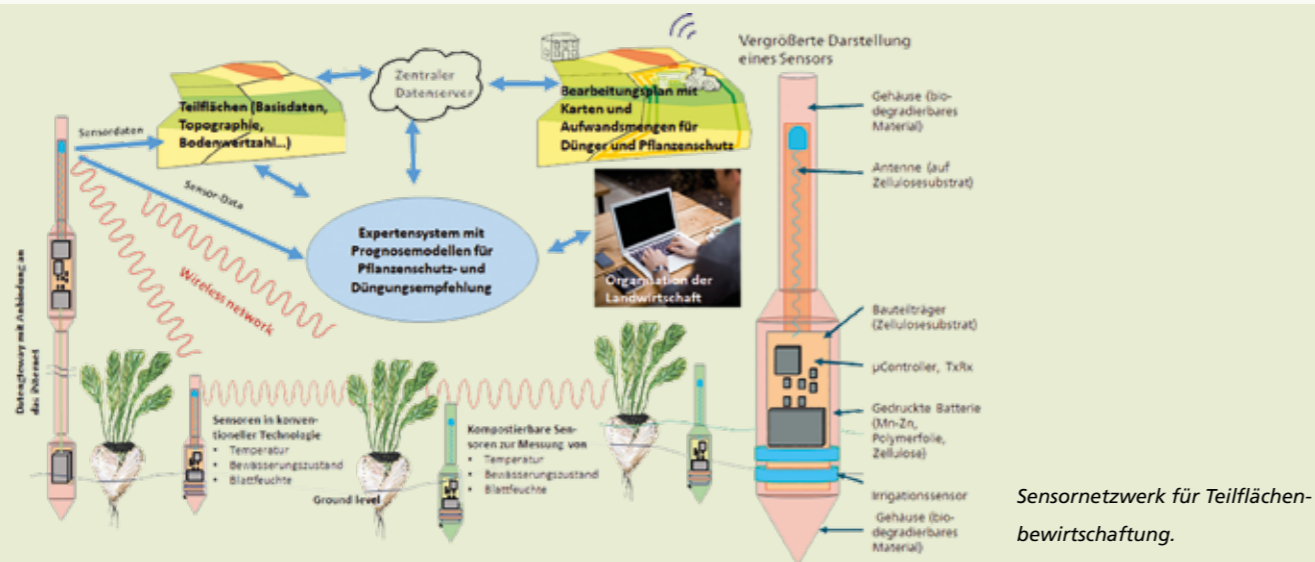
3D-Modell der mikrofluidischen Kartusche im EU-Projekt MOLOKO.



Vollständig inkjet-gedruckte Bottom-Gate-Bottom-Contact-basiert biologisch abbaubare TFTs, hergestellt auf biologisch abbaubarem ORMOCER®-Substrat.



Mikroskopische Abbildung (mit Vergrößerung).



Sensornetzwerk für Teilflächenbewirtschaftung.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- MESSTECHNIK UND ANALYTIK
- IMPLANTATE



TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART PRODUCTION

Das Geschäftsfeld »Technologies and Systems for Smart Production« adressiert Themen der Automatisierung und Digitalisierung der Fertigung. Im Fokus stehen die Bereitstellung von Technologien zur Individualisierung von Produkten und die sensorische Überwachung der Produktion.

Mit dem digital gesteuerten Fertigungsverfahren des Inkjet-Drucks werden bestehende Fertigungssysteme (Industrieroboter sowie Rolle-zu-Rolle-Fertigungsanlagen) erweitert. Dies ermöglicht individuelle Produktpassungen in der Massenproduktion, z. B. für die automatisierte Herstellung von Kabelbäumen direkt auf Bauteile oder die materialeffiziente Herstellung von Brennstoffzellenkomponenten wie die MEA (Membran-Elektroden-Einheit/Assembly).

Für die sensorische Überwachung der Produktion kommen eigenentwickelte Technologien, wie z. B. der kombinierte Einsatz von orts aufgelöster Schwingungserzeugung und Schwingungsdetektion an Mikroschweißstellen in MEMS mittels Laserimpuls und Laser-Doppler-Vibrometer, zum Einsatz. Dies bietet neue Qualität beim »Structural Health Monitoring« von Mikroelektronikbauelementen. Des Weiteren nutzen wir Technologien, die eine Ortung von Sensoren zulassen, welche sich während des Herstellungsprozesses frei in industriellen Flüssigkeiten befinden. Dabei kommt ein magnetfeldbasiertes Ortungsverfahren zum Einsatz, welches durch künstliche Intelligenz unterstützt wird.

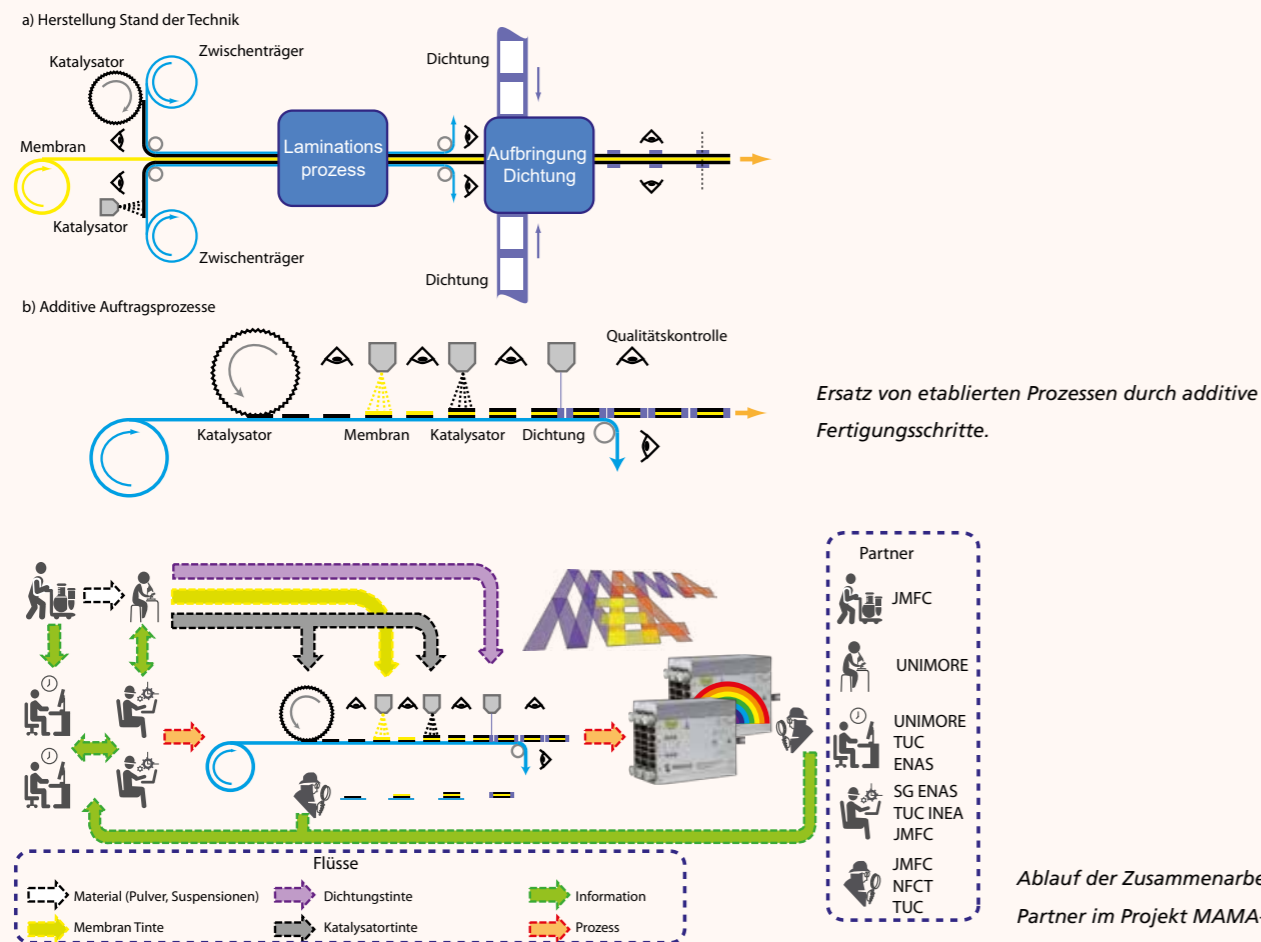
GESCHÄFTSFELD-MANAGER

Dr. Ralf Zichner
+49 371 45001-441
ralf.zichner@enas.fraunhofer.de

TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART PRODUCTION



Herstellung eines Kabelbaumsegmentes auf die Innenseite einer Fahrzeugtür mittels Sechsa-Achs-robotergestützter Inkjet-Drucktechnologie.



PRODUKTANPASSUNG IN DER MASSENPRODUKTION – DRUCKEN VON KABELBAUMSEGMENTEN AUF INTERIEUR- UND EXTERIEUR-BAUTEILE

Kabelbäume werden heute für Fahrzeuge individuell in einem manuellen Prozess konfektioniert und später im Werk auch manuell in Fahrzeuge integriert. Es herrscht also Manufaktur statt digital gesteuerter Massenfertigung. Um auch hier das Potenzial der Produktionseffizienzsteigerung zu heben, sind neue Technologien notwendig. Ein Lösungsansatz besteht in der Anwendung von robotergestützten und digital gesteuerten Drucktechnologien, welche eine individualisierte Herstellung von Kabelbaumsegmenten direkt auf einem Fahrzeugbauteil ermöglichen können. Das Fraunhofer ENAS hat innerhalb des Fraunhofer-Leitprojekts »Go Beyond 4.0« die entsprechende Technologieentwicklung durchgeführt. Wir sind nun in der Lage, mit Hilfe von robotergeführter Inkjet-Drucktechnologie direkt auf Fahrzeugteile (u. a. Blech- und Kunststoffteile) Funktionsschichten (dielektrische Schichten als Kabelisolator und elektrisch leitfähige Schichten als Signalleiter) aufzubringen und somit Kabelbaumsegmente herzustellen. Diese Technologie kann direkt bei der Fahrzeugherstellung im Werk eingesetzt werden. Auch können Produktanpassungen in Sekunden vorgenommen werden, ohne in Abhängigkeit von Zulieferern zu stehen. Im Umfeld der Elektrifizierung von Fahrzeugen bei gleichzeitiger Zunahme der Elektronikkomponenten und dem einhergehenden Bedarf an Verkabelung bietet die Technologie der drucktechnischen Herstellung von Kabelbaumsegmenten die Möglichkeit, die Produktionseffizienz der Fahrzeugherstellung zu steigern.

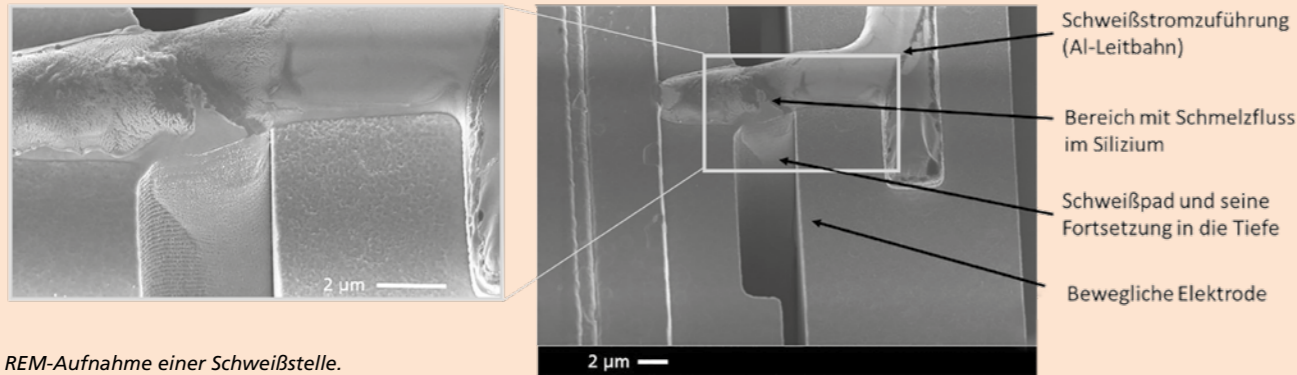
MAMA-MEA – MASSENPRODUKTION VON MEAS DURCH SCHNELLE DRUCK- UND BESCHICHTUNGSPROZESSE

Eine MEA (Membran-Elektroden-Einheit/Assembly) ist die Kernkomponente für die chemische Reaktion innerhalb von Niedertemperatur Polymer-Elektrolyt-Membran-Brennstoffzellen (PEM-BZ). Die MEA enthält katalytische Bestandteile, die Wasserstoffmoleküle in Protonen und Elektronen aufspalten. Die Protonen rekombinieren mit Sauerstoff zu Wasser, während die Elektronen einen Stromkreislauf antreiben. Die PEM-BZ wird z. B. zum Antrieb von Fahrzeugen genutzt. Für den Antrieb eines Personenkraftwagens wird ein Stapel von etwa 400 BZ verwendet, die 110 kW Leistung erzeugen. Die aktive PEM-Fläche eines Stacks zum Betrieb eines Autos beträgt etwa 30 m². Für die Herstellung von nur 1000 Autos werden 30 000 m² MEA benötigt – eine Größe, die fünf Fußballfeldern entspricht. Um solch große Flächen funktionaler MEAs zu produzieren, ist ein effektiver Fertigungsansatz erforderlich. MAMA-MEA wird von »The Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking« (FCH JU und dem Forschungs- und Innovationsprogramm »Horizon2020« der Europäischen Union (GA Nr. 779591) finanziert. Die Partner Informatics Energy Automation (INEA), Johnson Matthey Fuel Cells Ltd. (JMFC), Nedstack Fuel Cell Technology B.V. (NFCT), System S.p.A., TU Chemnitz (TUC), Università degli Studi di Modena e Reggio Emilia (UNIMORE) und Fraunhofer ENAS begannen 2018 damit, bestehende Druck- und Beschichtungstechnologien auf ihr Potenzial für die Massenfertigung von MEAs zu evaluieren. Durch den Einsatz der Drucktechnologie kann auch der Fertigungsablauf verändert werden, so dass mit höherem Durchsatz produziert wird. Zur schnellen Erzeugung großer Flächen homogener Funktionsschichten wird Schlitzdüsen-Beschichtung eingesetzt. Als weitere Technologie ist der Inkjet-Druck, mit den Vorteilen der digitalen Ansteuerung und der Kontaktfreiheit, Gegenstand der Forschung. Das Fraunhofer ENAS trägt mit Erfahrungen und Maschinen im Inkjet-Druck bei.

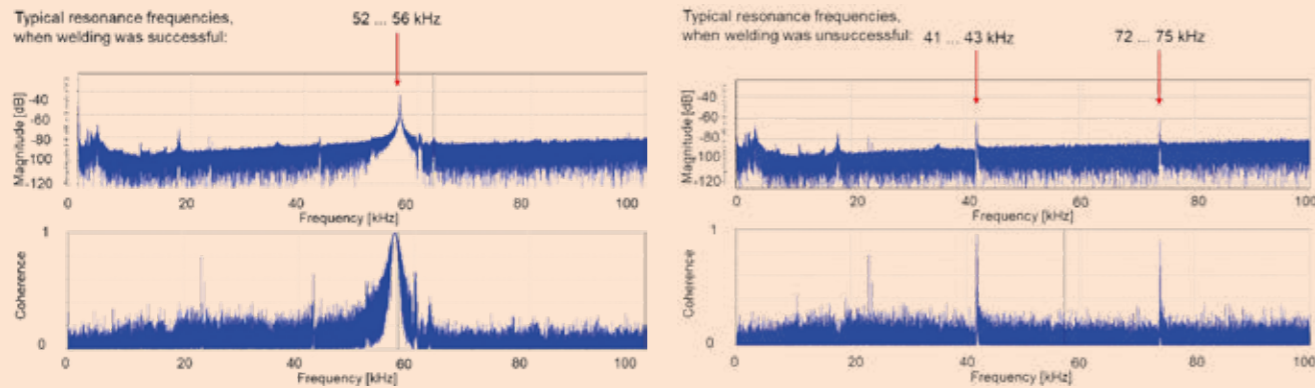
FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

· SMARTE DIGITALE PRODUKTION

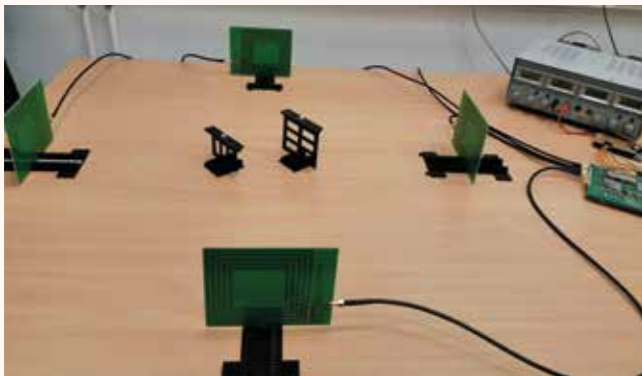
TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART PRODUCTION



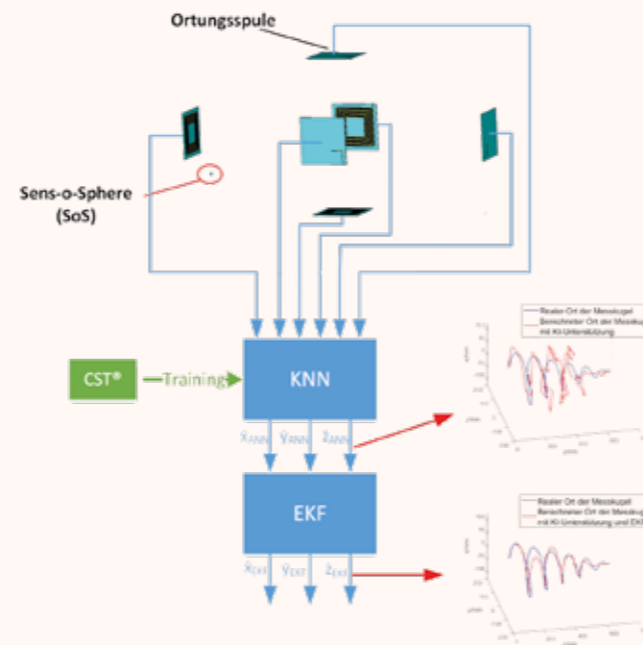
REM-Aufnahme einer Schweißstelle.



Frequenzgang einer typischen MEMS-Struktur mit intakter Schweißstelle (links) und mit fehlerhafter Schweißstelle (rechts).



Aufbau der induktiven 2D-Ortung der Sens-o-Spheres mit einer Sendespule, drei Ortungsspulen, einer Empfangsstation und einer Microcontrollereinheit mit WLAN.



Prinzip der induktiven Ortung für die Sens-o-Spheres.

ON-LINE-MONITORING DES MIKROSCHEISSPROZESSES BEI SI-MEMS

In speziellen MEMS-Bauelementen werden Mikroschweißprozesse ausgeführt, um die Lage von zunächst beweglichen Teilen permanent in einer Position zu fixieren und so Strukturen und Dimensionen zu erreichen, die durch Ätzprozesse nicht hergestellt werden können. Dazu werden Stromimpulse über die Schweißstellen geleitet, um diese kurzzeitig zu schmelzen. Dabei entsteht eine stoffschlüssige Verbindung der zu fügenden Teile. Aufgrund der kleinen Abmessungen der Schweißstellen, die oft nur $2 \mu\text{m} \times 1 \mu\text{m}$ betragen, ist eine visuelle oder mikroskopische Inspektion nicht möglich oder zu ungenau. Es wurde deshalb ein Verfahren entwickelt, mit dem die Festigkeit der Schweißstellen einerseits unmittelbar nach dem Schweißprozess und andererseits zu einem späteren Zeitpunkt an geschlossenen Strukturen mit Kappe getestet werden kann. Dazu wird die Resonanzfrequenz der Struktur mit Schweißstelle gemessen, anhand der auf die Elastizität der Schweißstelle geschlossen werden kann. Das Messprinzip besteht darin, die mechanische Struktur an einem geeigneten Ort mittels Laserimpuls thermo-mechanisch zu Schwingungen anzuregen und diese Schwingungen mittels Laser-Doppler-Vibrometer zu detektieren. Bei einer breitbandigen Anregung kann durch Auswertung des Anregungs- und Schwingungssignals auf den Frequenzgang der mechanischen Struktur und auf deren Resonanzfrequenzen geschlossen werden. In einem Anlernprozess werden typische Frequenzwerte von Strukturen mit intakten Schweißstellen ermittelt, so dass defekte Schweißstellen anhand niedrigerer Resonanzfrequenzen leicht zu identifizieren sind. Der Einsatz der Laseranregung zusammen mit dem Infrarot-Laser-Doppler-Vibrometer ist zur nachträglichen Prüfung bei geschlossenen Chips besonders vorteilhaft, da die Festigkeit der Schweißstelle auch in einem Bearbeitungszustand beurteilt wird, bei dem die Systeme nicht frei zugänglich, sondern unter einem Deckelwafer aus Silizium verborgen sind. Nur durch den Einsatz der IR-Wellenlänge für Anregung und Detektion ist das realisierbar.

IMPLEMENTIERUNG EINES NEUARTIGEN MAGNETFELDBASIERTEN ORTUNGSVERFAHREN MITTELS KI

Die präzise Lokalisierung von Objekten innerhalb inhomogener Materialien bleibt heute ein großes Problem in der Industrie. Die unterschiedlichen Materialparameter erschweren eine genaue Lokalisierung durch elektromagnetische Wellen, da sowohl Signalstärke und Ausbreitungsgeschwindigkeit bei nicht bekannter Materialverteilung komplex beeinflusst werden. Auch die ultraschallbasierte Ortung ist aufgrund der unterschiedlichen Materialdichten nicht anwendbar und kamerabasierte Verfahren funktionieren nur mit transparenten Medien. Daher wurde innerhalb des Projektes Sens-o-Spheres ein neuartiges magnetfeldbasiertes Verfahren entwickelt, welches diese Nachteile nicht besitzt, wodurch Genauigkeiten von einigen Zentimetern erreicht werden. Das erzeugte Magnetfeld induziert an der Spule einer Sens-o-Sphere einen Strom, welcher wiederum ein Magnetfeld generiert. Dieses Magnetfeld wird dann von außenliegenden Ortungsspulen ausgewertet. Vorteil ist dabei ein sehr geringer Materialeinfluss, eine Anwendung im Nahfeld und eine energiearme Lokalisierung für das zu ortende Objekt. Da sich die Verteilung des Magnetfeldes stark von der Ausbreitung von elektrischen Feldern und elektromagnetischen Wellen unterscheidet, sind komplexe Berechnungen für eine präzise Lokalisierung notwendig. Dafür wurde ein neuronales Netz entwickelt, das die erforderlichen Berechnungen übernimmt. Dieses KI-basierte Ortungsprozedere kann durch mathematische Ansätze (wie z. B. den Kalman-Filter) sogar so verbessert werden, dass eine Vorhersage über den zukünftigen Ort des Objektes stattfindet und aktuelle Messergebnisse korrigiert werden.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- SENSORSYSTEME UND TECHNOLOGIEN FÜR PROZESS- UND ZUSTANDSMONITORING



147 PUBLIKATIONEN

2 DISSERTATIONEN

13 PATENTE

16 MESSEN UND
AUSSTELLUNGEN

33 MITGLIEDSCHAFTEN

HIGHLIGHTS

DISSERTATIONEN

1. Oktober 2019

Doktor: Saeed Motaragheb Jafarpour
Thema: Untersuchung von Mehrkomponentenkatalysatorsystemen zum typselektiven Wachstum von SWCNTs durch CVD
Institution: Technische Universität Chemnitz

11. November 2019

Doktor: Petra Streit
Thema: Entwicklung von Entwurfs- und Analysemethoden für integrierte Heizfunktionalitäten in bioanalytischen Systemen
Institution: Technische Universität Chemnitz

AUSZEICHNUNGEN UND EHRUNGEN

»Thomas Gessner Award«

Auf der Smart Systems Integration Conference and Exhibition wurde am 10. April 2019 erstmalig der »Thomas Gessner Award« verliehen. Der Preisträger ist Dr. Christian Huber von der Robert Bosch GmbH in Renningen. Er erhielt den Preis für seine 2019 verteidigte Dissertation »Micromechanical Tunable Fabry-Pérot Interferometers with Membrane Bragg Mirrors Based on Silicon/Silicon Carbonitride«. Hervorzuheben sind insbesondere sein neues MEMS-FPI-Design mit zwei Membranspiegeln und die Demonstration der Machbarkeit des Konzepts.

Der »Thomas Gessner Award« trägt den Namen des früheren Leiters des Fraunhofer ENAS. Mit ihm fördert das Institut die angewandte Forschung. Der Preis wird auf der jährlich einmal stattfindenden Smart Systems Integration Conference für herausragende wissenschaftliche Arbeit vergeben. Er ist an nationale und internationale Masterstudenten und Promotionsstudenten auf dem Gebiet Smart Systems Integration gerichtet, deren Abschlussarbeit mit mindestens »sehr gut« bewertet wurde und nicht länger als zwei Jahre zurückliegt. Berücksichtigt werden bei der Beurteilung insbesondere die Neuartigkeit des wissenschaftlich-methodischen Ansatzes, der Erkenntnisfortschritt, die Umsetzung der wissenschaftlichen Ergebnisse in die Anwendung und Nachweis des wirtschaftlichen Erfolges und die Internationalität.



Verleihung des »Thomas Gessner Award«
von links: Komitee-Mitglied Dr. Stefan Finkbeiner (Präsident von EPOSS), Preisträger Dr. Christian Huber (Robert Bosch GmbH), Komitee-Vorsitzender Prof. Dr. Thomas Otto (Fraunhofer ENAS), Petra Haarbürger (Geschäftsführerin der Mesago Messe Frankfurt).
Foto © Mesago Stuttgart

AUSZEICHNUNGEN UND EHRUNGEN

Best Paper Awards auf Konferenzen

Auf der »IEEE Intersociety Conference on Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronic Systems« (ITherm) in Las Vegas (28.–31. Mai 2019) erhielt Dr. Rainer Dudek den Best Paper Award des »Mechanics and Reliability« Tracks für sein Paper »Comparison of Solder Joint Fatigue Life Prediction and Several Long-Term Testing Results«. Er fokussierte auf die Ergebnisse der ultimativen Validierung der Lebensdauermodelle im Vergleich Feldbelastung vs. beschleunigte Tests auf Basis der Ultra-Langzeit-Zuverlässigkeits-Tests im Bergwerk »Sankt Anna«, dem Europäischen Labor für Ultra-Langzeit-Zuverlässigkeits-Tests.

Das Team Katja Meinel, Dr. Chris Stöckel, Marcel Melzer, Dr. Sven Zimmermann, Dr. Roman Forke, Prof. Dr. Karla Hiller und Prof. Dr. Thomas Otto wurde auf der »Transducers – Eurosensors XXXIII« in Berlin am 27. Juni 2019 in der Kategorie »Poster Presentations« für seine Veröffentlichung »Piezoelectric Scanning Micromirror with Large Scan Angle based on Thin Film Aluminum Nitride« mit einem Outstanding Paper Award geehrt. Den Preis nahm Katja Meinel entgegen.

Am 18. September 2019 erhielt Toni Großmann den Best Paper Award der »IMTC – 4th International MERGE Technologies Conference Lightweight Structures« in Chemnitz für seine Veröffentlichung »Reflection based Strain Sensing using Metamaterials«.

Forschungspreis des Fraunhofer ENAS

Das Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS verlieh zum neunten Mal seinen Forschungspreis. In diesem Jahr ehrt das Institut den Chemnitzer Wissenschaftler Dr. Christian Helke. Mit der Entwicklung von Technologien zur Nanostrukturierung ermöglichte Christian Helke die Herstellung zweier neuartiger Reflektorsysteme für mikrooptische Bauteile. Der Preis wurde im Rahmen der Forschungspreisverleihung am 17. Dezember 2019 vom kommissarischen Leiter des Fraunhofer ENAS, Prof. Dr. Thomas Otto, in Chemnitz überreicht.



1

1 Übergabe des Best Paper Awards auf der Transducers – Eurosensors XXXIII 2019 in Berlin.

2 Der kommissarische Institutsleiter Prof. Dr. Thomas Otto (2.v.l.) überreicht den neunten Fraunhofer ENAS Forschungspreis an Dr. Christian Helke (2.v.r.) gemeinsam mit der Jury-Vorsitzenden, Prof. Dr. Karla Hiller (l.) und Dr. Danny Reuter (r.), Abteilungsleiter Lithografie und Strukturübertragung am Zentrum für Mikrotechnologien der TU Chemnitz.



2

Der Rotary Club Chemnitz ehrt Prof. Dr. Thomas Geßner und nimmt ihn in den Kreis »Große Chemnitzer« auf

Am Chemnitzer Roten Turm erinnert nun eine in den Boden eingelassene Gedenkplatte an Prof. Dr. Thomas Geßner (1954 – 2016) als »Großen Chemnitzer«. Der Rotary Club Chemnitz ehrt damit den 2016 verstorbenen Leiter des Fraunhofer-Instituts für Elektronische Nanosysteme ENAS und Gründer sowie langjährigen Direktor des Zentrums für Mikrotechnologien der Technischen Universität Chemnitz.

Preise unserer Industriepartner in 2019

Der »FMD-Space« bietet Start-ups mit einer innovativen Produktidee und einer daraus resultierenden mikroelektronischen Fragestellung Zugang zur Infrastruktur der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland. Der Zugang wird als Wettbewerb ausgeschrieben. Ziel der Zusammenarbeit ist die gemeinsame Entwicklung von Demonstratoren und Prototypen. Die Quantune Technologies GmbH erhielt über FMD-Space eine Förderung für die Umsetzung ihres Projektes »Transportables Laserspektrometer basierend auf einem Fabry-Pérot-Filter zur Glukosedetektion« mit dem Leibniz FBH, Fraunhofer IAF und Fraunhofer ENAS. Die Analyse soll per Fingerprint-Sensor über ein Smartphone erfolgen.

Der Innovationspreis Handwerk des Landes Nordrhein-Westfalen wurde für das Projekt »Aktiver kraftsensitiver Werkstückträger« (kurz: »AWT«) an die Ulrich Rotte Anlagenbau und Fördertechnik GmbH übergeben. Forschungspartner im Projekt sind das Fachgebiet Sensorik der Universität Paderborn in Kooperation mit der Abteilung Advanced System Engineering des Fraunhofer ENAS, das Fraunhofer-Institut für Entwurfstechnik Mechatronik IEM, MSF-Vathauer Antriebstechnik und Miele.

KONFERENZEN UND WORKSHOPS

Nationale und internationale Konferenzen, Workshops und Seminare

Am 23. Januar 2019 fand die zweite Transferveranstaltung des Silicon Saxony e. V. unter dem Titel »Science meets Industry« in Chemnitz statt. Sachsens bedeutendstes Hightech-Netzwerk hatte hierzu Vertreter aus Forschung, Wissenschaft, Industrie und Wirtschaft ins Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU geladen. Im Rahmen einer Führung durch das Fraunhofer ENAS wurde interessierten Partner aus Industrie und Forschung ein Einblick in die Themen des Fraunhofer ENAS vermittelt. Einen von zwei Workshops des Tages richtete das Fraunhofer ENAS gemeinsam mit der TU Chemnitz zum Thema »Kundenspezifisch adaptierte piezoelektrische Mikrosysteme für industrielle Sensorik« aus.

Am 13. März 2019 trafen sich Experten aus dem Bereich Lithografie zum 31. Chemnitzer Seminar zum Thema »Elektronenstrahl-Lithografie: Materialien – Prozesse – Anwendungen«. Seit 2015 verfügt das Fraunhofer ENAS über eine Elektronenstrahl-Belichtungsanlage und lud daher Fachkollegen und Interessenten sowie potenzielle Nutzer und Anwender der Elektronenstrahl-Lithografie ans Fraunhofer ENAS ein, um miteinander ins Gespräch zu kommen und sich in lockerer Atmosphäre zu aktuellen Themen rund um die elektronenstrahlbasierte Nanostrukturierung auszutauschen. Dabei wurden neben den wissenschaftlichen Fragestellungen auch praktische Aspekte und Hintergründe, z. B. zu den Themen Elektronenstrahl-Lacke, neue Materialentwicklungen, Datenaufbereitung und Anwendungen, beleuchtet.

Eine weitere Veranstaltung der Reihe »Chemnitzer Seminare« fand am 21. und 22. Mai 2019 am Fraunhofer ENAS statt. Ausgerichtet durch die Abteilung System Packaging adressierte das Seminar neuste Forschungsergebnisse unter dem Thema »MEMS Technologies and Applications«. Der Fokus lag auf fortgeschrittenen MEMS- und MEMS-Packaging-Technologien sowie gegenwärtigen Integrationstrends und nationalen/internationalen Fördermöglichkeiten.

Am 10. und 11. April 2019 fand die 13. Smart Systems Integration Conference and Exhibition in Barcelona, Spanien statt. 242 Experten aus 19 Ländern diskutierten über neuste Komponenten, neue Technologien sowohl in der Herstellung als auch in der Systemintegration. Darüber hinaus standen Ergebnisse aus der Zusammenarbeit in aktuellen EU-Projekten aber auch in den Anwendungsgebieten Industrie 4.0 und Gesundheitswesen im Mittelpunkt der Vorträge. Die Keynotesessions adressierten die Zukunftsthemen künstliche Intelligenz, Drucktechnologien und Quantencomputing. Auf der Smart Systems Integration Conference and Exhibition wurde am 10. April 2019 erstmalig der »Thomas Gessner Award« verliehen (siehe Rubrik Preise).



1



2

Mit dem Wechsel des Organisators wird die nächste Smart Systems Integration Conference inhaltlich und organisatorisch neu aufgestellt und erst 2021 wieder stattfinden. Prof. Dr. Thomas Otto vom Fraunhofer ENAS wird jedoch als Chairman gemeinsam mit EPoSS sowie einem neuen Organisator die SSI weiterführen. Die nächste Smart Systems Integration Konferenz wird 2021 in Grenoble, Frankreich, stattfinden.

Nach einem Jahr Pause organisierte das Fraunhofer ENAS gemeinsam mit den Mitarbeitenden des Fraunhofer Project Center »NEMS / MEMS Devices and Manufacturing Technologies at Tohoku University« und dem WPI-AIMR der Tohoku University das 13. Fraunhofer-Symposium am 15. April 2019 in Sendai, Japan. 50 japanische Experten aus Industrie und Wissenschaft informierten sich über die Themen Society 5.0 und Industrie 4.0, insbesondere über aktuelle Forschungsergebnisse in diesen Bereichen. Society 5.0 wird speziell in Japan geprägt und adressiert alle Themen der Gesellschaft, die das Thema Digitalisierung aufgreifen. Dazu gehören das Gesundheitswesen, Mobilität, die Lebensbedingungen in Stadt und Land, die Energieerzeugung und -verteilung genauso wie die industrielle und landwirtschaftliche Produktion.

Im Rahmen der Langen Nacht der Wissenschaften in Chemnitz öffnete das Fraunhofer ENAS am 4. Mai 2019 seine Türen und lud interessierte Chemnitzerinnen und Chemnitzer zu Laborführungen. Demonstratoren zum Anfassen und Ausprobieren aus den Bereichen Medizintechnik, Luftfahrt, Energie und Maschinenbau und einigen anderen Extras zum Mitmachen und Genießen begeisterten die Gäste.

1 Laborführung im Fraunhofer ENAS zur Langen Nacht der Wissenschaften 2019.

Im Rahmen der C-Town 360° wurden zwei Jubiläen mit dem Symposium »40 Jahre Mikroelektroniktechnologie als Enabler für die Industrie der Zukunft« adressiert. In den 1970er Jahren begann die Erfolgsgeschichte des Mikroelektronik-Standortes Chemnitz mit der Gründung des Technikums Mikroelektronik an der heutigen TU Chemnitz. Über Jahrzehnte hinweg forschten und entwickelten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik im Bereich der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik. Heute arbeiten auf dem Smart Systems Campus Chemnitz, der nun bereits zehn Jahre besteht, neben dem Zentrum für Mikrotechnologien der TU Chemnitz als Nachfolger des Technikums Mikroelektronik und dem Fraunhofer ENAS weitere Forschungseinheiten der TU Chemnitz und lokale Unternehmen an neuesten Sensoren und intelligenten elektronischen Systemen.

2 Dr. Martina Vogel führte durch das Symposium »40 Jahre Mikroelektroniktechnologie als Enabler für die Industrie der Zukunft«.

KONFERENZEN UND WORKSHOPS

Am 21. Oktober 2019 fand das erste Chemnitzer Industriegespräch, ausgerichtet durch die Deutsche Physikalische Gesellschaft (DPG), am Fraunhofer ENAS statt. Dr. Volker Linß, leitender Forscher und Entwickler der VON ARDENNE GmbH aus Dresden, berichtete, wie sich seine Firma vom Forschungsinstitut zum weltweit aktiven High-Tech-Unternehmen entwickelte und welche Tätigkeitsfelder für Physiker im Anlagenbau und in der Technologieentwicklung interessant sind. Ziel der Industriegespräche ist es, regional Foren für den Erfahrungsaustausch zu Themen der physikalischen Forschung, an der Schnittstelle des Transfers wissenschaftlicher Erkenntnisse in die Anwendung sowie zu aktuellen Industriethemen zu schaffen und das Netzwerken zu fördern.

Die erste öffentliche Veranstaltung des Leistungszentrums »Smart Production and Materials« fand am 29. Oktober mit dem Symposium »Smart Production« am Fraunhofer IWU in Chemnitz statt. Neben vielfältigen Fachvorträgen zu den Projektergebnissen der ersten Förderphase aller Leistungszentrumspartner und einem Ausblick auf die Schwerpunktthemen der aktuellen Projekte wurden den 45 Teilnehmenden darüber hinaus Best-Practice-Beispiele zum gelungenen Innovationstransfer aus dem Leistungszentrum in die Wirtschaft vorgestellt.



Zum ersten Chemnitzer Industriegespräch am Fraunhofer ENAS lud die Deutsche Physikalische Gesellschaft Dr. Volker Linß von der VON ARDENNE GmbH.



Wissenschaft trifft Kunst

Nach unserer RETROSPEKTIVE aller bisher eingeladenen Künstlerinnen und Künstler der seit 2010 laufenden Ausstellungsreihe »Wissenschaft trifft Kunst« präsentierte das Fraunhofer ENAS 2019 wieder zwei regionale Kunstschaaffende am Institut.

Der Chemnitzer Künstler Frank Maibier zeigte im Frühjahr die Ausstellung »DESASTER«. Im Rahmen der nunmehr 19. Ausstellung unserer Reihe war der Künstler eingeladen, Grafiken und Objekte aus Acryl und Metall in unseren Institutsräumen zu präsentieren. Er brachte mit seinen grafischen Arbeiten und Lithografien auf Papier sowie dreidimensionalen, fast schwebenden Objekten neue Perspektiven in unser Haus. Zum ersten Mal wurde auch der Lichthof des Institutes einbezogen. An diesem zentralen Punkt ließ Frank Maibier ein »Modulchaos« entstehen, indem er dort eine Metallskulptur aus zahlreichen gleichförmigen Aluminiummodulen installierte. Über seine Ausstellung »DESASTER« sagt er selbst: »Die Auseinandersetzung mit geometrischen Modulen, Überlagerungen, Verwerfungen und ein spielerischer Umgang mit Formen und Materialien lassen aufbauende Zustände entstehen. Bilder und Objekte in gewebeartigen Verstrickungen, Ordnung im Chaos, Chaos in der Ordnung – eine Art positives Desaster.«

Ab November hielt die Ausstellung »QUO VADIS« der Chemnitzer Künstlerin Dagmar Ranft-Schinke Einzug in unserem Institut. Ranft-Schinke beschäftigt sich vor allem mit dem Einfluss und der Auswirkung wissenschaftlicher Erkenntnisse auf Mensch und Natur. So schuf sie den Wissenschaftler Professor Smith, der in ihren Bildern als »Zauberlehrling« mit seinen gerufenen Geistern ringt. Als kritische und visionäre Künstlerin bekannt, machte sie bereits in den neunziger Jahren mit Darmstädter Wissenschaftlern ihre Bilder durch Digitalisierung im Cyberspace begehbar. Sie selbst beschreibt ihren Stil als visionären Realismus und nennt Neugier und Phantasie die beiden gemeinsamen Ausgangspunkte in der Wissenschaft und in der Kunst.

Chemnitzer Firmenlauf

Zum achten Mal nahm das Fraunhofer ENAS gemeinsam mit dem Zentrum für Mikrotechnologien der TU Chemnitz am Chemnitzer Firmenlauf teil. Am 4. September 2019 trat ein Team aus 28 Kolleginnen und Kollegen zum 14. Chemnitzer Firmenlauf an. Unter 9215 Läuferinnen und Läufern, die ins Ziel kamen, erreichte unser bester männlicher Läufer, Patrick Schwarz, Platz 66 der Männerwertung und die beste Läuferin, Doreen Jäger, Platz 210 der Frauenwertung. Das Team unserer besten vier Läufer belegte gemeinsam Platz 13, die besten vier Läuferinnen Platz 64 und das Mixed-Team landete auf Platz 20.

Herzlichen Glückwunsch! Wir freuen uns auf den Chemnitzer Firmenlauf 2020.

AUSSTELLUNGEN UND MESSEN

Im Jahr 2019 präsentierte Fraunhofer ENAS seine Forschungsergebnisse und Prototypen auf den folgenden internationalen Messen und Ausstellungen:

| | | |
|------------------------------------|------------------------------|------------------------|
| 3D & Systems Summit 2019 | Dresden | 28.–30. Januar 2019 |
| INTEC 2019 | Leipzig | 5.–8. Februar 2019 |
| LOPEC 2019 | München | 20.–21. März 2019 |
| Smart Systems Integration 2019 | Barcelona, Spanien | 10.–11. April 2019 |
| BioCHIP 2019 | Berlin | 7.–8. Mai 2019 |
| SEMIEXPO Russia 2019 | Moskau, Russland | 14.–15. Mai 2019 |
| techtexil 2019 | Frankfurt/Main | 14.–17. Mai 2019 |
| International Transport Forum 2019 | Leipzig | 22.–24. Mai 2019 |
| SIAE – Paris Air Show 2019 | Paris/Le Bourget, Frankreich | 17.–23. Juni 2019 |
| SENSOR + TEST 2019 | Nürnberg | 25.–27. Juni 2019 |
| SEMICON West 2019 | San Francisco, USA | 9.–11. Juli 2019 |
| IMTC 2019 | Chemnitz | 18.–19. September 2019 |
| MST-Kongress 2019 | Berlin | 28.–30. Oktober 2019 |
| Agritechnica 2019 | Hannover | 10.–16. November 2019 |
| SEMICON Europa 2019 | München | 12.–15. November 2019 |
| COMPAMED 2019 | Düsseldorf | 18.–21. November 2019 |

MITGLIEDSCHAFTEN

Mitgliedschaften des Fraunhofer ENAS

| | |
|---|----------------------|
| AGENT-3D e.V. | Dresden |
| ALD Lab Saxony | Dresden |
| biosaxony e.V. | Dresden |
| Cool Silicon e.V. | Dresden |
| DECHEMA | Frankfurt/Main |
| Dresdner Fraunhofer-Cluster Nanoanalytik | Dresden |
| Dresdner Gesprächskreis der Wirtschaft und Wissenschaft e.V. | Dresden |
| Eureka Cluster Metallurgy Europe | Ulm |
| European Center for Micro and Nanoreliability EUCEMAN | Berlin |
| European Platform on Smart Systems Integration EPOSS | Berlin |
| FED Fachverband für Design, Leiterplatten- & Elektronikfertigung | Berlin |
| Fraunhofer-Allianz autoMOBILproduktion | Deutschland |
| Fraunhofer-Allianz Nanotechnologie | Deutschland |
| Fraunhofer-Allianz Textil | Deutschland |
| Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik | Deutschland |
| Fraunhofer-Cluster 3D-Integration | Dresden und Chemnitz |
| futureSAX – die Innovationsplattform des Freistaates Sachsen | Dresden |
| Hzwo e.V. | Chemnitz |
| Industrieverein Sachsen 1828 e.V. | Chemnitz |
| InnoZent OWL e.V. | Paderborn |
| it's OWL – Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe e.V. | Bielefeld |
| IVAM Fachverband für Mikrotechnik e.V. | Dortmund |
| MEMS Industry Group® | Pittsburgh, USA |
| Micromachine Center | Tokio, Japan |
| EFDS Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V. | Dresden |
| Organic Electronics Association (OE-A) | Frankfurt/Main |
| Organic Electronics Saxony e.V. (OES) | Dresden |
| Semiconductor Equipment and Materials International (SEMI) | San José, USA |
| Silicon Saxony e.V. | Dresden |
| VEMAS innovativ | Chemnitz |
| Partner in ZIM-Netzwerken | |
| ZIM-Kooperationsnetzwerk 3D-Elektronik | Darmstadt |
| ZIM-Netzwerk SCALE | Chemnitz |
| ZIM-Netzwerk Umwelttechnologien und Bodenrehabilitation UtBr | Berlin |

PUBLIKATIONEN UND PATENTE

Publikationen

2019 veröffentlichten die Forschenden am Fraunhofer ENAS ihre Ergebnisse in 147 Artikeln in Büchern und Tagungsbänden, darunter in 10 Buchbeiträgen.

Sie finden alle publizierten Inhalte in der Datenbank von Fraunhofer publica, die alle Veröffentlichungen und Patente der Fraunhofer-Institute enthält:

publica.fraunhofer.de/starweb/pub09/newPub.htm

Außerdem sind alle Publikationen auch auf der Webseite unseres Kooperationspartners, des Zentrums für Mikrotechnologien der TU Chemnitz, gelistet:

www.zfm.tu-chemnitz.de/publications/index.php.en

Elektronische Dokumente können über Fraunhofer publica heruntergeladen werden.

Publikationen:

Dr. Bianca Milde

Telefon: +49 371 45001-456

E-Mail: bianca.milde@enas.fraunhofer.de

fraunhofer.de

Patente

Im Jahr 2019 wurden 13 Patente von Wissenschaftlern des Fraunhofer ENAS angemeldet, veröffentlicht und/oder erteilt. Mitarbeiter des Fraunhofer ENAS sind in Summe an 193 Patentanmeldungen, offengelegten und erteilten Patenten beteiligt, die zu insgesamt 64 Patentfamilien gehören.

Patente:

Dr. Andreas Bertz

Telefon: +49 371 45001-402

E-Mail: andreas.bertz@enas.fraunhofer.de

fraunhofer.de

IMPRESSUM

Herausgeber

Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS
Technologie-Campus 3
09126 Chemnitz

Telefon: +49 371 45001-0

Fax: +49 371 45001-101

E-Mail: info@enas.fraunhofer.de

Internet: www.enas.fraunhofer.de

Institutsleiter (komm.): Prof. Dr. Thomas Otto

Redaktion

Dr. Martina Vogel

Dr. Bianca Milde

Layout

Andrea Messig-Wetzel

Fotos

Fraunhofer ENAS

Alle weiteren Quellenangaben sind direkt auf den Fotos gekennzeichnet.

Druckproduktion

Druckerei Willy Gröer GmbH & Co. KG

Fraunhofer ENAS ist Teil der



**Forschungsfabrik
Mikroelektronik**
Deutschland

Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS

www.enas.fraunhofer.de

