



Fraunhofer

ENAS

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ELEKTRONISCHE NANOSYSTEME ENAS



Jahresbericht
2018

INHALT

3	Vorwort
5	Strategie: Der Schlüssel zum Erfolg
13	Fraunhofer ENAS: Profil
14	Fraunhofer-Gesellschaft
15	Fraunhofer ENAS
16	Organisationsstruktur
18	Zahlen und Fakten
20	Kuratorium
21	Fraunhofer ENAS – Partner für Innovationen
29	Geschäftsfelder
31	Micro and Nanoelectronics
41	Sensor and Actuator Systems
49	Technologies and Systems for Smart Power and Mobility
59	Technologies and Systems for Smart Health
65	Technologies and Systems for Smart Production
75	Highlights

Titelseite:

Miniaturisierter Temperatursensor mit einem Durchmesser von 7,8 mm und drahtloser online-Datenübertragung aus Prozessflüssigkeiten entwickelt im BMBF-Ideenwettbewerb »Neue Produkte für die Bioökonomie«.

Foto: Nora Heinisch / PLASMA Magazine

(mit freundlicher Genehmigung unseres Kooperationspartners

Dr. Felix Lenk von der Forschungsgruppe SmartLab-Systeme am Institut für Naturstofftechnik der TU Dresden)

VORWORT

Foto: Ines Escherich



»Suche nicht nach Fehlern, suche nach Lösungen.« (Henry Ford)

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

2018 konnten wir auf zehn Jahre erfolgreiche Entwicklung des Fraunhofer ENAS zurückblicken. Unser Budget hat sich kontinuierlich positiv entwickelt, 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 das Vertrauen und die Unterstützung danken.

Um auch in Zukunft ein zuverlässiger Partner für Industrie und Wissenschaft zu sein, bauen wir ein Qualitätsmanagementsystem auf. Wir sind 2018 ein gutes Stück im internen Aufbau unseres QMS vorangekommen und werden uns noch 2019 nach DIN ISO 9001:2015 zertifizieren lassen.

Wir bündeln gemeinsam mit den Fraunhofer-Instituten des Verbundes Mikroelektronik sowie den Leibniz-Instituten IHP und FBI unsere Kompetenzen als Partner der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland.

Wir entwickeln zukunftsfähige Themen weiter. Dazu gehören u.a. Sensorik und Aktorik für die Industrie 4.0, für raue Umgebungen, für Anwendungen in Landwirtschaft und Gesundheitswesen. Wir nutzen Nanotechnologien und neue Materialien für neue Komponenten und Systeme.

In unserem Jahresrückblick 2018 finden Sie einen kleinen Auszug der Themen, die uns im vergangenen 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

Seit seiner Gründung im Jahre 2008 kann Fraunhofer ENAS auf eine kontinuierliche positive Entwicklung mit hohen Industrieerträgen und beständigem Wachstum zurückblicken. Fraunhofer ENAS setzt sich permanent mit Trends, Entwicklungen und Marktverschiebungen auseinander, um seine Wettbewerbsfähigkeit zu sichern und auszubauen, neue Anwendungsfelder zu erschließen, das FuE-Portfolio weiterzuentwickeln und neue aufstrebende Märkte zu erkennen. Um das zu realisieren, verfolgt Fraunhofer ENAS 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. Die gestellten strategischen Ziele und Maßnahmen des letzten Strategieprozesses wurden 2016 auditiert. Seitdem arbeitet Fraunhofer ENAS im Auditnachfolgeprozess daran, die zukunftssichernden Maßnahmen umzusetzen. Identifiziert wurde u.a. die Notwendigkeit einer Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001:2015. Daher hat sich die Institutsleitung 2017 zur Einführung eines Qualitätsmanagementsystems nach DIN EN ISO 9001:2015 entschlossen und strebt eine Zertifizierung im 4. Quartal 2019 an. Ferner wurde im Rahmen der Festveranstaltung anlässlich des 10-jährigen Bestehens unseres Instituts bereits die Vision und Mission des Fraunhofer ENAS öffentlich vorgestellt.

Unsere Qualitätspolitik

Durch die Einführung eines Qualitätsmanagementsystems sichern wir durch transparente und klar definierte Prozesse sowie eine systematische und kontinuierliche Verbesserung der Abläufe nachhaltig die Zukunft unserer Forschungseinrichtung.

Die Zufriedenheit unserer Kunden sowie das Interesse für die Belange weiterer relevanter Stakeholder stellen wir an erste Stelle. Unsere Institutsleitung und alle Führungskräfte sind dem Fraunhofer-Leitbild verpflichtet und verantworten mit ihrer Vorbildwirkung die hohe Qualität unserer Forschungs- und Entwicklungsleistungen sowie unserer Dienstleistungen.

Entsprechend der Mission und der Vision der Fraunhofer-Gesellschaft stehen auch wir für angewandte Forschung, Innovation zum Wohle der Gesellschaft und zur Stärkung der deutschen und der europäischen Wirtschaft. Unser Institut leitet strategische Initiativen zur Lösung künftiger Herausforderungen, entwickelt technologische Durchbrüche, gestaltet ein ausgewogenes Zusammenspiel zwischen exzellenter Forschung und anwendungsorientierter



Entwicklung, kooperiert mit Firmen und Forschungseinrichtungen und nutzt Synergieeffekte. Garantierte Vertraulichkeit, Kontinuität in Schlüsselpositionen, erstklassige Ausstattung, zuverlässiges Projektmanagement und professioneller Umgang mit Nutzungsrechten sind Basis unserer Geschäftstätigkeit und unseres Verständnisses für Qualität.

Mit der Umsetzung der Qualitätspolitik wollen wir die Forderungen der Norm DIN EN ISO 9001:2015 zum Nutzen des Institutes und unserer Kunden erfüllen:

- den Erfolg mittels vorgegebener und vereinbarter Parameter messen und bewerten,
- eine ständige Überwachung, Überprüfung der Wirksamkeit und Verbesserung des QMS sicherstellen,
- unsere Unternehmens- und Organisationskultur fördern,
- die Neuausrichtung der Geschäftsfelder sowie die Schärfung und Weiterentwicklung der Kompetenzfelder unterstützen,
- einen aktiven Beitrag zur Umsetzung der Strategieebenen der Fraunhofer-Gesellschaft leisten.

Unsere Vision

Das Fraunhofer ENAS ist Topsupplier und Trendsetter für Forschungs- und Entwicklungsservice sowie Prototyping und Pilotproduktion auf dem Gebiet integrierter smarter Systeme. Wir arbeiten im Kontext der Fraunhofer-Gesellschaft.

Unsere Mission

Das Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS ist System- und Technologiepartner im Bereich Smart Systems Integration unter Nutzung von Mikro- und Nanotechnologien.

Unsere Stärke liegt in der Entwicklung von Smart Systems – sogenannten intelligenten Systemen für verschiedenartige Anwendungen. Die Systeme verbinden Elektronikkomponenten, Mikro- und Nanosensoren und -aktoren mit Schnittstellen zur Kommunikation. Fraunhofer ENAS entwickelt Einzelkomponenten, die Technologien für deren Fertigung, aber auch Systemkonzepte und Systemintegrationstechnologien und überführt sie in die praktische Nutzung. Fraunhofer ENAS begleitet Kundenprojekte von der Idee über den Entwurf, die Technologieentwicklung oder Umsetzung anhand bestehender Technologien bis hin zum getesteten Prototyp.

Am 17. Oktober 2018, feierte das Fraunhofer ENAS mit internationalen Gästen sein 10-jähriges Bestehen. Grußworte überbrachten Prof. Dr. Reimund Neugebauer (Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft), Michael Kretschmer (Ministerpräsident des Freistaates Sachsen), Barbara Ludwig (Oberbürgermeisterin der Stadt Chemnitz) and Prof. Dr. Gerd Strohmeier (Rektor der Technischen Universität Chemnitz).

Foto: Ines Escherich

STRATEGIE: DER SCHLÜSSEL ZUM ERFOLG

Wenn Standardkomponenten nicht in der Lage sind, die gestellten Anforderungen zu erfüllen, unterstützen wir den Kunden bei der Realisierung innovativer und marktfähiger Lösungen und sichern damit Marktanteile.

Wir stehen für:

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

Strategische Partnerschaften

Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland – bundesweit koordiniertes Technologie-Know-how aus einer Hand

Das Fraunhofer ENAS ist eines der 13 Mitglieder der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) – der mit über 2000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern größte standortübergreifende FuE-Zusammenschluss für die Mikro- und Nanoelektronik in Europa.

In dieser neuartigen Kooperation werden die Vorteile von zwei starken dezentralen Forschungsorganisationen – der Fraunhofer-Gesellschaft und der Leibniz-Gemeinschaft – mit den Synergien einer zentralen Organisation verknüpft zu dem weltweit leistungsfähigsten Anbieter für angewandte Forschung, Entwicklung und Innovation im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik. Durch die enge Verzahnung und das kohärente Auftreten kann die FMD somit nicht nur Kunden aus der Großindustrie, sondern gerade den KMUs und Start-ups einen umfassenderen und einfacheren Zugang zur nächsten Technologie-Generation bieten.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert den Aufbau der FMD mit insgesamt 350 Millionen Euro, hierbei hauptsächlich die Modernisierung der Forschungsausstattung der Institute. Mit dieser Förderung möchte das BMBF die Innovationsfähigkeit der Halbleiter- und Elektronikindustrie in Deutschland und Europa im globalen Wettbewerb stärken und unterstützt das Vorhaben mit der größten Investition in Forschungsgeräte seit der Wiedervereinigung Deutschlands.



Eineinhalb Jahre nach dem Projektstart am 6. April 2017 konnten bereits viele Anschaffungen für die Modernisierung der Laboranlagen an den deutschlandweit verteilten FMD-Standorten in Betrieb genommen werden. Die feierliche Inbetriebnahme einer ersten Integrationslinie erfolgte am 28. September 2018 im Rahmen des 1. FMD Innovation Day stellvertretend am Berliner Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM.

Etwa zur Halbzeit des Projekts sind die für die FMD geplanten Investitionen zu 45 Prozent erfolgreich erfüllt.

Der Aufbau der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland wird in einer zentralen Geschäftsstelle in Berlin koordiniert, wobei entsprechend der Intention einer virtuellen Organisation, weitere Standorte in Dresden und München etabliert wurden. Die FMD-Geschäftsstelle ist die zentrale Kontaktstelle für potentielle und bestehende Kunden und ist somit ein wesentlicher Treiber der Geschäftsentwicklung im Bereich der Mikro- und Nanoelektronik.

Um bundesweit koordinierte Technologie- und Systementwicklungen aus einer Hand anbieten zu können, hat man die technologischen Kompetenzen der Institute während der ersten Aufbauphase in sechs übergreifende Bereiche zusammengefasst und weiterentwickelt – die sogenannten Technologieplattformen »Microwave und Terahertz« / »Power Electronics« / »Extended CMOS« / »Optoelectronic Systems« / »Sensor Systems« / »MEMS Actuators«. In diesen Technologieplattformen bietet die FMD technologische Entwicklungen entlang der kompletten Wertschöpfungskette, von Systemdesign bis zum Test und Zuverlässigkeit, am Markt an.

Neben diesen technologisch orientierten Angeboten bietet die FMD auch institutsübergreifende Anwendungslösungen aus einer Hand an. Dies ermöglicht Kunden, kombinierte und optimierte Systemlösungen mit der FMD und ihren Instituten realisieren zu können. Hierbei wird in der Forschungsfabrik synergetisch mit den Geschäftsfeldern der Institute übergreifend zusammengearbeitet. So können wir als FMD unseren Kunden eine größere Bandbreite an Anwendungslösungen anbieten.

Im letzten Jahr konnten in Kombination mit der FMD erfolgreiche Projektbeteiligungen etabliert und Aufträge abgeschlossen werden. Für das Jahr 2018 lassen sich bereits Projekte mit einem Volumen von 41,1 Millionen Euro auf Basis der FMD Investitionen identifizieren, was einen großen Erfolg in dieser frühen Phase darstellt. Der Industrieanteil bei diesem Projektvolumen lag bei bereits 30 Prozent, was die Bedeutung dieser einzigartigen Kooperation der deutschen Mikroelektronikforschung für die Industrie unterstreicht.

*Gemeinsam mit voller Kraft voraus – Beim symbolischen Akt zur Eröffnung der ersten FMD-Integrationslinie; v.l.n.r.: Prof. Matthias Kleiner, Präsident der Leibniz-Gemeinschaft, Prof. Georg Rosenfeld, ehem. Mitglied des Vorstands der Fraunhofer-Gesellschaft, Prof. Hubert Lakner, Vorsitzender des Lenkungskreises der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland und Dr. Michael Meister, Parl. Staatssekretär bei der Bundesministerin für Bildung und Forschung.
Foto: Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland*

www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de



STRATEGIE: DER SCHLÜSSEL ZUM ERFOLG



Im Jahr 2019 geht die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland in eine nächste Phase über. Nach dem Aufbau und der Strukturierung der Organisation wird nun der größte standortübergreifende FuE-Zusammenschluss für die Mikro- und Nanoelektronik in Europa in Partnerschaft mit seinen Instituten seine Leistungsfähigkeit am Markt beweisen.

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

Fraunhofer ENAS arbeitet gemeinsam mit GLOBALFOUNDRIES Dresden und den Fraunhofer-Instituten IPMS; IZM und IIS/EAS im Forschungsprojekt USeP (Universelle Sensor-Plattform) an der Entwicklung einer neuartigen Sensor-Plattform. Mit dieser werden zukünftig 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 gängigen und zukünftigen Sensoren und Aktoren. Neben der Systemarchitektur mit flexiblen Baublöcken bietet die Plattform auch innovative Lösungen für die Hardware- und IT-Sicherheit. Im Ergebnis soll 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.

Zur Vermarktung der Plattform wurde im November 2018 die Sensry GmbH gegründet. Sie hat den Betrieb aufgenommen mit dem Ziel der Entwicklung und Vermarktung einer universellen Plattform für die Entwicklung von elektronischen Komponenten, Modulen und Systemen.

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.

www.enas.fraunhofer.de/usep

Smart Systems Hub – Enabling IoT

Das Fraunhofer ENAS engagiert sich beim Aufbau des Smart Systems HUB- Enabling IoT, der auf eine enge Vernetzung der sächsischen Akteure in den Schlüsselbereichen Hardware – Software – Connectivity zielt. 2018 ist die Smart Systems HUB GmbH gegründet und deren Geschäftsführer bestellt worden. Damit ist der weitere Aufbau des HUBs in die Verantwortung der GmbH übergegangen. Sie kann dabei auf die Unterstützung der drei Gesellschafter der GmbH, den Silicon Saxony e.V., die HighTech Startbahn und die 5G Lab GmbH, sowie die Schlüsselpartner GLOBALFOUNDRIES Dresden, Infineon Technologies, SAP und T-Systems Multimedia Solutions sowie aller weiterer Partner zählen.

Fraunhofer ENAS engagiert sich neben den Veranstaltungen des HUBs in zwei Trails, dem Trail »Smart Maintenance« und dem »Trail Smart Sensor and Production Systems for Industrial IoT«. Letztgenannter Trail zielt auf die Darstellung innovativer Lösungen zur durchgängigen Digitalisierung in der Produktion über die vollständige Wertschöpfungskette hinweg. Dabei stehen diverse Aspekte des IoT im Vordergrund, von bspw. der sensorbasierten Bereitstellung von Device-Daten, über deren Analyse und Auswertung, bis hin zur Rückkopplung unterstützender produktionsrelevanter Informationen und zum Menschen. Mit der Visualisierung und der Darstellung der Devices in der Virtual/Augmented Reality bildet dieser Trail Szenarien der durchgängigen Digitalisierung ab.

www.smart-systems-hub.de

*Das zweite Smart Systems Hub Meet-up fand bei SAP in Dresden am 26. Februar 2018 statt. Die Teilnehmer diskutierten über das Gemeinschaftsprojekt »Universal Sensor Platform USeP« von GLOBALFOUNDRIES und der Fraunhofer-Gesellschaft.
Foto: Susann Hering, Silicon Saxony e.V.*



FRAUNHOFER ENAS: PROFIL

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

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

Die Fraunhofer-Gesellschaft betreibt in Deutschland derzeit 72 Institute und Forschungseinrichtungen. Mehr als 26 600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,6 Milliarden Euro. Davon fallen 2,2 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

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

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

Ihren Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bietet die Fraunhofer-Gesellschaft die Möglichkeit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung für anspruchsvolle Positionen in ihren Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und Erfahrung an Fraunhofer-Instituten 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 2019*

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 Zukunftsthema Internet der Dinge. Die Anwendungsfelder unserer FuE- sowie Dienstleistungspalette 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.

Fraunhofer ENAS entwickelt für und mit seinen Kunden Einzelkomponenten, die entsprechenden Technologien für deren Fertigung, Systemkonzepte und 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, Back-End of Line, Micro Materials Center, Multi Device Integration, Printed Functionalities, 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 darüber hinaus noch eine Projektgruppe in Berlin-Adlershof.

www.enas.fraunhofer.de

ORGANISATIONSTRUKTUR

Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS

Institutsleiter (kommissarisch): Prof. Dr. Thomas Otto
 Stellvertretender Institutsleiter: Prof. Dr. Stefan E. Schulz

Abteilung Multi Device Integration Komm.: Dr. S. Kurth / Dr. A. Weiß	Verwaltung Leiterin: Dr. Tina Kießling Technischer Leiter: Uwe Breng	Geschäftsfeld Micro and Nanoelectronics Prof. Dr. Stefan E. Schulz
Abteilung Micro Materials Center Prof. Dr. Sven Rzepka	Marketing / Public Relations Referentin der Institutsleitung Dr. Martina Vogel	Geschäftsfeld Sensor and Actuator Systems Prof. Dr. Karla Hiller
Abteilung Printed Functionalities Dr. Ralf Zichner		Geschäftsfeld Technologies and Systems for Smart Power and Mobility Dr. Steffen Kurth
Abteilung Back-End of Line 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. Motoko Kotani 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

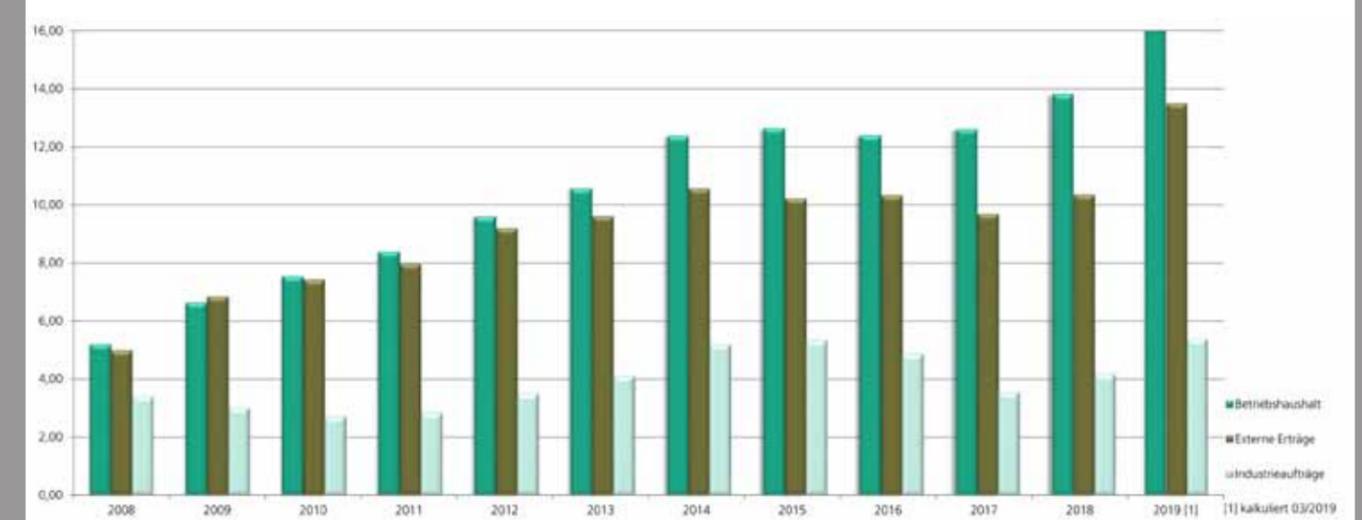
Direktor: Prof. Dr. Thomas Otto Stellvertretende Direktorin: Prof. Dr. Karla Hiller

Abteilung Lithografie und Strukturübertragung Dr. Danny Reuter	Honorarprofessur für Optoelektronische Systeme Prof. Dr. Thomas Otto
Abteilung Schichtabscheidung Dr. Sven Zimmermann	Honorarprofessur für Technologien der Nanoelektronik Prof. Dr. Stefan E. Schulz
Professur für Mikrotechnologie Prof. Dr. Thomas Otto	Honorarprofessur für Zuverlässigkeit von Smart Systems Prof. Dr. Sven Rzepka
Fakultät für Maschinenbau	Exzellenzcluster
Professur für digitale Drucktechnologie und Bebilderungstechnik Prof. Dr. Reinhard R. Baumann	MERGE Prof. Dr. Thomas Otto Martin Schüller
	cfaed Prof. Dr. Stefan E. Schulz Dr. Sascha Hermann

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
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
Steigerung Umsatz (bezogen auf 2008)	–	29 %	46 %	62 %	85 %	104 %	138 %	143 %	139 %	143 %	166 %
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
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
Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter	63	73	91	102	104	125	129	127	132	139	157
Azubis	0	2	3	5	6	7	7	6	7	6	8
Studenten und Hilfskräfte	10	10	20	40	43	51	51	43	43	35	50
Publikationen und Vorträge	61	75	114	119	112	215	198	173	176	144	141
Patente	7	5	13	20	8	17	9	9	12	6	9
Promotionen	6	0	4	2	3	3	3	5	3	5	2

Finanzielle Situation und Invest

Das Jahr 2018 war mit plus 9,6 Prozent von einem starken Budgetwachstum geprägt. Fraunhofer ENAS erwirtschaftete externe Erträge in Höhe von 10,36 Millionen Euro (plus 6,6 Prozent). Die Ertragsquote liegt bei 74,9 Prozent. Beide Werte spiegeln für 2018 weiterhin die Fokussierung auf die technologische Weiterentwicklung des Institutes im Rahmen Fraunhofer interner Entwicklungsprojekte wider. Die Aufträge aus deutschen und internationalen Industrieunternehmen betragen 4,18 Millionen Euro was einer deutlichen Ertragssteigerung von 18 Prozent entspricht. Der Betriebshaushalt wuchs um 1,2 Millionen Euro auf 13,83 Millionen Euro.

Die laufenden Investitionen des Geschäftsjahres betragen 1,70 Millionen Euro. In Summe ergibt sich ein Gesamthaushalt von 15,53 Millionen Euro.

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

Personalentwicklung

Ende des Jahres 2018 waren 157 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an den Fraunhofer ENAS Standorten Chemnitz, Paderborn und Berlin beschäftigt. Zwölf Personen wurden neu eingestellt und fünf Personen verließen 2018 das Institut.

Insgesamt waren zum 31.12.2018 acht Auszubildende am Fraunhofer ENAS angestellt, weitere zwei schlossen im Sommer 2018 erfolgreich ihre Ausbildung ab. In Kooperation mit der TU Chemnitz und der Universität Paderborn haben Studentinnen und Studenten sowie junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Abschlussarbeiten erfolgreich verteidigt.

Ende 2018 waren 50 Praktikanten, Diplomanden/Masterstudenten und studentische Hilfskräfte bei Fraunhofer ENAS beschäftigt. Dieser Mitarbeiterstamm erweist sich in wachsendem Maße als Quelle für den Nachwuchs von Wissenschaftlern und Technikern.

KURATORIUM

Die Kuratorien 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 Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und dem öffentlichen Leben. Sie werden vom Vorstand im Einvernehmen mit der Institutsleitung berufen. An den jährlichen Kuratoriumssitzungen nimmt mindestens ein Mitglied des Vorstands der Fraunhofer-Gesellschaft teil.

Die Mitglieder des Kuratoriums am Fraunhofer ENAS waren 2018:

Vorsitzender:

Prof. Dr. Udo Bechtloff, Prof. Bechtloff Unternehmensberatung

Stellvertretender Vorsitzender:

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 Ozone Products, MKS Instruments Deutschland GmbH

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

MR Hermann Riehl, Referatsleiter, Bundesministerium für Bildung und Forschung

Thomas Schmidt, Staatsminister, Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft

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

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

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

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

Mit Ablauf des Jahres 2018 scheidet Herr MR Hermann Riehl aus unserem Kuratorium aus. Wir danken ihm für seine Mitarbeit und Unterstützung. Neu in unserem Kuratorium begrüßen wir Frau Dr. Ina Sebastian von der Infineon Technologies AG und freuen uns über ihre Mitwirkung in diesem Gremium. 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

Als innovativer Partner entwickelt Fraunhofer ENAS Einzelkomponenten, Technologien für deren Fertigung aber auch Systemkonzepte und Systemintegrationstechnologien und überführt sie in die praktische Nutzung. Das FuE-Portfolio reicht dabei von der Idee über Design und Technologieentwicklung oder Realisierung basierend auf existierenden Technologien bis zum getesteten Demonstrator oder Prototyp. Wenn Standardkomponenten nicht in der Lage sind die gestellten Anforderungen zu erfüllen, unterstützt Fraunhofer ENAS den 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 Technologie-Campus Reichenhainer Straße, insbesondere in den Smart Systems Campus Chemnitz, 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

FORSCHUNGS- UND ENTWICKLUNGSDIENSTLEISTUNGSPORTFOLIO

- 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

MÄRKTE UND ANWENDUNGSFELDER

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



Im Rahmen eines Festaktes wurde am 17. Dezember 2018 der Vertrag zwischen der Tohoku Universität Sendai, einer der Exzellenz-Universitäten in Japan, und der Fraunhofer-Gesellschaft über die Weiterführung des Fraunhofer ENAS Project Center »NEMS/MEMS devices and manufacturing technologies at Tohoku University« unterzeichnet.
Foto: Tohoku Universität



Foto: Dirk Hanus

ständig erweiternden Technologiecampus Süd der Stadt Chemnitz. Ende 2017 ist der Campus an das Straßenbahnnetz der Stadt angeschlossen worden. Der Forschungsbau MAIN der Technischen Universität Chemnitz wurde fertig gestellt.

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 Vorlauftforschung an. In solchen Fällen ist es oft zielführend, durch Projektteams aus Industrie und Forschungsinstituten, unter Nutzung öffentlicher Förderung, die anstehenden Fragestellungen zu lösen. Im Jahr 2018 hat Fraunhofer ENAS mit mehr als 150 weltweiten Partnern aus der Industrie über Direktaufträge, gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte sowie in Vorlauftforschungsprojekten zusammengearbeitet.

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 technologische Entwicklungen für hochpräzise Inertialsensoren Partnern in Deutschland, Europa und Asien zugänglich gemacht, um dort eigene Fertigungsmöglichkeiten zu erschließen. Weiterhin erfolgt eine enge Kooperation mit MEMS-Foundries, um am Institut entwickelte Designs in eine kommerziell verfügbare Fertigungstechnologie zu überführen und damit auch kleineren Forschungspartnern und Unternehmen den Zugang zu innovativen Lösungen zu ermöglichen.

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, der Fudan Universität Shanghai und der Shanghai Jiao Tong Universität.

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 »MEMS/NEMS Devices and Manufacturing Technologies at Tohoku University« etabliert. Um die Zusammenarbeit auch weiterhin zu intensivieren und zu verstetigen, wurde im Dezember 2018 ein neuer Vertrag über die Fortführung der Zusammenarbeit unterzeichnet. Das Project Center ist daher mittlerweile nicht nur eine Plattform für gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsarbeiten, sondern auch eine Plattform für gemeinsamen FuE-Services für die Industrie.

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 übergreift nicht nur gemeinsame Forschungsprojekte, sondern schließt auch die gemeinsame Nutzung von Geräten und Anlagen, Gebäuden und Infrastruktur ein. Mit der Fakultät für Maschinenbau stehen die Themen gedruckte Funktionalitäten und Strukturleichtbau im Fokus der Kooperation. Im August 2018 ist der Neubau des »Zentrums für Materialien, Architekturen und Integration von Nanomembranen« (MAIN) an der Chemnitzer Rosenbergstraße feierlich von den sächsischen Staatsministern für Wissenschaft und Kunst, Frau Dr. Eva-Maria Stange, und für Finanzen, Herrn Matthias Haß, an die TU Chemnitz übergeben worden. Unter einem Dach werden nun bereits bestehende exzellente Aktivitäten der Fakultäten für Elektrotechnik und Informationstechnik sowie für Naturwissenschaften an der TU Chemnitz und ihrer Forschungspartner zusammengeführt. Das Fraunhofer ENAS arbeitet mit dem Forschungszentrum MAIN auf dem Gebiet der nanomembran-basierten Materialien, einem der modernsten Felder der Werkstoff- und Materialwissenschaften. Die Abteilung Advanced System Engineering des Fraunhofer ENAS ist nicht nur örtlich an der Universität Paderborn beheimatet. Sie arbeitet überdies in den Bereichen elektromagnetische Zuverlässigkeit und Verträglichkeit, drahtlose Energie- und Datenübertragung sowie drahtlose Sensorknoten für den Maschinenbau zusammen.

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

www.zfm.tu-chemnitz.de

www.uni-paderborn.de

Mehrfach exzellent – Kooperationen innerhalb der Exzellenzcluster

Bis Ende 2018 haben das Fraunhofer ENAS und das Zentrum für Mikrotechnologien der Technischen Universität Chemnitz in zwei dieser Exzellenzcluster der Exzellenzinitiative des Bundes gearbeitet.

FRAUNHOFER ENAS – PARTNER FÜR INNOVATIONEN

MERGE – Technologiefusion für multifunktionale Leichtbaustrukturen

Der Exzellenzcluster der Technischen Universität Chemnitz »MERGE – Technologiefusion für multifunktionale Leichtbaustrukturen« ist von Prof. Kroll, Direktor des Instituts für Leichtbau der Fakultät für Maschinenbau koordiniert worden.

Der Chemnitzer Bundesexzellenzcluster MERGE arbeitete an der Fusion großserientauglicher Basistechnologien aus den Bereichen Kunststoff, Metall, Textil und Smart Systems zur Entwicklung ressourceneffizienter Produkte und Produktionsprozesse. Mehr als 100 Forscherinnen und Forscher sowie Technikerinnen und Techniker aus insgesamt sechs interagierenden Forschungsbereichen arbeiteten an der Umsetzung des Projekts. Das Fraunhofer ENAS war maßgeblich im Forschungsbereich D, der Mikro- und Nanosystemintegration beteiligt.

www.tu-chemnitz.de/

MERGE

Center for Advancing Electronics Dresden cfaed

Das »Center for Advancing Electronics Dresden cfaed« arbeitete an der Entwicklung Erfolg versprechender Technologien für die Mikro- und Nanoelektronik mit dem Ziel, CMOS-Technologien um völlig neuartige Technologien zu ergänzen und zu erweitern und damit elektronische Informationsverarbeitungssysteme der Zukunft zu entwickeln. Beheimatet war der von Prof. Fettweis geleitete Cluster an der TU Dresden. In den interdisziplinären Forschungsteams arbeiteten Wissenschaftler und Techniker von 11 Forschungseinrichtungen in 9 Forschungspfaden. Fraunhofer ENAS und das Zentrum für Mikrotechnologien der TU Chemnitz waren gemeinsam im Kohlenstoffpfad (carbon path) und im BAC-Pfad (biomolecular assembled circuit path). Im Kohlenstoffpfad sind CNT-FETs entwickelt worden und die Technologie wurde für Prototypen auf Wafer Ebene umgesetzt. Die Anwendungen zielen auf analoge Hochfrequenzschaltkreise ab. Im BAC-Pfad arbeiten die Chemnitz an der Strukturierung auf Wafer Ebene, welche erforderlich für die Selbstorganisation der DNA ist.

www.tu-dresden.de/cfaed

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 der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (siehe Kapitel Strategie) 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«. Im Leitprojekt »Theranostische Implantate« arbeitet Fraunhofer ENAS gemeinsam mit elf weiteren Instituten an intelligenten Implantaten. Das dritte Leitprojekt, an dem Fraunhofer ENAS beteiligt ist, »eHarsh«, beinhaltet die Entwicklung und Bereitstellung einer Technologieplattform, auf deren Basis Sensorsysteme für den Einsatz in extrem rauer Umgebung entwickelt und hergestellt werden können.

Das Fraunhofer-Konzept der Leistungszentren bündelt und vernetzt innerhalb einer Region die Kompetenzen von Instituten und Hochschulen. Fraunhofer ENAS arbeitet in zwei Leistungszentren. Das Leistungszentrum »Smart Production« wurde im September 2017 eröffnet. Das Leistungszentrum »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik« arbeitet seit 2016 und wurde 2017 positiv evaluiert.

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« soll 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 demonstriert werden. Um das zu erreichen, bündeln die Fraunhofer-Institute ENAS, IWU, IFAM, ILT, IOF und ISC disziplinübergreifend ihre Kompetenzen aus den Bereichen Maschinenbau, Elektrotechnik, Photonik und Materialwissenschaften. Dem Konzept folgend wird die zuverlässige 0-Fehlerproduktion 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 werden die digitalen Fertigungstechnologien Digitaldruck und Laserbearbeitung an die Geometrien der jeweiligen Demonstratoren adaptiert und an die Eigenschaften der Materialien angepasst.

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

Theranostische Implantate

Theranostische Implantate sind komplexe implantierbare medizinische Produkte, die diagnostische und therapeutische Eigenschaften in einem System vereinen. Die Anforderungen an solche Implantate der nächsten Generation sind enorm: hohe Komplexität bei geringer Baugröße und

www.enas.fraunhofer.de/theranostische-implantate

FRAUNHOFER ENAS – PARTNER FÜR INNOVATIONEN

geringem Gewicht, stabile Funktionsweise im Körper in einem feuchten und warmen Milieu, umgeben von ständigem Zellwachstum. Entscheidende Faktoren sind die Biokompatibilität im Körper sowie die Energieversorgung. Das Konsortium konzentriert sich besonders auf Technologieplattformen für Energie- und Signallösungen sowie auf die Langlebigkeit und Verträglichkeit der Implantate.

Die dauerhafte Überwachung von Vitalwerten hilft dabei, therapeutische Maßnahmen gezielt einzusetzen. In diesem Fraunhofer-Leitprojekt arbeiteten zwölf Fraunhofer-Institute (Leitung Fraunhofer IBMT) daran, gemeinsam in drei Teilprojekten Demonstratoren mit Fokus auf das Skelett, das Herz-Kreislauf- sowie das neuromuskuläre System aufzubauen. Fraunhofer ENAS forschte in zwei Teilprojekten an miniaturisierten Sensoren, Energieübertragung und -speicherung, Kommunikation und an Packaging- und Integrationsaspekten sowie biokompatiblen Verkapselungstechnologien.

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«.

Im Rahmen des Leitprojekts werden robuste Sensoren 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

Das Leistungszentrum Smart Production, unter Beteiligung des Fraunhofer IWU, des Fraunhofer ENAS und der TU Chemnitz, entwickelt interdisziplinär neue Technologien zum Thema Digitalisierung der Produktion. Künftig wird das Leistungszentrum zentrale Drehscheibe für strategische Forschungs- und Transferprojekte sein, dabei kleine und mittlere Unternehmen

www.enas.fraunhofer.de/e-harsh

www.leistungszentrum-smart-production.de



Das Leistungszentrum »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik« stellte auf internationalen Messen das Gemeinschaftsprojekt »Strukturintegrierte drahtlose Sensorik/Aktorik im Maschinenbau (SdSeMa)« – unter anderem auf der SENSOR+TEST in Nürnberg vor.
Foto: Fraunhofer-Gesellschaft

aktiv einbeziehen sowie den Innovations- und Wissenstransfer in die Wirtschaft nachhaltig unterstützen. Ziel des Leistungszentrums ist es, Entwicklungen für die digitale industrielle Produktion schnellstmöglich von der universitären und außeruniversitären Forschung in die Wirtschaft zu übertragen.

Schwerpunktt Themen und Forschungsziele des Leistungszentrums sind interdisziplinäre und profilbildende Forschung, Digitalisierung der Produktion, intelligente Fabrik, Smart Materials und Industrie 4.0.

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.

Das Leistungszentrum wird 2019 erweitert als Leistungszentrum »Smart Production and Materials«. Damit werden das Fraunhofer IKTS, das Fraunhofer IWS und die TU Dresden integriert.

Leistungszentrum Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik

Das Leistungszentrum »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik« wurde als Pilot-Leistungszentrum bereits 2016 gestartet. Die Projektarbeit wird aus Mitteln des Freistaats Sachsen und Mitteln der Fraunhofer-Gesellschaft finanziert. Es wird weiter zum Transferzentrum ausgebaut und für die Jahre 2018 bis 2020 mit neuen Projekten finanziert.

Das Leistungszentrum ist eingebettet in den Mikroelektronik-Standort Sachsen. Entlang der Wertschöpfungskette für Produkte der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik vereint es die angeordneten Kompetenzen der vier Fraunhofer-Institute IPMS, ENAS, IIS-EAS und IZM-ASSID sowie der Universitäten bzw. Hochschulen TU Dresden, TU Chemnitz und HTW Dresden.

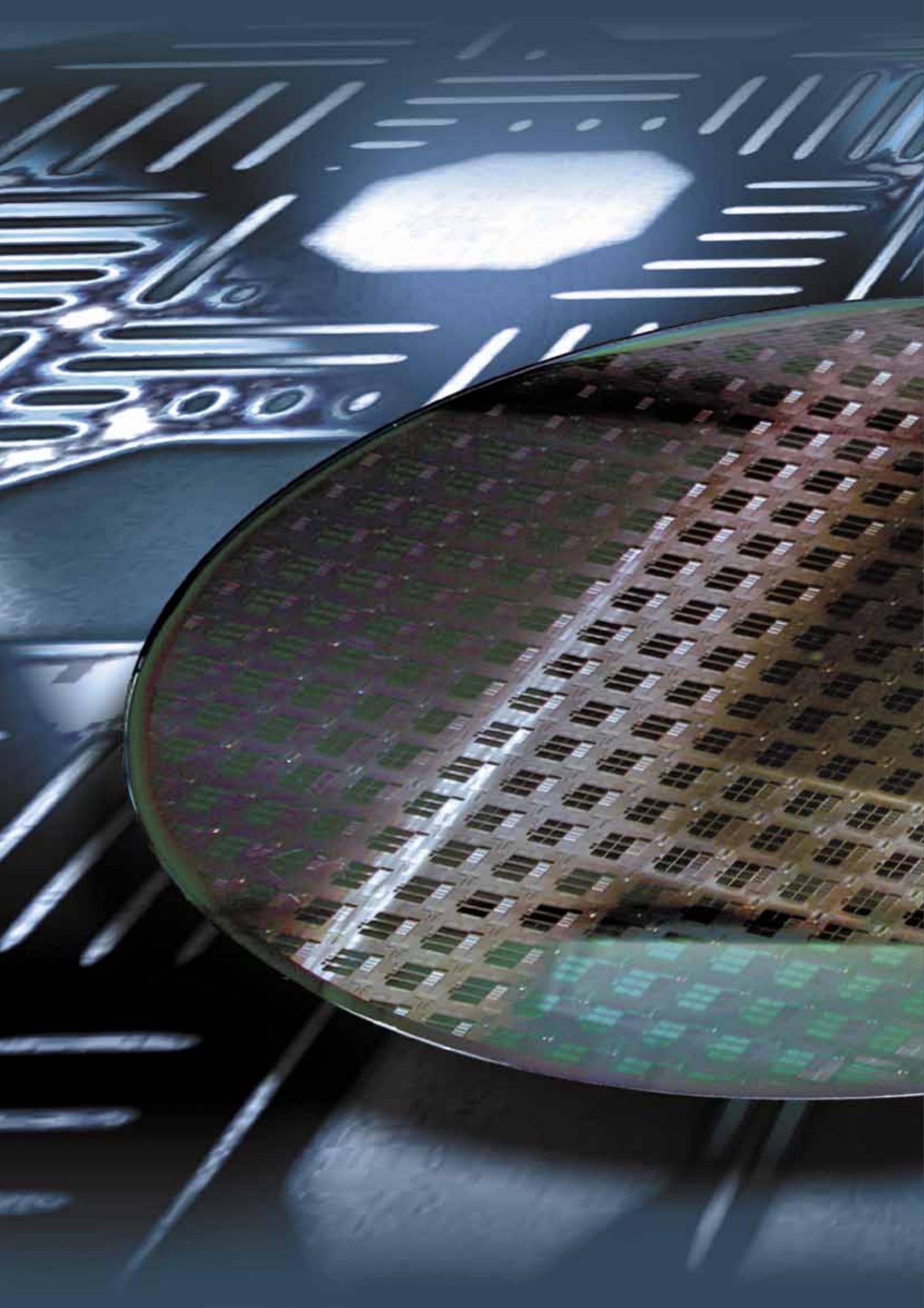
Mit dem Leistungszentrum ist eine institutsübergreifende Plattform für die Kernkompetenzen Systemdesign, Komponenten und Fertigungstechnologien, Systemintegration sowie Zuverlässigkeitsbewertung geschaffen. Diese Kernkompetenzen werden genutzt um insbesondere die folgenden FuE-Themen hoher Industrierelevanz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

www.leistungszentrum-mikronano.de



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

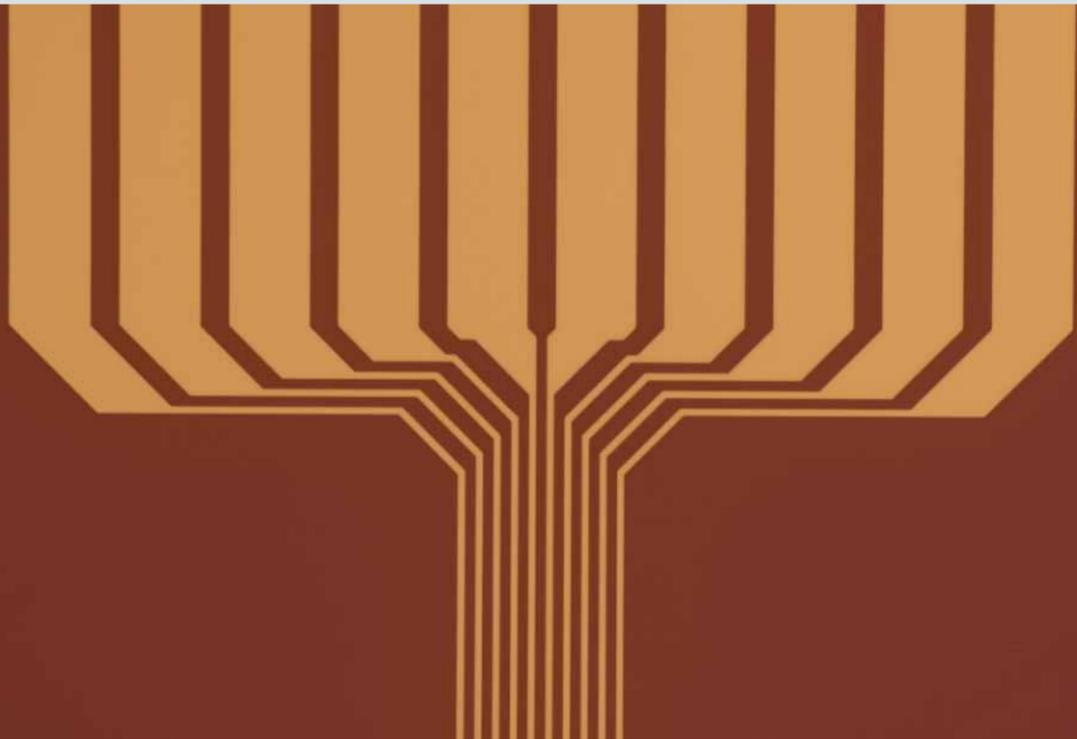
Im Themenfeld AVT werden vorrangig Prozessentwicklungen für die Integration elektronischer Bauelemente mit Fokus auf Waferlevel-, Füge- und Kontaktierungsverfahren, Dünnschichtverkapselung und Siebdruck für Metallisierung/Lotabscheidung durchgeführt.

Elektromagnetische und thermomechanische Charakterisierung und Zuverlässigkeitsbewertung

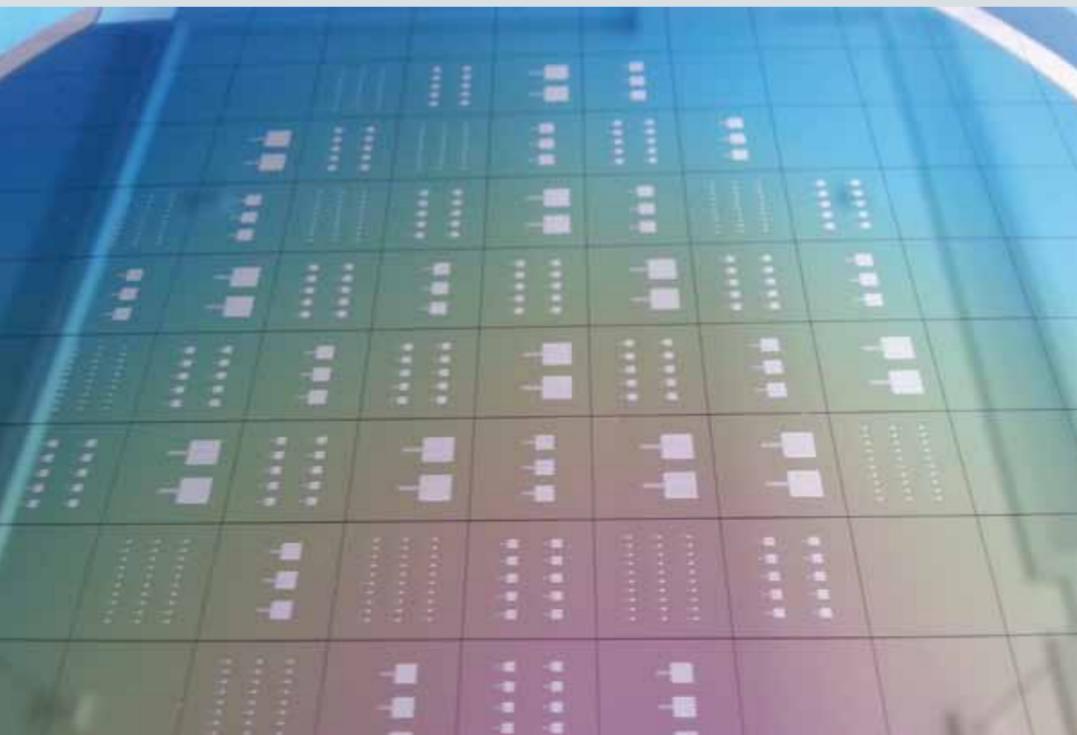
Dieses Themenfeld adressiert BEOL-Komponenten, die Chip-Package-Wechselwirkung sowie Zuverlässigkeitsbewertungen im Board- und System-Level. Dabei wird sowohl die thermomechanische Zuverlässigkeitsanalyse und optimale Auslegung für elektronische Bauelemente, Baugruppen und Systeme als auch die simulative 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



*Aufsicht auf eine strukturierte
Bottomelektrode für eine
10 x 10 Crossbar-Struktur.*



*Aufsicht auf einen geschnittenen
Wafer mit strukturierten
Bottomelektroden für Crossbar-
Strukturen unterschiedlicher
Größe.*

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- **BEYOND CMOS**
- **PROZESSE UND TECHNOLOGIEN FÜR DIE MIKRO- UND NANOELEKTRONIK**

MICRO AND NANOELECTRONICS

MEMRISTOREN FÜR DIE RECHNER VON MORGEN

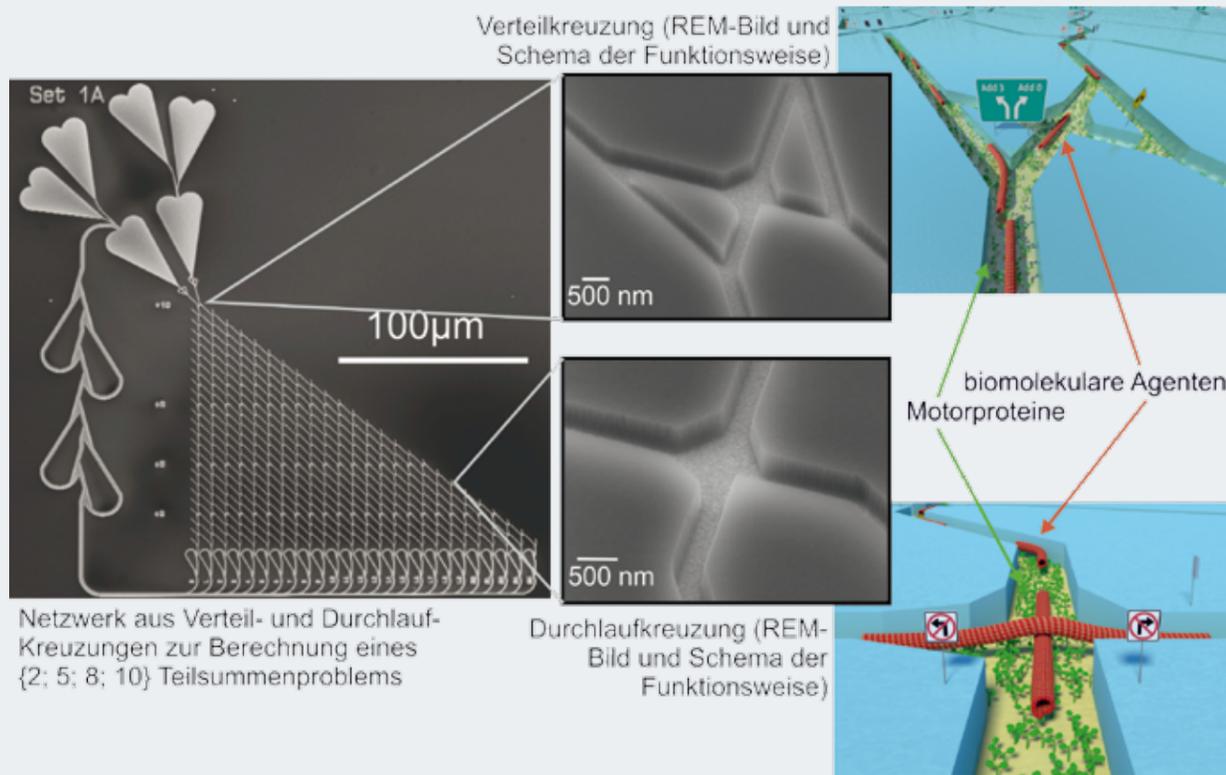
Angesichts der zunehmenden Herausforderung bei der Miniaturisierung von konventionellen CMOS-Schaltkreisen ist eine weitere Leistungssteigerung durch Miniaturisierung ökonomisch kaum mehr vertretbar und kann aktuell nur durch eine großvolumige Produktion aufrecht erhalten werden. Im weltweit voranschreitenden Digitalisierungsprozess wird deshalb auch an neuen Konzepten bei der Datenverarbeitung geforscht. Künstliche Intelligenz und neuromorphes Rechnen sind Schlagworte für neue Ansätze neben der etablierten Von-Neumann-Architektur. Die Integration dieser Technologien kann hardwareseitig mit neuen Materialien gelingen. Deren Implementierung in konventionelle industrielle Prozessabläufe stellt zwar eine große Herausforderung dar, bietet aber für viele Anwendungen auch einen deutlichen Mehrwert.

Das Material unserer Wahl ist BiFeO_3 (BFO). Neben seinen wohlbekannten ferroelektrischen Eigenschaften besitzt es bei gezielter Modifikation/Dotierung in einer MIM-Struktur (Au/BFO/Pt) auch einen durch Spannungspulse einstellbaren Widerstand, der hervorragende Parameter bezüglich Retention, Endurance, Nichtflüchtigkeit und analoger Schalteigenschaften aufweist. Die im Material vorhandenen Sauerstoffvakanz, wie auch der durch Diffusion eingebrachte Dotand Titan sind hierbei von fundamentaler Bedeutung für die Funktionalität der Struktur. Die Integration dieses Memristortyps in eine Crossbar-Architektur erlaubt eine einfache direkte Adressierung der Zellen ohne die Verwendung von zusätzlichen Auswahl-Transistoren. Dies wird durch die inhärente Diodencharakteristik von BFO ermöglicht, die unerwünschte Kriechströme deutlich vermindert.

Der Wahl des Depositionsverfahrens und die Ermittlung der Abscheideparameter von BFO auf Waferniveau stellen hierbei besondere Herausforderungen dar. Das anschließende Aufbringen der Topielektroden erlaubt die Vervollständigung der Crossbar-Architektur. Diese stellt das Grundelement für viele Anwendungen im Bereich des neuromorphen Rechnens, der rekonfigurierbaren Logik und für hardwarebasierte Sicherheitsanwendungen dar. Eine detaillierte Kenntnis der elektrischen Eigenschaften ist hierbei die Voraussetzung für die Implementierung dieser neuartigen Elemente in Softwaretools wie z.B. PSpice, auf deren Basis dann zuverlässig arbeitende Schaltkreise entwickelt werden können. Hierbei sind für eine genaue Charakterisierung des Zustandes des Memristors im Vergleich zu vielen gewöhnlichen CMOS-Bauelementen auch die in der Vergangenheit angelegten Ströme/Spannungen von entscheidender Bedeutung, was aktuell eine exakte Modellierung mit gängigen Softwaretools noch deutlich erschwert.

Die Widerstandsänderung von BFO ist von analogem Charakter, sodass BFO-Memristoren vergleichbare elektrische Eigenschaften wie Synapsen im Gehirn besitzen. Durch die hohe Nichtlinearität im Schaltverhalten von BFO, erklärbar durch das Ionendrift-Modell von Mott-Gurney, lassen sich allerdings auch sehr schnelle Widerstandsänderungen realisieren. Mit einer Erhöhung der angelegten Spannung um den Faktor 3 lässt sich z.B. die Schaltgeschwindigkeit um 6 Größenordnungen bis in den Bereich von wenigen 10 ns reduzieren. Dies ist deutlich schneller als die Geschwindigkeit von biologischen Synapsen und zeigt mögliche Potentiale dieser neuen Technologie auf.

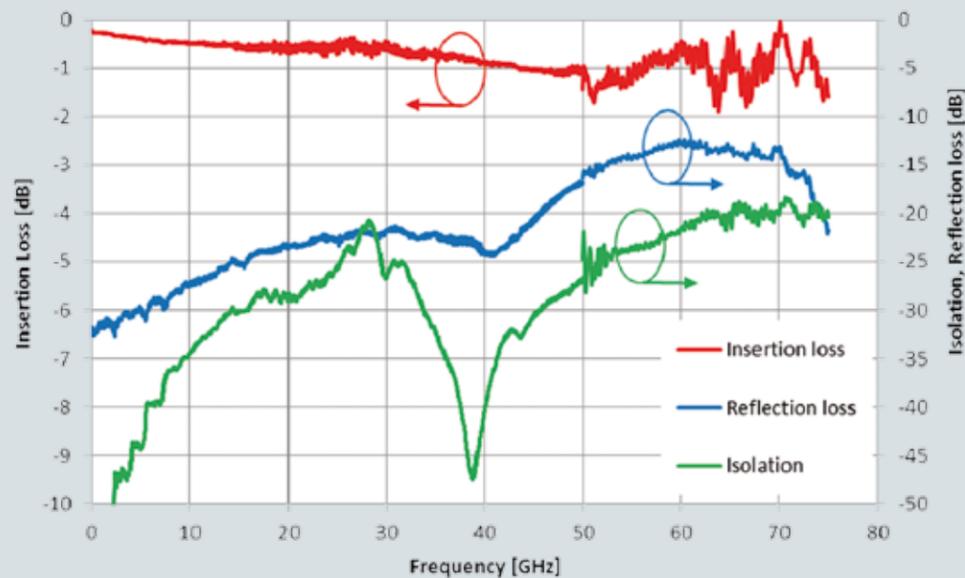
MICRO AND NANOELECTRONICS



Netzwerk aus Verteil- und Durchlaufkreuzungen zur Berechnung eines {2; 5; 8; 10} Teilsummenproblems

Durchlaufkreuzung (REM-Bild und Schema der Funktionsweise)

Rasterelektronenmikroskop-Aufnahmen eines Nanokanalnetzwerks hergestellt mittels Elektronenstahlithografie (gesamte Netzwerkstruktur und die Durchlauf- und die Verteilkreuzungen für die Rechenoperationen). (links)
Schematische Darstellung des Transports der Agenten in den einzelnen Kreuzungen. (rechts)



Messergebnisse der Streuparameter der RF-MEMS-Schalter, die die Einfügedämpfung und den Reflexionsverlust im geschlossenen Zustand und die Isolation im offenen Zustand darstellen.

FUNKTIONALE NANOSTRUKTUREN FÜR BIOCOMPUTER

In dem von der EU geförderten Projekt Bio4Comp sollen netzwerkbasierter Bio-Computer (NBC) entwickelt werden, die mathematische / kombinatorische Probleme lösen können, die für herkömmliche Computer wegen ihrer Komplexität derzeit nicht zugänglich sind. Die Idee ist, dass biomolekulare Stoffe, die jeweils nur wenige Nanometer groß sind, diese Probleme lösen können, indem sie durch ein Netzwerk von winzigen Kanälen bewegt werden. Dieses Netzwerk repräsentiert einen mathematischen Algorithmus. Um das kombinatorische Problem zu lösen, wird eine große Anzahl autarker biomolekularer Stoffe durch Motorproteine zeitgleich und parallel durch das Netzwerk befördert, wodurch die Lösung, im Vergleich zu herkömmlichen Algorithmen auf Computern, schneller erreicht wird. Hervorzuheben ist, dass dieser Ansatz der Berechnung wesentlich weniger Energie als herkömmliche Computer benötigt und so Probleme eines hohen Stromverbrauchs und der Wärmeableitung herkömmlicher Computer umgeht. Dieser Ansatz ist eine hervorragende Ergänzung zu konventionellen Computern, da die Miniaturisierung von Schaltkreisen aufgrund des zunehmenden Einflusses von Quanteneffekten und steigender Kosten begrenzt ist. Bio4Comp legt damit den Grundstein für eine neue und innovative Technologie, die das Potenzial hat, elektronische Computer für spezifische mathematische Probleme zu übertreffen und dabei hilft, wichtige praktische Probleme zu lösen, wie den Entwurf und die Verifizierung von Schaltkreisen oder das Falten und das Designen von Proteinen.

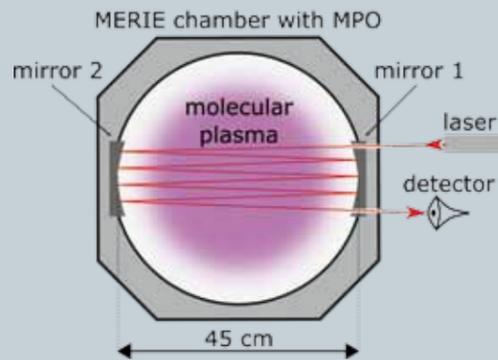
Dieses Projekt wurde aus Mitteln des Forschungs- und Innovationsprogramms »Horizont 2020« der Europäischen Union im Rahmen der Zuschussvereinbarung Nr. 732482 gefördert.

HF MEMS-SCHALTER

Fraunhofer ENAS entwickelte einen Hochfrequenz-MEMS-Schalter als Einzelkomponente zum Einsatz in Mikrowellen- und mm-Wellen-Systemen. Die Chips sind 3 mm x 1,5 mm groß und 0,5 mm dick. Eine MEMS-Technologie wird zur Herstellung eingesetzt, die alle Prozessschritte auf Wafer-Ebene gestattet. Ein neuartiges Design der Kontaktbereiche und der Hochfrequenzleitungen wurde entwickelt, um diese Bauelemente in einem Frequenzbereich von 0 Hz bis 75 GHz einsetzen zu können. Sie erreichen eine Einfügedämpfung von weniger als 0,5 dB bei Frequenzen unter 20 GHz und von ca. 1 dB bei Frequenzen bis 75 GHz. Aufgrund der Konfiguration als MEMS-Bauelement mit Metall-Metall-Kontakten wird eine sehr hohe Linearität (IIP3 > 65 dBm, 1 GHz, 0 dBm) erreicht. Der Schalter schließt und öffnet in ca. 10 µs nach der jeweiligen Signalfanke des Steuersignals. Im Vergleich zu gegenwärtig am Markt verfügbaren Bauelementen zum Schalten von HF-Signalen benötigt dieses Bauelement eine niedrigere Steuerspannung (5 Volt) und nahezu keinen Steuerstrom (< 10 nA). Die Applikationsfelder reichen von Test- und Messgeräten (Schaltmatrizen für sehr hohe Signalfrequenzen, variable Signalabschwächer) über das Steuern der Richtwirkung von Antennen (phasen-gesteuerte Antennengruppen, agile Antennen) bis zu rekonfigurierbaren Front-Ends in Kommunikationssystemen (Antennenschalter, Filter-Rekonfiguration).

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- BEYOND CMOS
- HF-BAUELEMENTE



Schematische und fotografische Darstellung einer modifizierten Prozesskammer mit angeschlossener Multipassoptik (MPO) für die Plasmaanalyse mittels QCLAS.

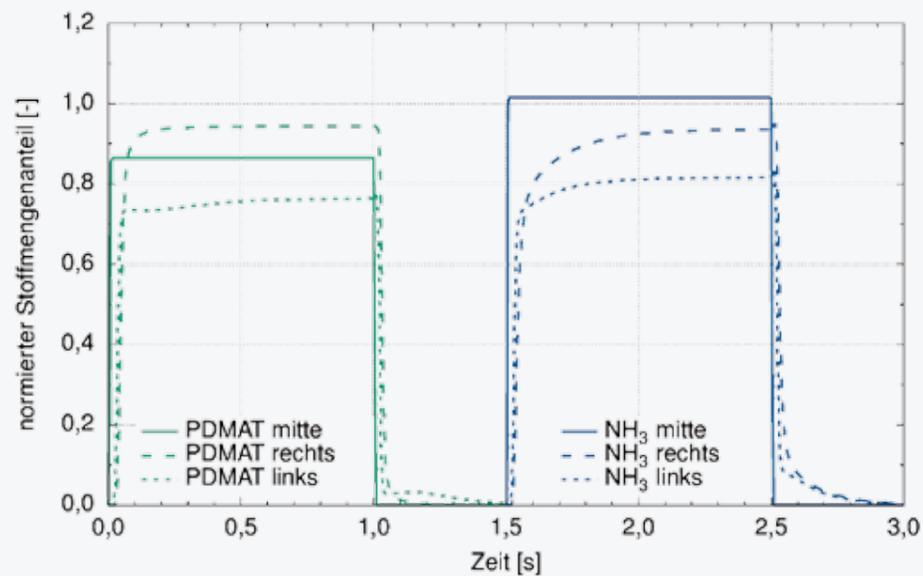
MICRO AND NANOELECTRONICS

IN SITU PLASMADIAGNOSTIK FÜR ÄTZPROZESSE IN DER 7 NM TECHNOLOGIE

Herausforderungen an Prozessplasmen hinsichtlich der Prozessreproduzierbarkeit, Kammerkonditionierungszustände oder Substratqualität sind gegenwärtig Tagesgeschäft für Halbleiterhersteller. Die gezielte Regelung von Plasmametern scheint der Ansatzpunkt, um den stets steigenden Anforderungen auch zukünftig gerecht werden zu können. Dafür müssen alternative in situ Techniken hochgradiger Sensitivität für die Industrie erprobt und etabliert werden. Dadurch motiviert, werden am Fraunhofer ENAS Prozessplasmen mit einer, in der Plasmaanalytik noch nicht etablierten, spektroskopischen Methode analysiert. Die Quantenkaskadenlaserabsorptionsspektroskopie (QCLAS) wird angewendet, um chemische Plasmametern von molekularen Ätzplasmen zu bestimmen. Die Methode liefert den direkten Zugang zu Konzentration und Temperatur diverser prozessrelevanter Plasmaspezies. So wurden im ECSEL-Projekt SeNaTe (Seven Nanometer Technology) Trockenstrukturierungsprozesse sogenannter ultra low-k Materialien (poröse Materialien sehr kleiner Dielektrizitätszahl) mittels QCLAS analysiert. Die während der Plasmabehandlung gemessenen Parameter wurden schließlich mit dem Degradationszustand geätzter Proben korreliert. So konnte gezeigt werden, dass durch Messung von Plasmaspezieskonzentrationen die Polymerisation auf Oberflächen direkt während des Prozesses beobachtet werden kann. Erstmals wurde auch eine Korrelation zwischen Radikaltemperatur im Plasmaraum und der Seitenwanddegradation strukturierter Substrate beobachtet, wobei dieses Ergebnis gleichzeitig eine grundlegend akademische Fragestellung aufwirft, die es im Rahmen weiterer Analysen zu untersuchen gilt.

SIMULATION DER TaN ATOMLAGENABSCHIEDUNG FÜR KUPFERDIFFUSIONSBARRIEREN IN 28 NM CMOS BAUELEMENTEN

Die fortschreitende Miniaturisierung mikroelektronischer Bauteile führt zu einer steigenden Nachfrage nach Abscheidungsverfahren zur Erzeugung von gleichmäßigen, homogenen und extrem dünnen Schichten. Die Atomlagenabscheidung (ALD) besitzt die Fähigkeit zur Abscheidung dieser Schichten selbst in Strukturen mit großen Aspektverhältnissen. Im Rahmen des Projektes EVOLVE mit dem Chiphersteller GLOBALFOUNDRIES, dem Fraunhofer IPMS-CNT und der TU Dresden haben wir einen TaN-ALD-Prozess für die Fertigung von Kupferdiffusionsbarrieren untersucht. Mithilfe der Reaktorskalensimulation analysierten wir die Präkursorverteilung während der Dosier- und Spülschritte in einem Einzelwaferreaktor. In der Simulation zeigte sich eine verringerte Präkursorkonzentration direkt über dem beheizten Wafer. Durch die Temperaturdifferenz zwischen dem beheizten Wafer (200 °C) und dem kälteren, einströmenden Gas (90 °C) ergibt sich ein starker Temperaturgradient über dem Wafer. Dieser Temperaturgradient verursacht Thermodiffusion, wodurch das größere Gasmolekül (Präkursor) von dem heißen Bereich (Wafer) weg diffundiert. Mittels Reaktorskalensimulation konnten wir somit Einblicke in das Strömungsfeld und die Präkursorverteilung innerhalb des Reaktors erhalten, was anders nicht möglich wäre. Basierend darauf kann mit dem Projektpartner eine weitergehende Prozessoptimierung erfolgen.



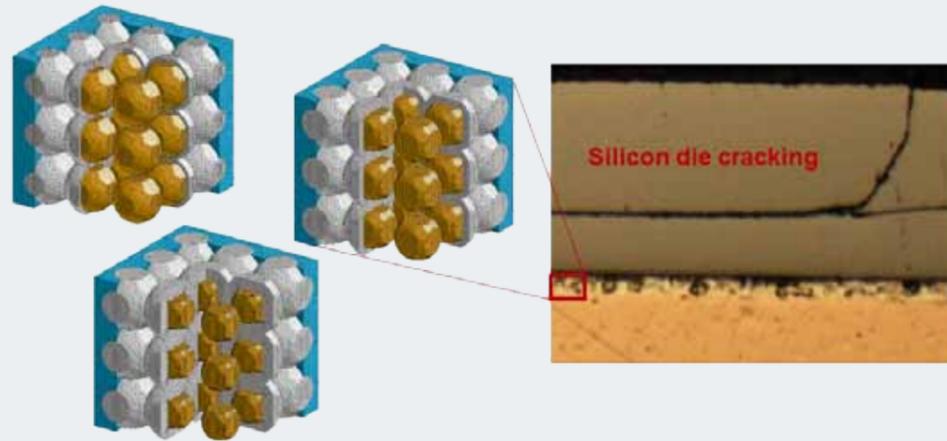
Stoffmengenanteil des Präkursors (PDMAT) und des Ko-Reaktanten (NH_3) während eines ALD-Zyklus in der Wafermitte, am rechten Waferrand und am linken Waferrand (Auslassseite).



Stoffmengenanteil des Präkursors (PDMAT) am Ende des Dosierschrittes mit deutlicher Verarmung des Präkursors über dem Wafer aufgrund der Thermodiffusion.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- IN SITU PLASMADIAGNOSTIK
- ALD-SIMULATION



Optimierung des Rissbildungsrisikos von Siliziumchips durch Anpassung von Kupferpartikeln und intermetallischen Verbindungsanteilen in einer Chip-Bond-Schicht.

MICRO AND NANOELECTRONICS



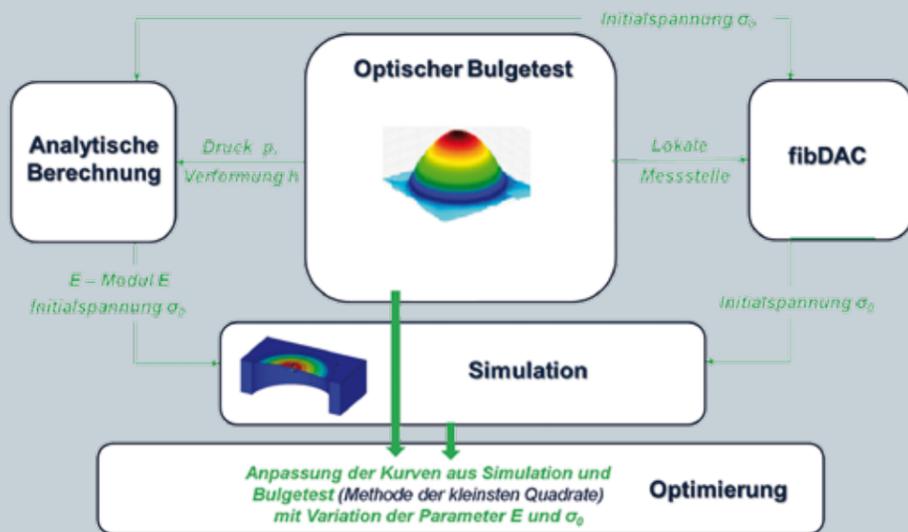
Das für lokale Messungen im makro- und mikroskopischen Dimensionsbereich genutzte Verfahren skaliert den makroskopischen Bulge-Test in mikro-technische Größenordnungen.

THERMO-MECHANISCHE ZUVERLÄSSIGKEITSASPEKTE VON HOCHTEMPERATUR-VERBINDUNGEN DURCH TRANSIENTES FLÜSSIGPHASENLÖTEN

Die Erhöhung der maximalen zuverlässigen Betriebstemperatur ist ein Schlüsselfaktor für die Steigerung der Effizienz von Leistungsmodulen und Geräten, die bei zukünftigen Entwicklungen wie elektrischen Antriebssystemen, intelligenten Beleuchtungssystemen oder Energiemanagementsystemen eingesetzt werden. Parallel zur Entwicklung von Halbleitern mit höheren Betriebstemperaturen werden Verbindungstechnologien entwickelt, um Lösungen entlang der Wertschöpfungskette zu schaffen. Hochtemperatur-Verbindungstechnologien in Serienanwendung sind das Silbersintern, während andere Sintermaterialien oder Verbindungen, die auf der Bildung von intermetallischen Phasen (IMPs) basieren, noch in der Entwicklung sind. Letztere Technologie kann in Form des transienten Flüssigphasenlötens (TLP-Löten) angewendet werden, d.h. die IMCs Cu_2Sn_5 oder Cu_3Sn werden durch isotherme Erstarrung gebildet. Standard-Löttemperaturen von ca. 250 °C führen zu hochtemperaturfesten Verbindungen > 400 °C. Das Materialverhalten der intermetallischen Verbindungen unterscheidet sich jedoch von Weichloten oder Sintersilber. Insbesondere sind sie weniger duktil und es können sich nach der Verarbeitung oder im Betrieb hohe mechanische Spannungen aufbauen. Daher treten neue Zuverlässigkeitsprobleme aufgrund von weniger nachgiebigen Verbindungen auf, die zu Siliziumbrüchen oder Metallisierungs-Delaminationen führen können. Durch mikromechanische Modellierung können maßgeschneiderte transiente Flüssigphasenmaterialien designed werden, um das Ausfallrisiko zu reduzieren.

SKALENÜBERGREIFENDE EIGENSCHENUNGSANALYSE IN NANO-SKOPISCHEN DÜNNSCICHTAUFBAUTEN

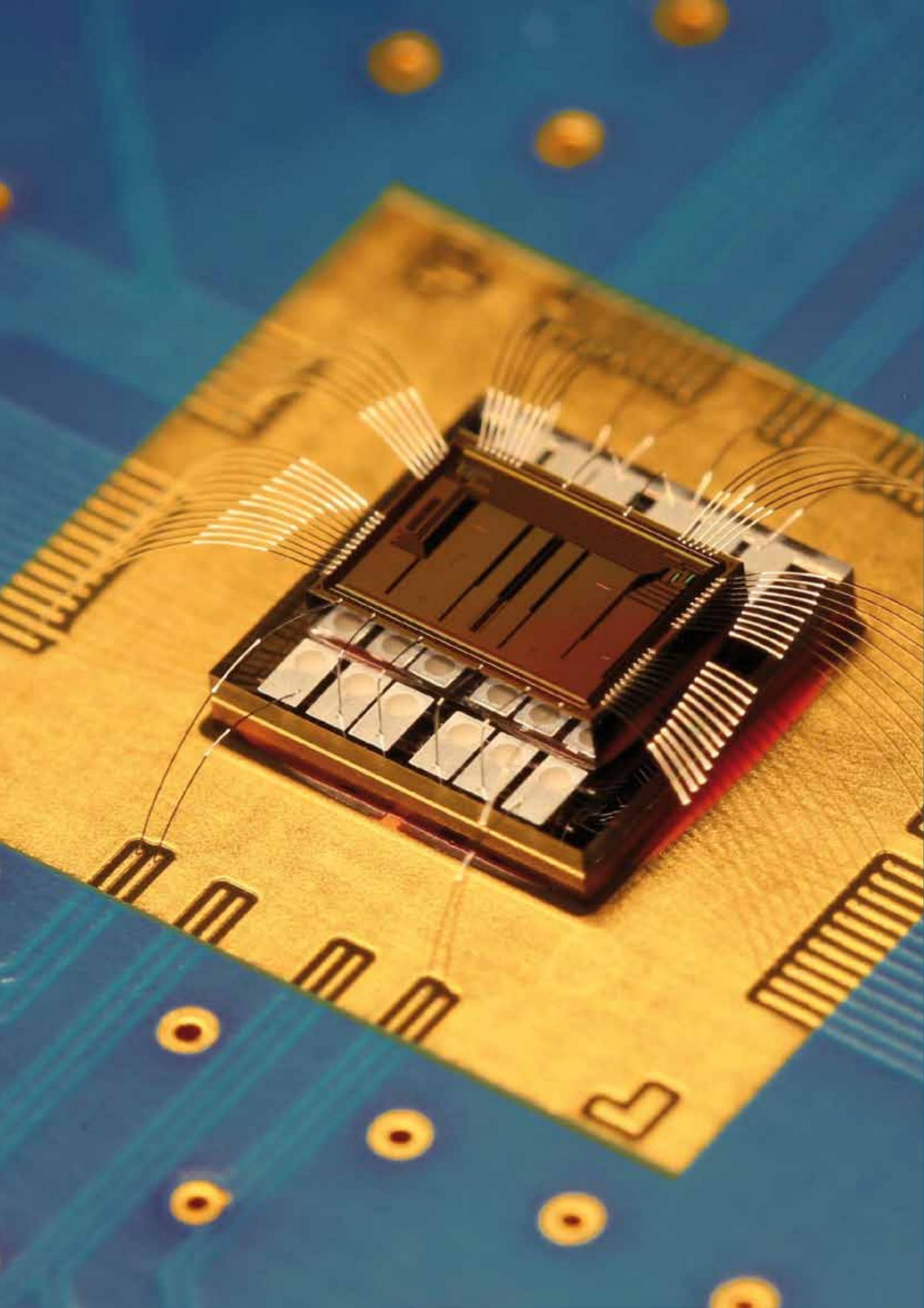
In modernen Technologien spielen dünne Schichten und Mehrschichtaufbauten häufig eine wichtige strukturelle und funktionelle Rolle. Derartige dünne Schichtaufbauten unterliegen in der Regel Eigenspannungen, die Schädigungs- und Versagensprozesse zur Folge haben können. Im Wesentlichen setzen sich Eigenspannungen aus zwei Komponenten zusammen: Thermischen und intrinsischen Spannungen. Sie treten in allen Skalen auf, von der Makro- zur Mikro- und Nano-Skala. Dabei unterscheiden sich Eigenspannungen von dünnen Schichten und Bulkmaterial deutlich. Die mechanischen Eigenschaften von dünnen Schichten sind sogar von der Schichtdicke und dem Herstellungsprozess abhängig. Die Kenntnis und gezielte Beeinflussung von Eigenspannungen ist für die Zuverlässigkeit und Robustheit der Systeme von wesentlicher Bedeutung. Für hochlokale, richtungsauflösende Eigenspannungsanalyse an Oberflächenschichten und Schichtstapeln wird das fibDAC-Verfahren eingesetzt. Für lokale Messungen im makro- und mikroskopischen Dimensionsbereich wird ein Verfahren genutzt, das den makroskopischen Bulge-Test in mikrotechnische Größenordnungen skaliert. Für die Deformationserfassung kommt hierbei ein Chromatischer Sensor zum Einsatz. Analog zum Bulge-Test werden die Materialparameter durch Parameteridentifikation an theoretisch berechneten Vergleichsverformungen abgeglichen (analytische Lösungen, FEM). Das multiskalige Konzept, welches im Projekt NanoEis+ in Kooperation mit der CWM entwickelt wurde, ist in der Lage sowohl die globalen Eigenschaften der Untersuchungsobjekte zu bewerten, als auch lokale Inhomogenitäten und komplexe Eigenspannungsverteilungen zu erfassen und damit alle eigenspannungsbezogenen Einflüsse auf Funktionalität und Versagensverhalten adäquat zu berücksichtigen. Projekt: NanoEIS+ gefördert durch VDI/VDE, in Kooperation mit CWM, FKZ: 13XP5002B



Multiskalenkonzept.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

ZUVERLÄSSIGKEITSBEWERTUNG



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 durchstimmbare 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 magnetische Sensoren auf der Basis des GMR- bzw. TMR-Effektes unter Nutzung von ferromagnetischen Dünnschichten liegen im Fokus dieses Themenfeldes. Sie finden neben der direkten Magnetfeldmessung auch Anwendung in der Messung von z. B. Abstand, Position und Rotation. Weiterhin ist eine elektromagnetische Sensorik zur Nahfeldmessung elektromagnetischer Felder und Bestimmung der Abstrahlcharakteristik entwickelt worden.

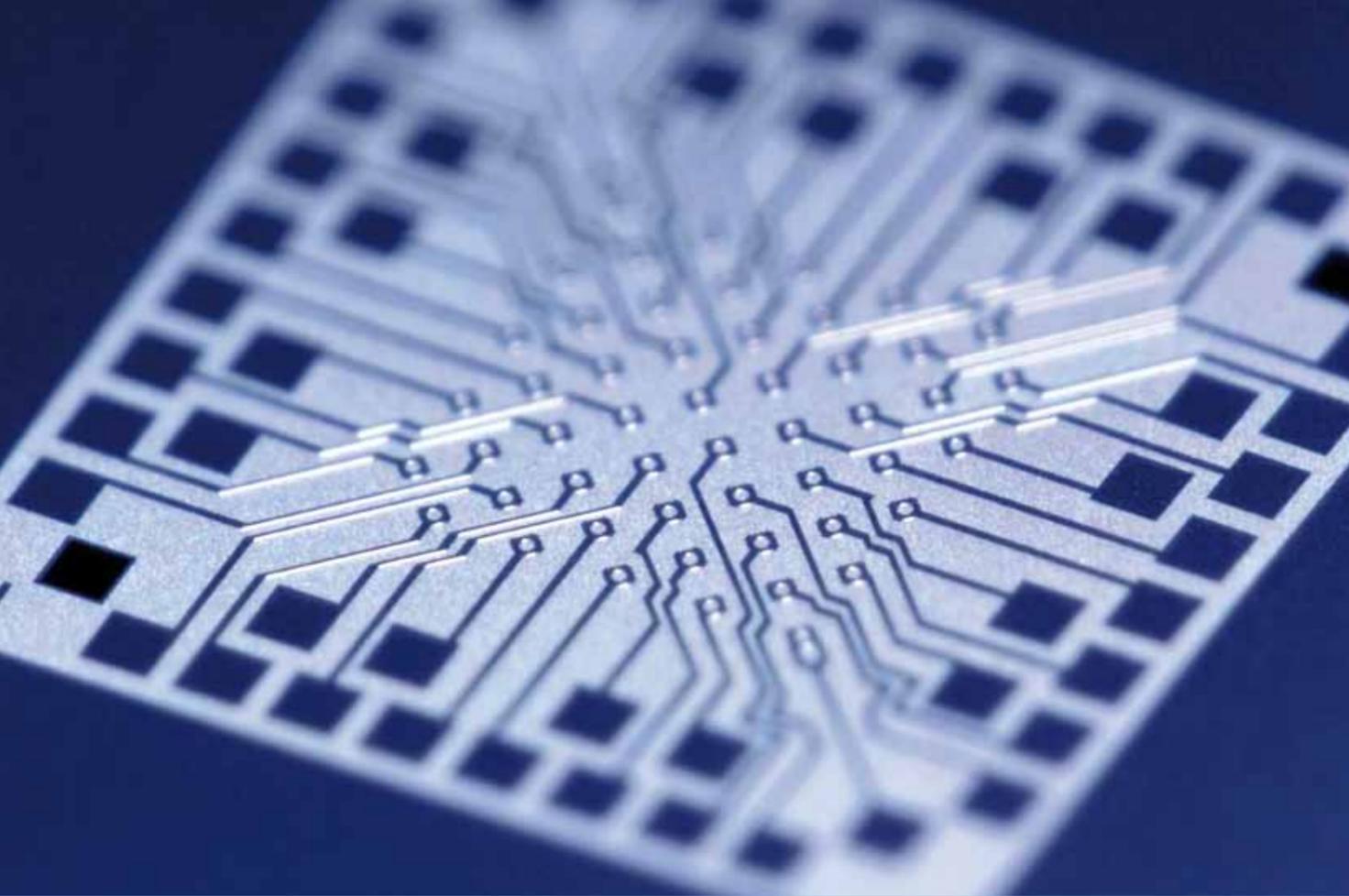
Druck- und Kraftwandler || Siliziumbasierte Ultraschallwandler und Umgebungsdruck-sensitive Resonatoren sowie MEMS-Lautsprecher sind entwickelt worden. Die Lautsprecher basieren auf neuartigen Materialien und Technologien wie gesputtertem metallischen Glas und gedruckten dauermagnetischen Schichten.

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 Nanokomposit-basierte 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



Piezoelektrische, mikromechanische Ultraschallwandler (engl. PMUTs) werden für Applikationen der akustischen Bildgebung verwendet.

PMUT – EINE NEUE GENERATION VON ULTRASCHALLWANDLERN

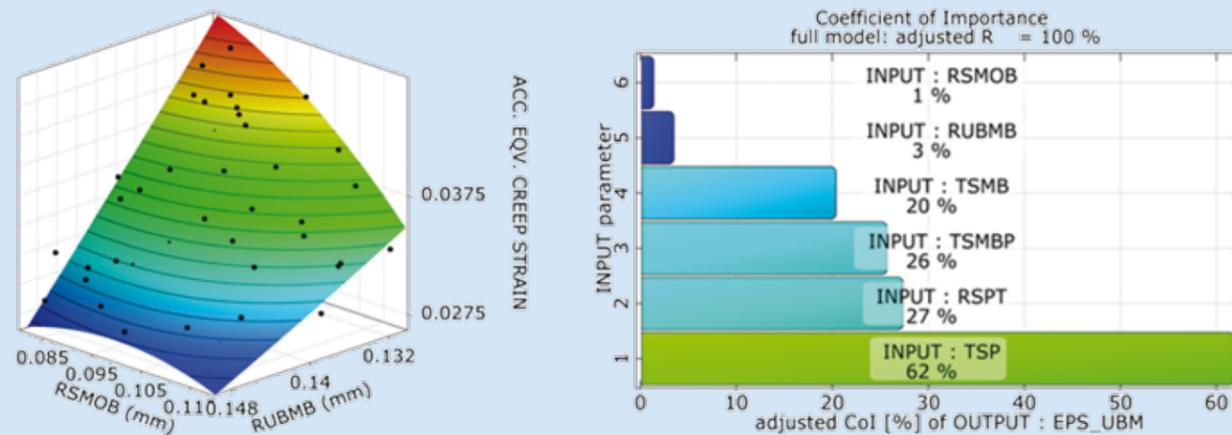
PMUTs (piezoelectric micromachined ultrasonic transducer) sind Mikrosysteme mit piezoelektrischen Elementen die ihre Umgebung mittels akustischer Signale kartographieren. Diese sind kleiner und damit hochauflösender und besser integrierbar als herkömmliche Bulk-Wandler, die heute beispielsweise in der medizinischen Bildgebung genutzt werden. Dadurch können zukünftig medizintechnische, endoskopische in-vivo Anwendungen (im Körper) oder Ultraschallradarsysteme für die Mobilität der Zukunft und intelligente industrielle Maschinen entwickelt werden. Im Gegensatz zu kapazitiven Mikrosystemen für Ultraschallwandler (CMUTs) werden für die Anregung der Strukturen kleine elektrische Spannungen benötigt.

Die PMUTs werden durch eine elektrische Spannung ausgelenkt und bringen ein Gas oder eine Flüssigkeit in Schwingung. Dieses akustische Signal wird von einer zu untersuchenden Struktur reflektiert. Die Reflexion des akustischen Signals trifft wiederum auf den PMUT. Die Mikromechanik auf dem PMUT wird in Schwingungen versetzt und die piezoelektrische Schicht erzeugt ein Sensorsignal. Aus dem Laufzeitunterschied von Anregung des PMUT und Messung des reflektierten Signals wird die Entfernung zu einem Objekt ermittelt. Eine Arrayanordnung kann genutzt werden, um die Umgebung zu kartographieren.

Die Forscher des Fraunhofer ENAS und des Zentrums für Mikrotechnologien (ZfM) der TU Chemnitz nutzen für die PMUTs piezoelektrisches Aluminiumnitrid (AlN). Das Wandlermaterial lässt sich in vorhandene MEMS Prozesslinien integrieren. Die moderaten piezoelektrischen Koeffizienten und geringe Dielektrizitätskonstante des AlN sind optimal für Applikationen bei denen eine Kombination als Sensor und Aktuator gefordert sind.

AUTOMATISIERTES VIRTUELLES PROTOTYPING FÜR NEUE PACKAGE-GENERATIONEN

Stetig wachsende Anforderungen an intelligente Systeme in verschiedenen Anwendungen erfordern hochgradig miniaturisierte elektronische Lösungen mit neuen Fähigkeiten und Technologien. System-in-Package-(SiP)-Produkte, die auf Fan-out-Wafer-Level-Packaging-(FOWLP)-Technologien basieren, sind in der Lage, viele der Funktions- und Leistungsanforderungen zu erfüllen. Zur Gewährleistung der Zuverlässigkeit dieser Aufbauten müssen die auftretenden Verformungen und thermomechanischen Spannungen, die durch Temperaturänderungen verursacht werden, bei der Entwicklung jedes neuen SiP-Produkts im Rahmen des Qualifikationsprozesses bewertet werden. Das automatisierte virtuelle Prototyping auf Basis der Finite-Elemente-Simulation (FE) ermöglicht die Analyse der thermomechanischen Zustände während der Fertigungsprozesse, Stresstests und unter Betriebsbedingungen innerhalb weniger Stunden und sogar bevor physische Proben hergestellt wurden. Ziel des virtuellen Prototypings ist es, zeitaufwändige Experimente, wie z.B. Temperaturwechsel-Tests, durch schnelle Simulationen zu ersetzen. Das entwickelte Entwurfswerkzeug beinhaltet die Materialcharakterisierung, z.B. durch dynamisch-mechanische Analysen, um die relevanten nichtlinearen Materialeigenschaften von Polymerwerkstoffen abzuleiten sowie die experimentelle Verwölbungsmessung eines SiP-Aufbaus mit dem In-house Messsystem MicroProf und die FE-Analyse mit einem vollparametrischen, modularen FE-Modell. Das entwickelte FE-Modell wird mittels experimenteller Ergebnisse validiert, die belegen, dass die Simulationsergebnisse in gleichem Maße wie die praktischen Stichproben vertrauenswürdig sind. Schließlich erfolgt durch Sensitivitätsanalysen und Designoptimierung die Identifizierung und Kalibrierung aller wesentlichen Parameter für ein optimiertes SiP-Produkt.

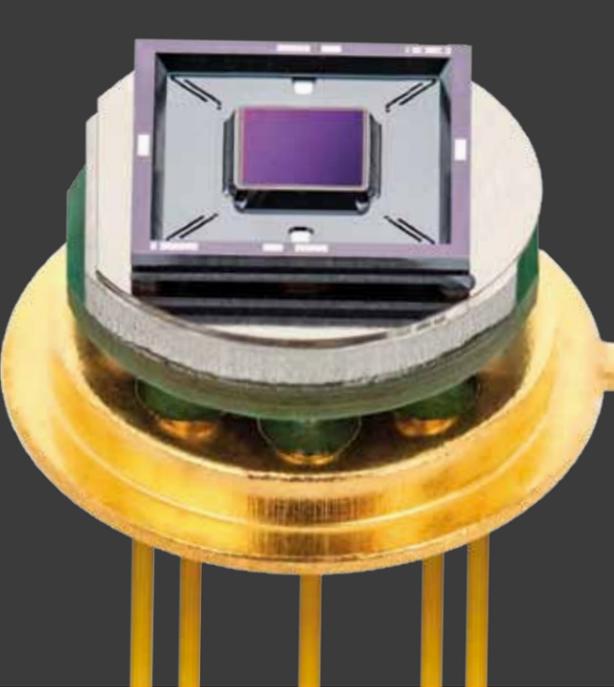


Sensitivitätsanalyse und -optimierung auf Basis der Finite-Elemente-Modellierung.

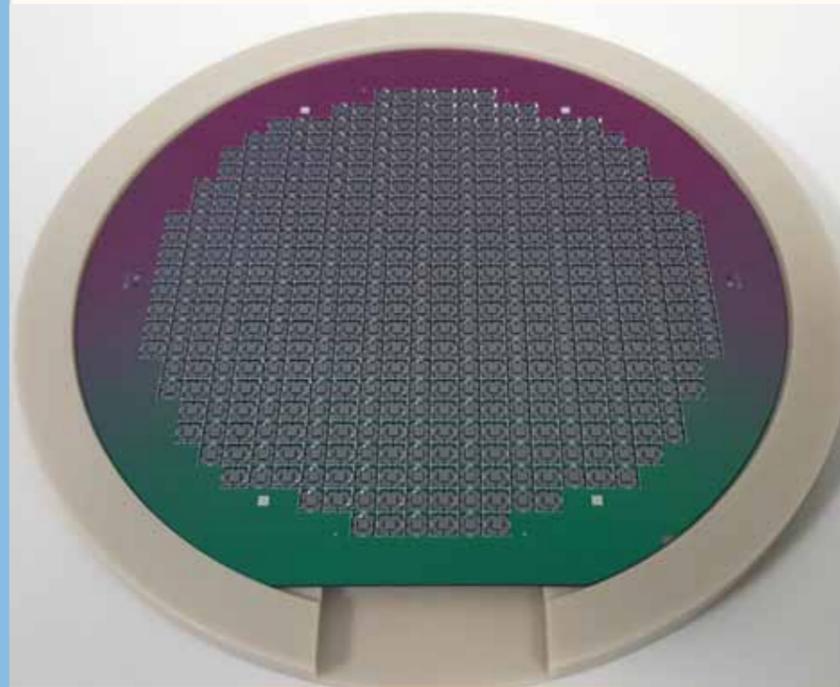
FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- ULTRASCHALLWANDLER
- DESIGN FÜR ZUVERLÄSSIGKEIT

SENSOR AND ACTUATOR SYSTEMS



FPI und Detektor im TO39-Gehäuse (mit freundlicher Unterstützung der InfraTec GmbH - www.infraTec.de).



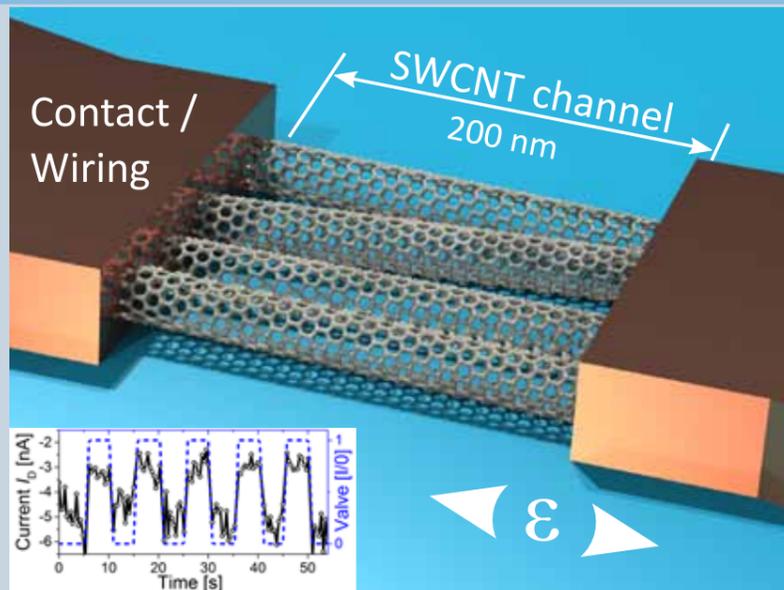
Prozessierter Waferverbund.

FABRY-PÉROT INTERFEROMETER FÜR SENSORANWENDUNGEN IM INFRAROTEN SPEKTRALBEREICH AUF DEM WEG ZUR WEITEREN MINIATURISIERUNG

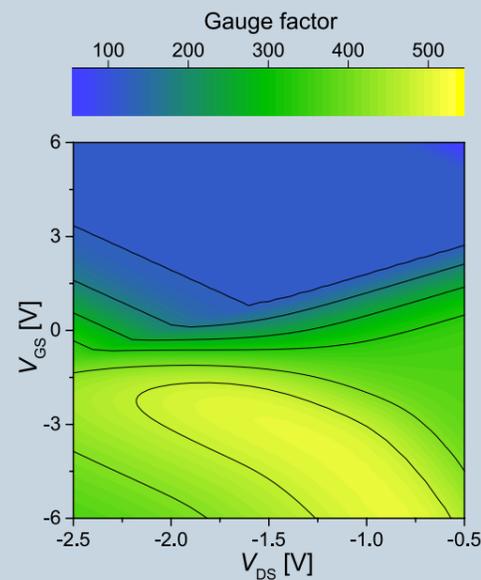
Die in Chemnitz entwickelten Fabry-Pérot Interferometer (FPI) werden genutzt, um elektromagnetische Strahlung im sichtbaren und infraroten Wellenlängenbereich schmalbandig zu filtern. Der spektrale Durchlassbereich kann elektrisch stufenlos eingestellt werden. Insbesondere für Anwendungen im Infrarot-Bereich können in Kombination mit Einzelpunktdetektoren sehr kleine, robuste und preisgünstige spektrale Sensoren hergestellt werden. Das Fraunhofer ENAS kooperiert dabei mit den Firmen InfraTec GmbH Dresden, der Jenoptik Optical Systems GmbH Jena und mit dem Zentrum für Mikrotechnologien der TU Chemnitz, um in einer neuen FPI-Generation durch eine optimierte und kompakte Bauweise eine weitere Miniaturisierung der MOEMS zu erreichen. Bei Beibehaltung einer großen optischen Apertur von $1,8 \times 1,8 \text{ mm}^2$ konnte die Chipgröße von $7 \times 7 \text{ mm}^2$ auf nur noch $5 \times 5 \text{ mm}^2$ verringert werden, so dass auf einem 6-Zoll-Wafer 460 Chips prozessiert werden können. Durch Nutzung einer Anordnung mit zwei beweglichen Reflektorträgern zeichnen sich die FPI durch eine einfache Ansteuerung mit niedrigem Spannungsbedarf sowie eine gute Robustheit gegenüber dem Einfluss der Schwerkraft aus. Mittels Anpassung von Designparametern und des optischen Schichtsystems kann der Arbeitsbereich der Filter an kundenspezifische Anforderungen angepasst werden. Das gesamte Spektrometer findet nunmehr in einem TO39-Gehäuse Platz. Anwendungen finden die miniaturisierten FPI, z.B. in mobilen Spektrometern zur Gasanalyse in der Medizintechnik, Prozesskontrolle und Sicherheitstechnik.

KOHLENSTOFFNANORÖHREN FÜR HOHEMPFINDLICHE DEHNUNGSSENSORIK

Die Fertigung von hochmoderner Elektronik und Sensorik im Rahmen von ausgeprägten Trends wie Industrie 4.0, Internet der Dinge oder flexible/tragbare Elektronik erfordert innovative Ansätze zur Integration neuartiger Materialien. Einer dieser Ansätze ist die Verwendung funktionaler Nanomaterialien wie einwandiger Kohlenstoffnanoröhren (SWCNTs). Die intrinsischen Eigenschaften von SWCNTs, wie beispielsweise das hohe Elastizitätsmodul und die hohe mechanische Zugfestigkeit, sowie die außerordentliche ausgeprägte Piezoresistivität, ermöglichen eine neue Klasse von hochminiaturisierten Dehnungssensoren, die sich durch vielfältige Integrationsmöglichkeiten auf verschiedenen Substraten oder in komplexen Systemen auszeichnen. In den letzten Jahren hat Fraunhofer ENAS in Zusammenarbeit mit der Technischen Universität Chemnitz eine Technologieplattform für die skalierbare Integration und Charakterisierung von CNT-Sensoren auf Waferlevel entwickelt. Die außerordentlich hohe Sensitivität von CNT-basierten Drucksensoren mit Sensitivitätsfaktoren von bis zu $\beta = 800$ ($\beta = \Delta R R_0^{-1} \epsilon^{-1}$) übertrifft konventionelle Silizium-Dehnungssensoren bereits um eine halbe Größenordnung. In weitreichenden experimentellen und theoretischen Untersuchungen ist ein Operationsregime identifiziert worden, welches einen zusätzlichen Anstieg der Sensitivität um bis zu 150 Prozent bewirkt. Aufgrund ihres geringen Energieverbrauchs und Platzbedarfs ist beispielsweise eine effiziente Zustandsüberwachung sicherheitsrelevanter Anwendungen denkbar. Dabei wird die Integration der Sensoren auf unterschiedliche Substrate und Trägermaterialien durch die Bereitstellung einer Vielzahl an Integrations Szenarien dieser CNT-Sensoren gewährleistet.



Schematische Abbildung der CNT-Sensoren auf einer MEMS Membranstruktur und eine experimentell ermittelte Antwortkurve unter zyklischer Druckbeaufschlagung.

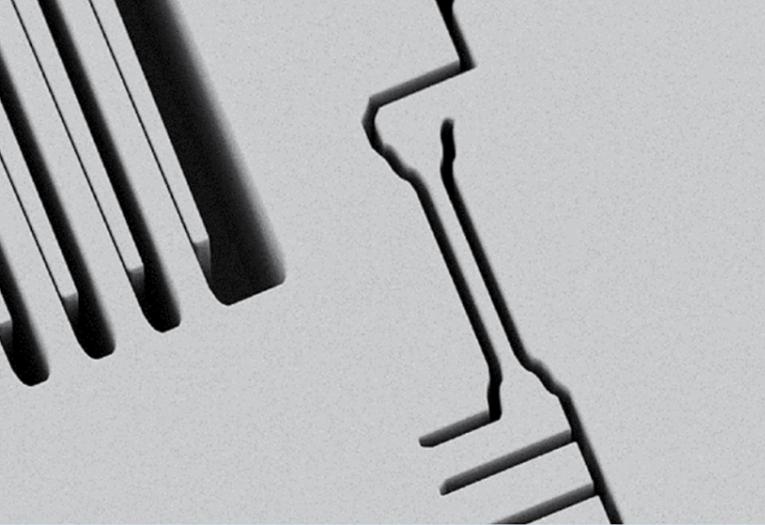


Theoretisch ermittelte Sensitivitätskarte des Sensors unter verschiedenen Betriebsbedingungen.

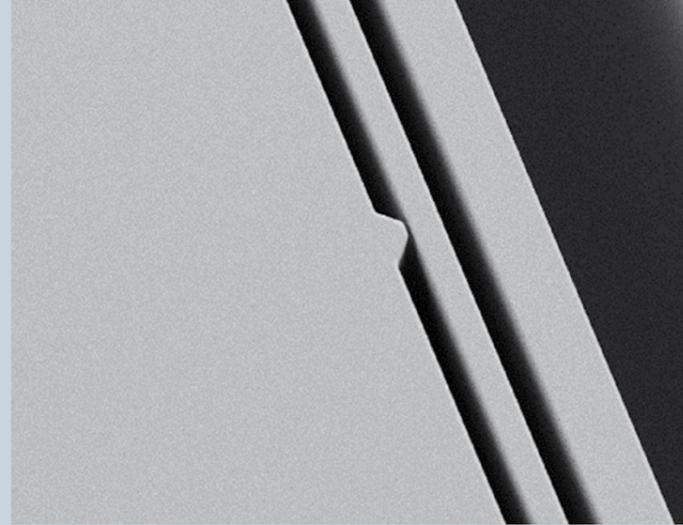
FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- OPTISCHE BAUELEMENTE / MOEMS
- MATERIAL- UND STRUKTURENSORIK

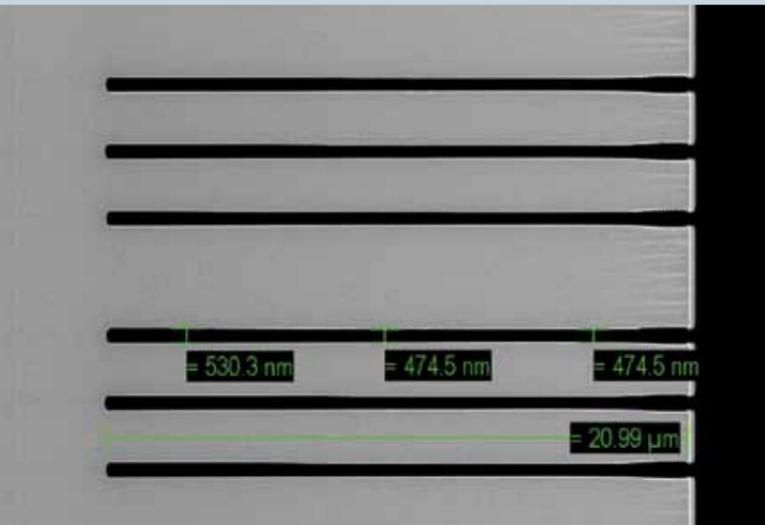
SENSOR AND ACTUATOR SYSTEMS



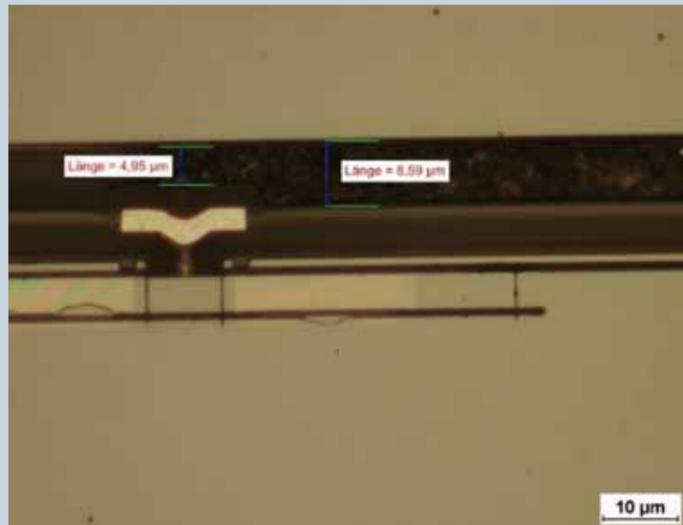
Stressoptimierte Federbefestigung für hohe Beschleunigungen.



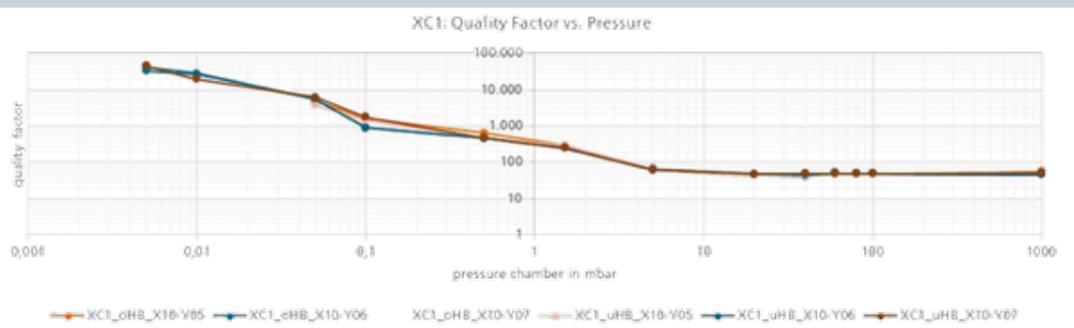
Bewegungstopper mit flexiblem Anschlag.



In Si geätzte Sub- μm -Spalte mit hohem Aspektverhältnis.



Detailaufnahme (Schliff) durch Glasfritt-Bond zwischen Sensorwafer und Deckelwafer.



Bestimmung der Druckabhängigkeit des Gütefaktors ausgewählter Sensoren. (mit freundlicher Genehmigung von Infineon Technologies Dresden)

INTENSE2020: ENTWICKLUNG VON ROBUSTEN BESCHLEUNIGUNGSSENSOREN FÜR AUTOMOTIVE-ANWENDUNGEN

Seit Februar 2018 forscht das Fraunhofer ENAS gemeinsam mit dem ZfM der TU Chemnitz und dem Industriepartner Infineon Technologies Dresden an Beschleunigungssensoren für große Messbereiche (bis zu 500 g) mit hoher Schockbeständigkeit (> 3000 g im Einsatzfall) mit der Zielstellung, diese Sensoren in autonomen Systemen gemeinsam mit Infineon-Drucksensoren in die Reifen von Fahrzeugen zu bringen. Die geforderte Auflösung der Sensoren soll es erlauben, Rückschlüsse auf Geschwindigkeit, Beschaffenheit des Untergrundes und sogar auf die momentane Stellung des Reifens zu ziehen. Dazu ist die Detektion von Beschleunigungen in allen drei Richtungen des Raumes, integriert auf einem MEMS-Chip, erforderlich.

Die Chemnitzer Forschungspartner erarbeiten hierzu innovative Lösungen für das Sensordesign, wie z.B. robuste Gestaltung der flexiblen Aufhängungen der Inertialmassen und flexible Bewegungsstopper. In Kombination mit der weiteren Minimierung der Breite geätzter Spalte bis in den Sub- μm -Bereich, bei gleichzeitiger Erhöhung des Aspektverhältnisses bis ca. 40:1 können sehr kleine, kompakte und empfindliche kapazitive Sensorelemente entwickelt werden. Technologische Skalierungsexperimente wichtiger geometrischer Parameter auf der Basis der etablierten Cavity-SOI-Technologie tragen dazu bei, die technologischen Grenzen einer sinnvollen Minimierung zu ermitteln. Einen weiteren Schwerpunkt bilden Konzepte zur Minimierung von Stresseinflüssen durch Design- und Technologieoptimierung.

Zur Entwicklung einer optimalen, stressarmen Verkapselung der Sensoren auf Waferlevel werden Integrationskonzepte auf der Basis von Waferbondverfahren (Direktes und

Eutektisches Bonden, Glasfritt-Bonden) erarbeitet und mit einem bei Infineon entwickelten »surface micromachined« g-Sensor mit monokristalliner seismischer Masse verglichen. In Dresden hergestellte Sensoren wurden dazu in einem ersten Testdurchlauf mit einem zusätzlichen, mittels Glasfritt-Bonden aufbrachten, strukturierten Deckelwafer versehen. Die Glasfritt-Schicht konnte dabei ein durch den Dünnschichtaufbau erzeugtes Höhenrelief von mehr als 3 μm ausgleichen. In den kommenden beiden Jahren liegt der Fokus auf der Umsetzung und Demonstration neuartiger Integrationsansätze zur Minimierung des Flächenbedarfes für die Bond- und Verbindungsstellen.

Gemeinsam mit den Dresdner Partnern werden die Sensoren einer umfangreichen messtechnischen Charakterisierung unterzogen. Das Fraunhofer ENAS bringt dazu beispielsweise umfangreiche Erfahrungen zum elektrischen und optischen Waferlevel-Test von Sensorparametern wie Kapazitäten, Eigenfrequenzen und Güten ein. Elektrische Messungen der Gütefaktoren auf Waferlevel in der Vakuumkammer an offenen und verkapselten Sensoren, ermöglichten beispielsweise eine Bestimmung der Druckabhängigkeit dieses wichtigen Sensorparameters und einen Vergleich mit den vorausgerechneten bzw. erwarteten Werten. Einen weiteren Schwerpunkt wird die Charakterisierung von Systemparametern von Musteraufbauten mit sowohl MEMS aus der Fertigungslinie bei Infineon als auch mit eigenen MEMS bilden.

Mit den Lösungsansätzen zu Design, Technologie und Charakterisierung möchten die Chemnitzer Partner einen wesentlichen Beitrag zur effektiven Sensorentwicklung und damit zur Verbesserung der Mobilität und Fahrsicherheit unserer Fahrzeuge der Zukunft leisten.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

INERTIALSENSORIK



TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART POWER AND MOBILITY

Know-how und Technologietransfer sowie die Entwicklung von Forschungsmustern und Prototypen im Bereich der Erzeugung und Übertragung von Elektroenergie und im Bereich Transport sind die wesentlichen Leistungen im Angebot des Geschäftsfeldes »Technology and System for Smart Power and Mobility«. Im Fokus stehen Systeme zur Überwachung von Stromleitungen, die Integration von Aktoren zur aktiven Strömungsbeeinflussung an Fahrzeugen und die Optimierung der Zuverlässigkeit der Hochleistungselektronik für Fahrzeuge.

Das Fraunhofer ENAS entwickelt gemeinsam mit Partnern intelligente Sensorsysteme zur Überwachung von Hoch- und Mittelspannungsleitungen inklusive Datenübertragung in die Netzleitstelle. Solche Sensorsysteme werden zur Erhöhung der Stromtragfähigkeit bestehender Stromleitungen, zur Erkennung von Eisbelastungen und zur Verbesserung der Sicherheit und Zuverlässigkeit der Stromnetz-Infrastruktur eingesetzt. Teilentladung, abnormale Temperaturänderung, Vibration und Bewegung sowie Erdschlussfehler und so genannte Wischer (kurzzeitig auftretende Erdschlüsse) werden durch diese Systeme erkannt, lokalisiert und vor Ort ausgewertet. Die Aktivitäten umfassen die Entwicklung von Überwachungssystemen für Hochspannungsfreileitungen, Mittelspannungsfreileitungen und Mittelspannungsleitungen und -Anschlüsse mit Fokus auf zuverlässige und kostengünstige Systeme.

Die Verbesserung der aerodynamischen Bedingungen von Fahrzeugen ist ein weiteres Thema. Im Falle einer Hochgeschwindigkeitsfahrt wird die größte Fahrleistung von Flugzeugen und Autos und Lastwagen durch den umgebenden Luftstrom und die Wirbel zerstreut. Die Beeinflussung des Luftstroms birgt ein hohes Einsparpotenzial. Verschiedene Ansätze werden mit synthetischen Strahlantrieben verfolgt, um den Wirbel durch eine Vielzahl kleiner synthetisch erzeugter querverlaufender Strömungen beeinflussen. Es zielt darauf ab, den Luftstrom um das Fahrzeug zu optimieren. Außerdem stellte sich heraus, dass die Effizienz von Windkraftanlagen durch aktive Strömungssteuerung erhöht werden kann, wenn die Luftströmung um die Flügel durch eine solche Technologie optimiert werden.

Ein weiterer Aspekt ist die Entwicklung von Methoden zur Analyse potentiell auftretender Zuverlässigkeitsprobleme von Hochleistungselektronik und Modulen in Elektrofahrzeugen. Es bietet neuartige Ansätze zur Erkennung von Rissen, Delamination und Übertemperatur-Situationen durch Computersimulation im Voraus und als Teil des Entwurfsprozesses solcher Systeme. Die Methoden umfassen die Kombination verschiedener nachteiliger Wirkungen wie thermomechanischer Beanspruchung und schneller Spannungsänderung, die Kombination von Belastbarkeit, Temperaturänderung und externer mechanischer Belastung und Schwingungen sowie die experimentelle Auswertung und praktische Analyse.

GESCHÄFTSFELD-MANAGER

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

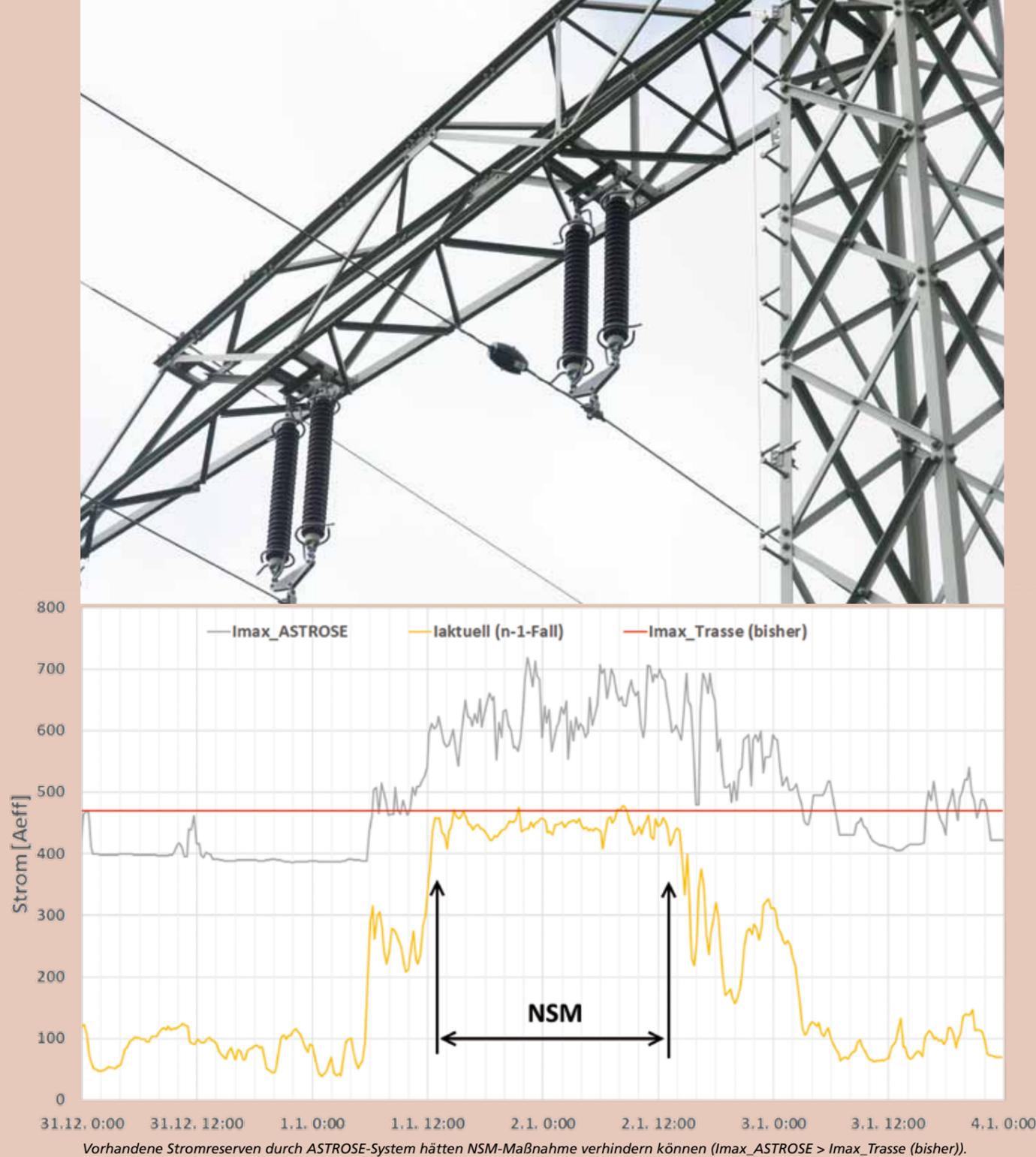
TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART POWER AND MOBILITY

MONITORINGSYSTEME FÜR HOCHSPANNUNGSFREILEITUNGEN UND ALGORITHMEN ZUR ERHÖHUNG DER STROMTRAGFÄHIGKEIT

Das autarke Sensornetzwerk ASTROSE® wurde im gleichnamigen Forschungsprojekt entwickelt und ist in einem Pilotversuch mit 59 Sensorknoten seit September 2014 auf einer 110-kV-Freileitung im Harz im Einsatz. Jeder Sensorknoten misst die Temperatur, die Neigung des Leiterseils sowie den Strom, der durch die Leitung fließt. Diese Messdaten werden anschließend von Sensorknoten zu Sensorknoten bis zur Basisstation per Funk übertragen. In der Vergangenheit wurden diese Daten zur Evaluierung des Systems hinsichtlich technischer Robustheit sowie Zuverlässigkeit verwendet. Erst die Auswertung und Weiterverarbeitung der durch die Sensoren gewonnenen Freileitungsparameter bringt jedoch den eigentlichen Nutzen beim Einsatz derartiger Systeme. Aus den oben angegebenen Messwerten sind primär die Leiterseiltemperatur, der Seildurchhang, die Seilspannung und gegebenenfalls zusätzliche Lasten, wie sie bei Eisansatz entstehen, zu ermitteln. Weiterhin kann durch geeignete Verknüpfung der Messdaten mit Umweltmessdaten die aktuelle und vom Wetter abhängige Stromtragfähigkeit ermittelt werden.

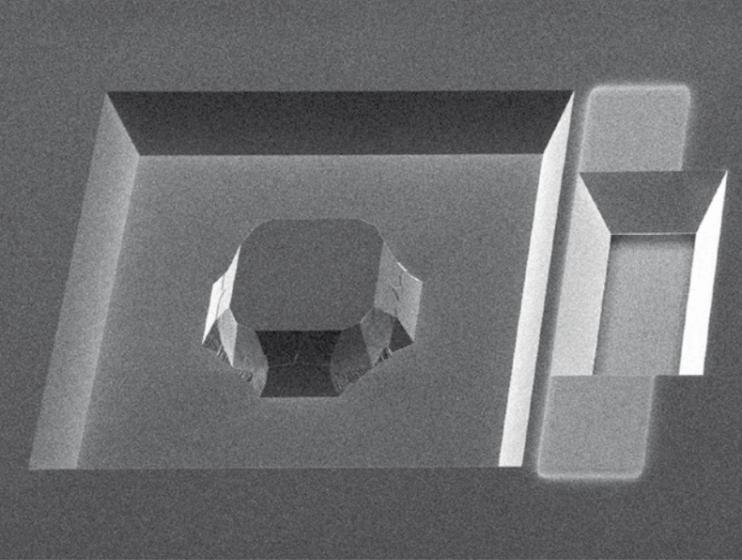
In jüngster Vergangenheit wurde zusammen mit dem Fraunhofer IZM ein Software-Modul entwickelt, welches anhand der aufgenommenen Sensordaten die aktuelle Seiltemperatur jedes Spannungsfeldes ermittelt und eine Hochrechnung der maximalen Stromtragfähigkeit der Trasse durchführt. Dieser Maximalwert wird der Netzleittechnik zur Verfügung gestellt und ermöglicht dem Netzbetreiber, Schwachstellen im Netz aufzudecken (z.B. Spannungsfelder mit zu hoher Seiltemperatur) sowie die Reserven, welche sich in Abhängigkeit von der Witterung ergeben, in der Energieübertragung zu erschließen. Das entwickelte Software-Modul befindet sich aktuell in der

Evaluierungsphase. Deshalb wird wenigstens in der Evaluierungsphase ein Zuverlässigkeitsindikator ermittelt und an die Netzleittechnik weitergegeben, der gegebenenfalls Zustände des Monitoringsystems anzeigt, bei denen Fehlinterpretationen der Werte auftreten könnten. Die ersten Tests und Auswertungen der Daten zeigen, dass Stromreserven ermittelt werden, die ein Abschalten bzw. das Reduzieren der eingespeisten Leistung von in der Nähe befindlichen Windparks, sogenannte Netzsicherheitsmanagement-(NSM)-Maßnahmen, verhindert bzw. reduziert hätten. In der Abbildung ist eine solche Situation exemplarisch anhand eines Diagramms gezeigt. Neben dem nominalen Maximalstrom der Trasse (rote Kurve) ist der aktuelle (n-1)-Strom (gelbe Kurve) dargestellt, wie er durch die Netzleitung aus den aktuellen Netzlasten zu jeder Zeit ermittelt wird. Dieser Strom gibt die maximale Strombelastung der Leitung an, die zustande kommen würde, wenn ein relevantes und wichtiges Betriebsmittel des Netzes gestört wird. Der am 1. Januar kurz nach 12 Uhr stattfindende plötzliche Lastanstieg führt bei der gegenwärtigen Netzführung gerade bis an den Maximalstrom der Leitung heran. Es ist davon auszugehen, dass zu dieser Zeit beginnend eine Entlastungsmaßnahme im Rahmen des Netzsicherheitsmanagements (NSM) durchgeführt wurde, um im Zeitraum bis zum 2. Januar mittags den nominalen Maximalstrom nicht durch den (n-1)-Strom zu überschreiten. Entlastungsmaßnahmen sind im Allgemeinen mit der Reduzierung eingespeister Windenergie verbunden. Das Monitoringsystem ermittelt im angegebenen Zeitraum jedoch eine um wenigstens 100 A höhere Strombelastbarkeit, die dadurch zustande kommt, dass die Leiterseile aufgrund der Witterung stärker gekühlt werden. Bei der Festlegung des nominalen Maximalstromes nach DIN EN 50182 wird von einer Hochsommerwetterlage ausgegangen. Ein Kühleffekt wird nicht berücksichtigt. Im Fall des hier gezeigten Beispiels, wäre die Entlastungsmaßnahme nicht in vollem Umfang nötig gewesen.

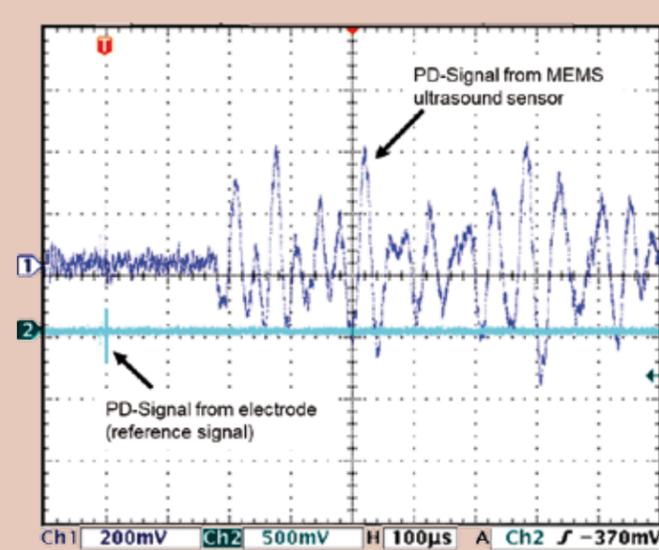


FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

• ÜBERWACHUNG VON HOCHSPANNUNGSFREILEITUNGEN



REM-Aufnahme des Ultraschallsensors mit Membran und Membranversteifung sowie Kontaktbereich (rechts).



Aufnahme eines PD-Signals als Ergebnis einer Detektion durch eine elektrische Sonde (hellblau) und durch den Ultraschallsensor (dunkelblau).

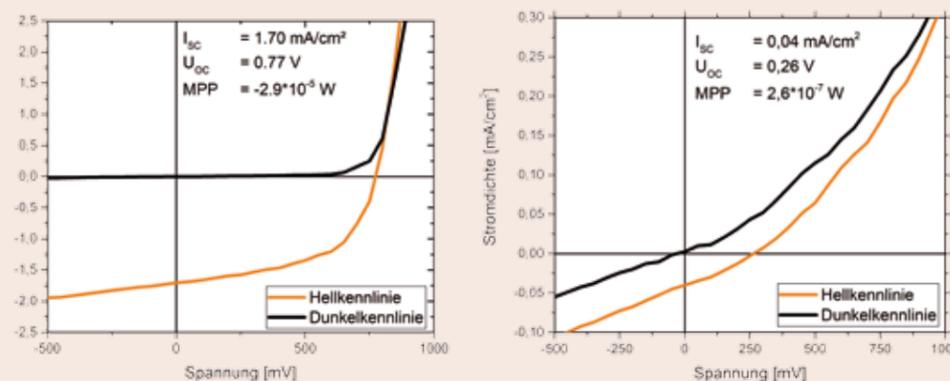
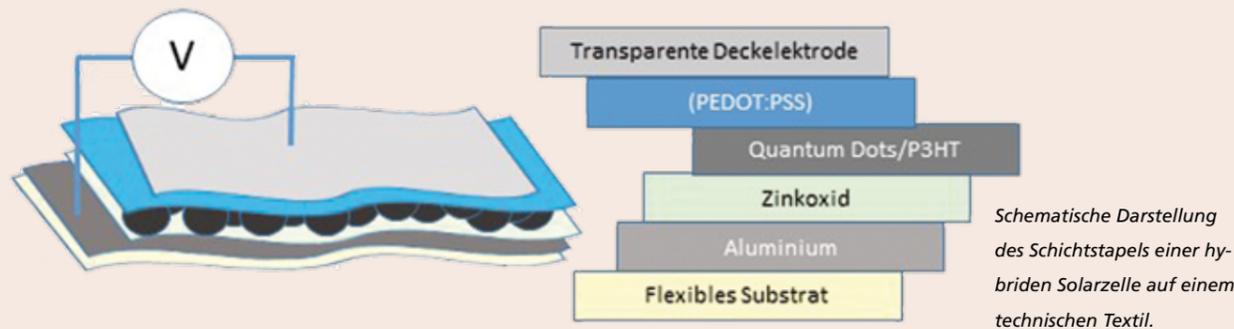
TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART POWER AND MOBILITY

DETEKTION ELEKTRISCHER TEILENTLADUNGEN MITTELS EINGETAUCHTEN MEMS SENSOREN

Zur Detektion von Teilentladungen in ölgefüllten elektrischen Betriebsmitteln für Mittel- und Hochspannung, wie beispielsweise Transformatoren und Peterson-Spulen, sind unterschiedliche Methoden bekannt. Sie basieren einerseits auf der Detektion der elektromagnetischen Wellen, die durch die Teilentladungsströme in einem breiten Frequenzband bis in den UHF-Bereich erzeugt werden. Andererseits ist es auch möglich, die akustischen Wellen, welche durch die mit der Teilentladung verbundenen starken Erhitzung der vom Strom durchflossenen Gebiete im Öl verursacht werden, zu detektieren. Dazu kommen Mikrofone zum Einsatz, die oft als Körperschallmikrofon außen am Gehäuse angebracht werden. In einer Studie wurde untersucht, ob auch ein MEMS-Ultraschallsensor als ein Low-Cost-Bauteil, der unmittelbar im Öl eingetaucht ist, für die Detektion von Teilentladungen geeignet ist. Der eingesetzte Sensor ist als kapazitiver Membransensor mit paralleler Anordnung von fester und beweglicher Elektrode ausgeführt. Eine ätztechnisch hergestellte Membran nimmt den Schalldruck auf und enthält eine zusätzliche ätztechnisch strukturierte Masse im Membranzentrum. Die gesamte Membran bildet die bewegliche Elektrode. Die feststehende Elektrode wird von einem zweiten, elektrisch durch eine SiO_2 -Schicht getrennten Si-Teil gebildet, welcher durch Siliziumdirektbonds an dem Teil mit der Membran verbunden ist. Das rechte Bild zeigt die Signale des MEMS-Ultraschallsensors exemplarisch bei einer Teilentladung von ca. 1000 pC. Das Signal des MEMS Ultraschallsensors ist aufgrund der Schallgeschwindigkeit im Öl gegenüber dem Signal des Referenzsensors zeitlich verzögert.

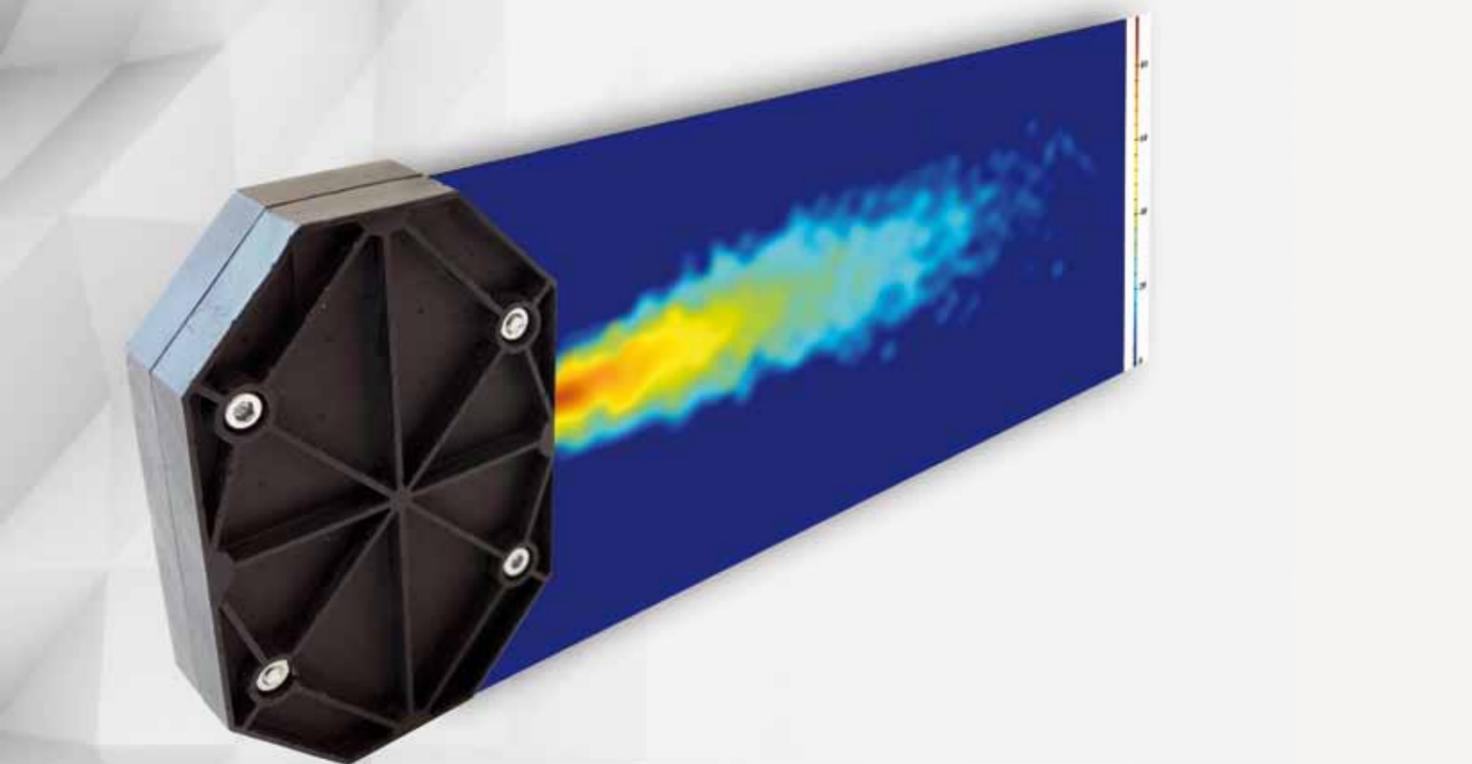
REALISIERUNG VON QUANTUM DOT SOLARZELLEN AUF TECHNISCHEN TEXTILIEN

Die Energiegewinnung durch Solarzellen auf Basis von Silicium gilt heute als etablierte Technologie. Aufgrund der hohen Herstellungskosten von Silicium-basierten Solarzellen wird aber bis heute nach alternativen Systemen gesucht. Ein neues System nutzt Nanomaterialien, d.h. Quantum Dots in der Absorberschicht, welche aufgrund ihrer größenabhängigen Absorptionseigenschaften gezielt an das Sonnenspektrum angepasst werden können. Diese Solarzellen wurden am Fraunhofer ENAS im Rahmen des Projektes »Photo Tex« aufgebaut mit dem Ziel, diese auf technische Textilien zu transferieren um die Funktion der Energiegewinnung direkt zu integrieren. Hierzu wurde ein hybrides Schichtsystem ausgewählt, welches bei Temperaturen von max. 150 °C prozessiert werden kann und keinen Flüssigelektrolyten beinhaltet. Vorversuche wurden auf flexiblen ITO-beschichteten PET-Folien mit folgender Schichtreihenfolge realisiert, wobei Effizienzen von bis zu 0,8 Prozent erreicht werden konnten: PET-ITO/PEDOT:PSS/Quantum Dots-P3HT/Zinkoxid/Aluminium. Für den Aufbau des Schichtstapels auf dem technischen Textil war es nötig, mehrere Anpassungen vorzunehmen. Die Oberflächenrauigkeit musste mit Parylen weiter reduziert werden, um Kurzschlüsse im Nanometer-dicken Schichtstapel zu minimieren und das Quellverhalten der Silikonschicht deutlich zu reduzieren. Aufgrund des intransparenten Textils wurde die Schichtabfolge umgekehrt, so dass die transparente Elektrode als letzte Schicht aufgetragen wurde. Als Folge ergibt sich der nebenstehende Aufbau, mit welchem die Funktionsweise auf Textil gezeigt werden konnte.



FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- ÜBERWACHUNG VON HOCHSPANNUNGSFREILEITUNGEN
- KUNDENSPEZIFISCHE FLEXIBLE SOLARZELLEN



Design fluidischer Aktoren der nächsten Generation.



Das Ziel von TOPWind: Optimierung der Winderntefähigkeit von Windenergieanlagen mittels innovativer Strömungskontrollkonzepte.
Foto: Nicholas Doherty on Unsplash

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- SYNTHETIC-JET-AKTOREN
- AKTIVE STRÖMUNGSKONTROLLE

TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART POWER AND MOBILITY

CLEAN SKY 2

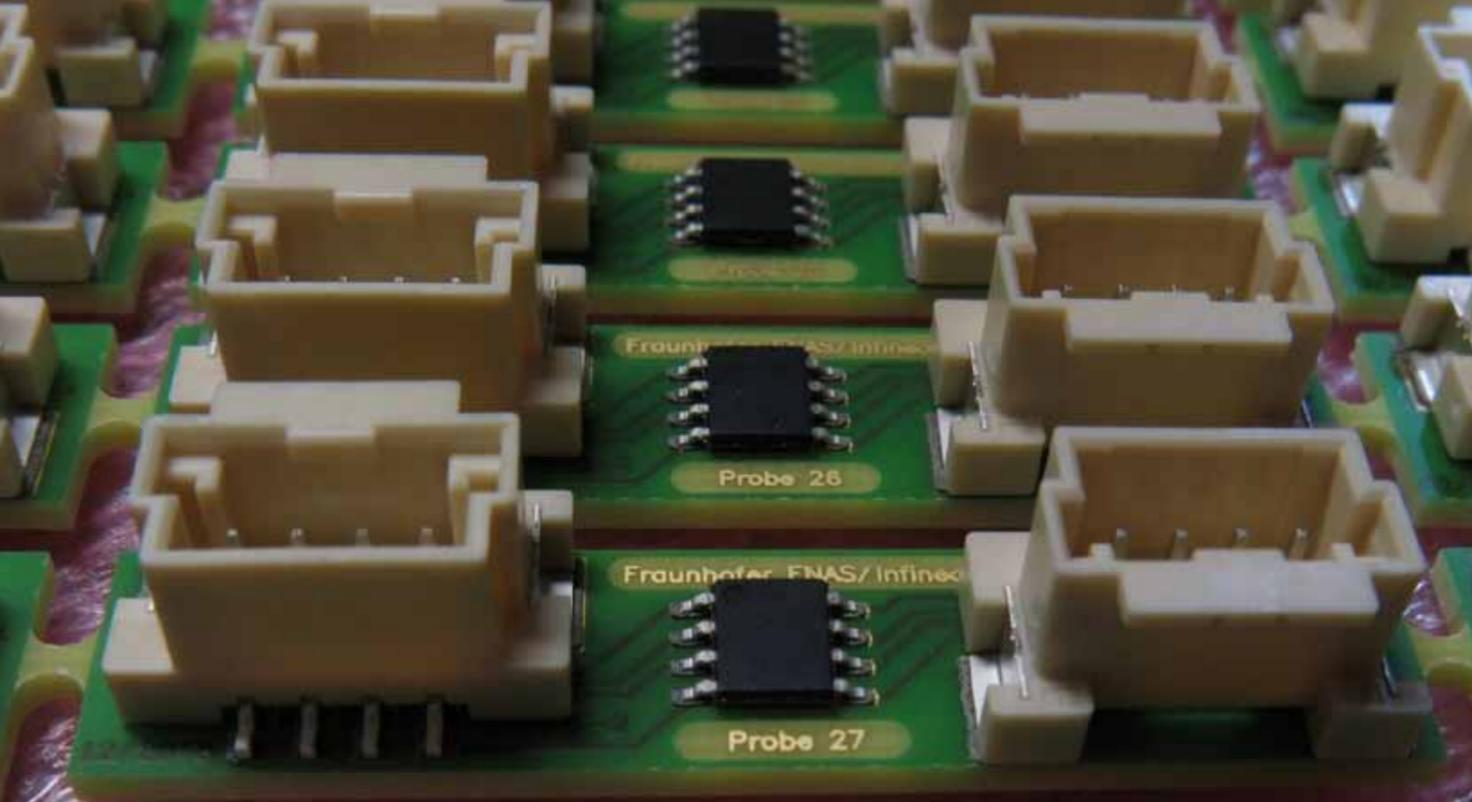
Fraunhofer ist im Rahmen von CleanSky2 an einer der größten europäischen Förderinitiativen beteiligt, bei welcher aussichtsreiche Technologien für die Reduzierung von Emissionen und Lärm im Bereich der Luftfahrt erforscht werden. Fraunhofer ENAS leistet dabei Beiträge zu zwei Technologieströmungen (ITDs): Airframe und Large Passenger Aircrafts.

Die Zielsetzung im ITD Airframe ist die Entwicklung einer einstellbaren Flügelvorderkante, die sogenannte Morphing Leading Edge, welche zur Effizienzsteigerung des Flugzeugs beitragen soll, indem die aktuelle Flügelgeometrie durch eine Verformung der Vorderkante optimal an die jeweilige Flugsituation z.B. Start, Cruise oder Landung angepasst wird. Fraunhofer ENAS beteiligt sich im ITD Airframe mit der Entwicklung eines Steuerungs- und Kontrollsystems für die zur Vorderkantenverschiebung notwendigen Aktorik. Im Jahr 2018 konnte die vorläufige Designphase abgeschlossen und in die detaillierte Design- und Umsetzungsphase eines Demonstrators übergegangen werden.

Im ITD Large Passenger Aircraft werden leistungsstarke fluidische Aktoren zur aktiven Strömungskontrolle erforscht und entwickelt, welche in unterschiedlichen Bereichen zum Einsatz kommen und die Basis für eine zukünftige steuerbare Optimierung der Aerodynamik von Luftfahrzeugen bilden. Basierend auf den Ergebnissen des europäischen Forschungsprojekt AFLoNext wird eine neue Generation von Aktoren entwickelt, welche eine deutliche Steigerung von Leistung, Zuverlässigkeit und Robustheit bietet. Aktuell sind erste Prototypen verfügbar, welche im weiteren Projektverlauf mit einer speziell dafür entwickelten Elektronik ausgestattet und für geplante Tests vorbereitet werden.

TOPWIND

Das übergeordnete Ziel des Verbundvorhabens TOPWind ist die Entwicklung von neuen Ansätzen, wie die Integration aktiver Elemente, die in der Lage sind, die Strömung zu beeinflussen und somit auf die Aerodynamik von Rotorblättern einzuwirken. In diesem Rahmen beabsichtigt das vorliegende Verbundvorhaben 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 TOPWind. Dabei deckt Fraunhofer von der numerischen Untersuchung über die Entwicklung von Aktorik und Systemen bis hin zum Test alle Forschungsbereiche ab. Darüber hinaus leitet und koordiniert Fraunhofer das Gesamtvorhaben TOPWind. Fraunhofer ENAS hat sich als Institut im Bereich der smarten Systemintegration in Projekten wie beispielsweise CleanSky und AFLoNext eine solide Expertise im Bereich der Aktorik für aktive Strömungsbeeinflussung aufgebaut. In TOPWind entwickelt das Fraunhofer ENAS Strömungskontrollaktoren für Windtunnel- und Robustheitstests. Aktuell sind erste Prototypen verfügbar, welche im weiteren Projektverlauf hinsichtlich Robustheit optimiert und für geplante Tests vorbereitet werden. Die Integration der Aktorik in Leichtbaustrukturen ist dabei ein zentraler Gedanke bei der Auswahl von Materialien, sowie der Umsetzung eines geeigneten Aktordesigns.



DIL 8 (Dual in Line)-Package mit integriertem Stressmesschip zur in-situ Analyse von Prozess- und Lebensdauerbedingungen.

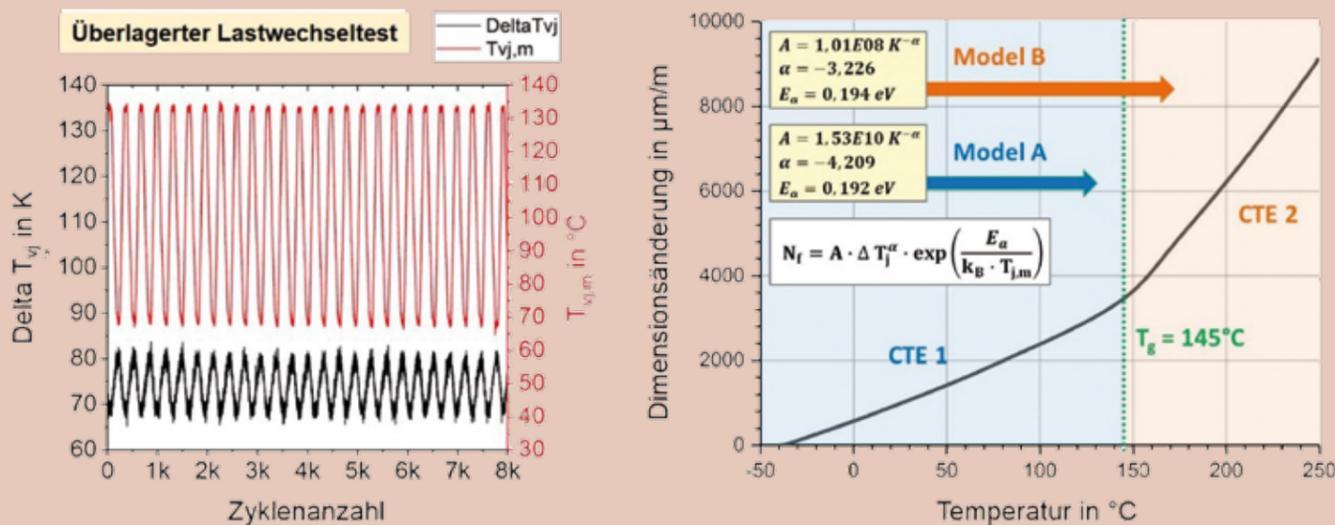
TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART POWER AND MOBILITY

STRESSMESSTECHNIK UND FE-SIMULATION FÜR HAFTFESTIGKEITS-UNTERSUCHUNGEN IN GEMOLDETEN PACKAGES

Die Detektion von thermo-mechanischen Beanspruchungen innerhalb von Komponenten der Mikroelektronik stellt eine große Herausforderung dar. Klassischer Weise wird das Versagen von Komponenten in der Technologie- und Produktentwicklung durch äußere Belastungen (Temperatur-Wechselbelastung) erwirkt. Aus dem Zusammenhang von äußerer Belastung und Ausfallmechanismus werden entsprechende, z.T. numerisch gestützte, Versagensmodelle erstellt, die zu einer Abschätzung der Lebensdauer dienen. Diese Vorgehensweise ist sehr langwierig und liefert keine Rückschlüsse auf die intrinsischen Beanspruchungszustände. Änderungen z.B. der Geometrie der Komponenten erfordern dann neue Lebensdauerversuche. Die Implementierung/Substitution von bereits entwickelten Stressmesschips (CMOS-Technologie) in elektronische Aufbauten erlaubt die Bestimmung der mechanischen Spannungen in Abhängigkeit von der äußeren Belastung, die weiterführend prozess- als auch betriebsbegleitend ausgelesen werden können. Derzeitiger Forschungsgegenstand ist nun zunächst die Überwachung der Prozessketten, d.h. vom initialen Zustand des Chips über den Packaging-Prozess bis hin zur Montage auf einer Leiterplatte. Im Anschluss werden Informationen über die interne Beanspruchung bei thermo-mechanischer Wechselbelastung (als Abbildung der Belastung unter Einsatzbedingungen) aufgezeichnet und mit dem auftretenden Versagensfortschritt (Grenzflächendelamination) korreliert. Die Untersuchungen werden begleitet mit zerstörungsfreien Methoden zur Defektanalyse wie Computertomografie und Akustischer Mikroskopie (Nanotom, SAM), sowie Haftfestigkeitsuntersuchungen an Package-Grenzflächen. Zielstellung ist es, Lebensdauermodelle basierend auf Beanspruchungsgrößen (mechanische Spannung oder Dehnung) zu erstellen, die für eine Vielzahl von Komponenten Gültigkeit besitzen und somit die Anzahl von langwierigen Lebensdauer tests reduzieren können.

AKTIVE UND PASSIVE TEMPERATURWECHSELTESTS FÜR AUTOMOBILANWENDUNGEN

Die Lebensdauermodellierung von (leistungs-)elektronischen Bauelementen stellt einen wichtigen Aspekt der Zuverlässigkeitsforschung dar. Typischerweise basiert sie im Bereich der Leistungselektronik auf standardisierten Power Cycling (PC) Tests. Deren Grundprinzip besteht darin, über zyklisch eingebrachte Leistungsverluste die typischen, thermo-mechanisch bedingten, Ausfallmechanismen im Prüfling zu induzieren. Im Rahmen umfangreicher Untersuchungen wurden verschiedene Lastprofile appliziert, um die Lebensdauerabhängigkeit diskreter Leistungsbaulemente von unterschiedlichen Lastfaktoren, wie Sperrschichttemperaturhub, absolutes Temperaturniveau oder Einschaltzeit, zu betrachten. Die Anpassung der experimentellen Testergebnisse erfolgte hierbei auf Basis der bekannten LESIT-Gleichung. Obwohl das abgeleitete Lebensdauermodell eine sehr gute Übereinstimmung mit den Testdaten zeigte, konnte es die Testergebnisse von zusätzlich durchgeführten PC-Tests, welche mit passiven Temperaturzyklen überlagert wurden und somit einen nochmals realistischeren Lastfall darstellen, nicht vorhersagen. Die weitere Analyse ergab, dass die Ursache hierfür in der Vergussmasse der Bauelemente, konkret in deren Glasübergangstemperatur T_g , zu finden ist. D.h., für die Modellierung mussten bezüglich den Testdaten zwei Gruppen separat betrachtet werden: eine davon umfasste nur Testfälle, in denen die applizierten Testtemperaturen unterhalb von T_g lagen, die andere Gruppe Testfälle, in denen die Temperaturen T_g überschritten. Mit dieser Gruppierung war es schließlich möglich, die Lebensdauerwerte der überlagerten Testergebnisse vorherzusagen.



Beispielhafter Verlauf eines überlagerten Lastwechseltests (links) sowie Einführung von fall-sensitiven Lebensdauermodellen (rechts), welche in Abhängigkeit der Glasübergangstemperatur T_g (Vergussmasse) angewandt werden – Model A: $T_{vj,max} < T_g$, Model B: $T_{vj,max} \geq T_g$

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- ZUVERLÄSSIGKEIT
- AUTOMOBIL-ANWENDUNGEN

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 Gesundheit und insbesondere in der Medizintechnik. Die medizinische Kompetenz wird mit Hilfe von Partnern, Beratern und externen Experten ergänzt.

Im Bereich Implantate werden alle Arbeiten zusammengefasst, die miniaturisierte und implantierbare Sensor- und Aktorsysteme zum Ziel haben. 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 biologisches Gewebe und technisches Gerät, aber auch die Verwendung von MRT-verträglichen Materialien sowie die drahtlose Daten- und Energieübertragung.

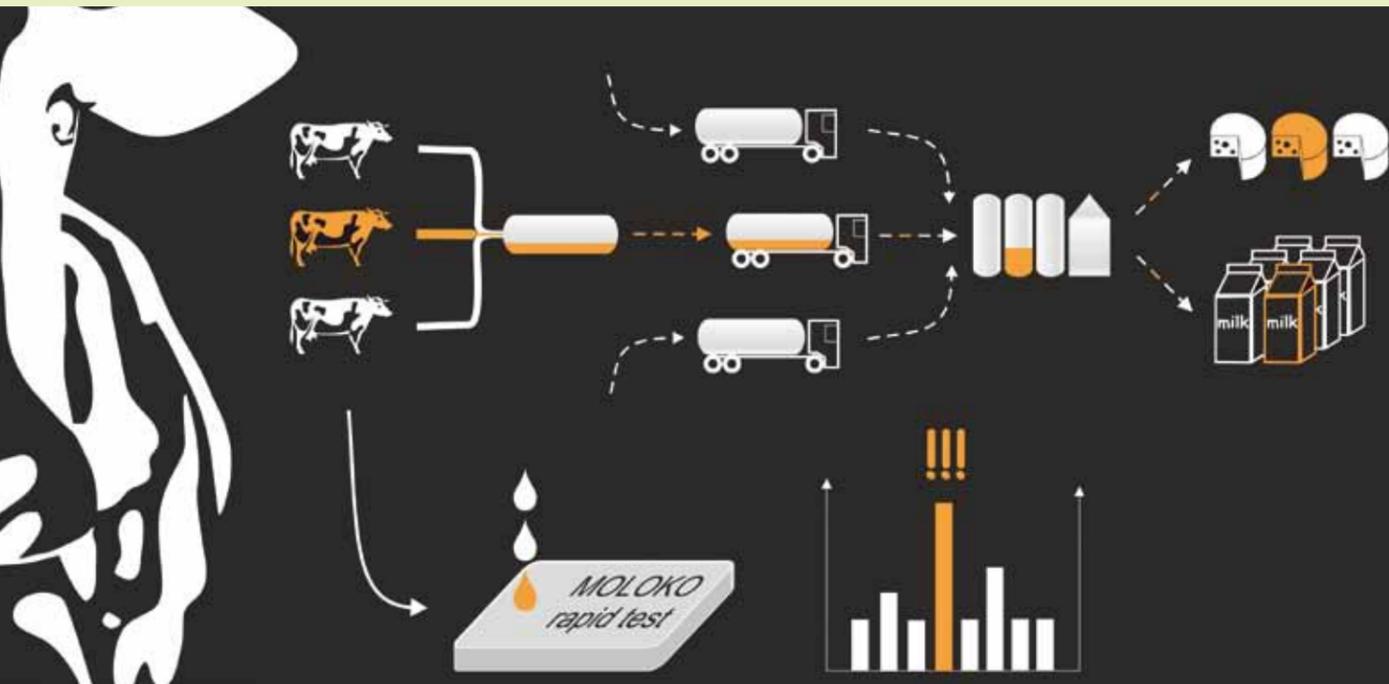
Im Bereich Messtechnik/Analytik sind die Arbeiten zu (diagnostischen) Analysesystemen zusammengefasst, welche durch mikrofluidische und/oder spektroskopische Komponenten gekennzeichnet sind. Ziel der Entwicklungen ist die Miniaturisierung und Automatisierung etablierter Analyseverfahren in portablen 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



Vorstellung der Kanadisch-deutschen Industriekooperation beim Bundesminister für Wirtschaft und Energie Peter Altmaier.



Im Rahmen des Projekts MOLOKO wird ein neuartiges Testsystem zur schnellen und vor Ort durchgeführten Analyse von Lebensmittelqualität und Sicherheitsparametern der Milch entwickelt.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- PIEZOELEKTRISCHE MIKROSYSTEME FÜR OCT
- SCHNELLTEST FÜR NAHRUNGSMITTELKONTROLLE

TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART HEALTH

PIEZOELEKTRISCHE MIKROSENSOREN FÜR OCT

Am Fraunhofer ENAS werden piezoelektrische Mikrosysteme mit Aluminiumnitrid (AlN) entwickelt. Diese piezoelektrischen Wandler stoßen in der Industrie auf hohes Interesse als Aktuator- und Sensormaterial. Um diese industriellen Anwendungen zu ermöglichen hat ein Konsortium, bestehend aus dem Fraunhofer ENAS (Kompetenz: Piezoelektrische Mikrosysteme), der kanadischen Firma Preciseley Microtechnology Inc. (Kompetenz: Elektrostatische Mikrosysteme) und EDC Electronic Design Chemnitz GmbH (Kompetenz: ASIC Entwicklung) sich zwei technischen Herausforderungen gestellt. Zum einen wurden die piezoelektrischen Wandler u.A. als Positionssensoren erfolgreich in die industrielle Großserientechnologie des kanadischen Projektpartners integriert. Darüber hinaus haben die Projektpartner einen ASIC zur schnellen, rauscharmen Auswertung kleinster Sensorsignale realisiert. Die technischen Entwicklungen ermöglichen beispielsweise eine Miniaturisierung hin zu hochpräzisen endoskopischen Systemen für die optisch kohärente Tomographie (OCT). Somit kann eine Entwicklung aufgezeigt werden die OCT nicht nur in der Augenheilkunde (ex-vivo), sondern auch für nicht invasive endoskopische in-vivo-Diagnostik zu nutzen. Die technische Neuentwicklung wurde durch eine Förderung des BMWi (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie) und der EDT (Economic Development and Trade) im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) ermöglicht. Zum Innovationstag Mittelstand 2018 der AiF (Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen) wurde ein Projektdemonstrator als Beispiel neuester technischer Entwicklungen im Bereich der Mikrosysteme dem deutschen Bundesminister für Wirtschaft und Energie, Peter Altmaier, vorgestellt.

MOLOKO – NEUE SCHNELLTESTS FÜR NAHRUNGSMITTELQUALITÄT UND TIERGESUNDHEIT IMPLANTATE

Immer komplexere, globale Lieferketten für Nahrungsmittel erfordern ein hohes Vertrauen der Konsumenten in die Qualität und Sicherheit der Produkte. Betrugsfälle, wie vorsätzliche Falschetikettierung minderwertiger Produkte, oder auch die Verbreitung von Toxin-belasteten Lebensmitteln zeigen die Angreifbarkeit dieser. Obwohl Analyseverfahren für die meisten Qualitäts- und Sicherheitsparameter von Lebensmitteln zur Verfügung stehen, werden sie nicht standardmäßig eingesetzt, da sie umfangreiche Laborausrüstung und geschultes Personal benötigen. Im europäischen Projekt MOLOKO (Vertragsnummer 780839) wird nun ein neuartiger plasmonischer Sensor samt Testsystem entwickelt, der eine schnelle Vorortanalyse von Qualitäts- und Sicherheitsparametern von Milch ermöglichen soll. Das Konsortium besteht aus Forschungsinstituten und Firmen, darunter Molkereien, aus insgesamt 7 europäischen Ländern. Im Projekt entwickelt das Fraunhofer ENAS den mikrofluidischen Chip für den neuen plasmonischen Sensor. Für die Analyse wird automatisch eine Probe aus einer Milchleitung entnommen. Das mikrofluidische System bereitet die Probe für die Analyse vor, indem die Milch filtriert und verdünnt wird. Der integrierte Sensor bietet die Möglichkeit einer sechsfachen Multiplexanalytik inklusive Kalibrierung mit anschließender Regeneration der Sensoroberfläche. Neben den gewonnenen Informationen zur Milch an sich, erlauben die gemessenen Parameter auch Rückschlüsse auf die Gesundheit und Leistung jeder einzelnen Kuh. Langfristig können diese Daten auch für die Züchtung von Kühen mit bevorzugten Milchmerkmalen genutzt werden.

Weiterführende Informationen finden sich unter www.moloko-project.eu.



Im Projekt »Microfluidic Based Detection of Microbial Communities and Antibiotic Responses in the Management of Diabetic Foot Ulcers« (MIDARDI) arbeitet ein Team aus indischen Experten der Achira Labs Ltd. und der Manipal Universität sowie deutschen Experten der BiFlow Systems GmbH, des Fraunhofer IZI-BB und des Fraunhofer ENAS zusammen.



Fraunhofer ENAS entwickelt im Rahmen des von der Fraunhofer-Gesellschaft geförderten Projekts »bioElektron – Biologisch abbaubare Elektronik für aktive Implantate« gemeinsam mit anderen Fraunhofer-Instituten biologisch abbaubare gedruckte passive und aktive mikroelektronische Komponenten.

TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART HEALTH

MIDARDI – FÜR DIE BESSERE VERSORGUNG DIABETISCHER FÜSSE

Mikrofluidisches Probenhandling und maßgeschneiderte Biotechnologie sind Schlüsseltechnologien für schnelle und verlässliche Pathogendetektion am Ort der Behandlung. Während für die Bestimmung einzelner Pathogene bereits Teststreifen-basierte Nachweissysteme verfügbar sind, ist diese Technologie für die Analyse komplexer Erregerpopulationen, wie beispielsweise Wundflüssigkeit, nicht geeignet. Im Projekt »Mikrofluidik-basierte Detektion von mikrobakteriologischen Stämmen und deren Antibiotika-Resistenzen in der Behandlung von Diabetes-Fuß-Geschwüren« (MIDARDI) arbeitet Fraunhofer ENAS mit einem Team deutscher (Fraunhofer IZI-BB, BiFlow Systems GmbH) und indischer (Manipal University, Achira Labs Ltd.) Experten zusammen. Ziel des Projektes ist ein Vorortnachweis von pathogenen Erregern in Wunden und die Bestimmung eventueller Antibiotikaresistenzen, um schnell eine gezielte Behandlung einleiten zu können. Das Fraunhofer ENAS hat sich im Projekt vor allem auf die Probenvorbereitung inklusive DNA-Amplifikation, DNA-Verdau und DNA-Hybridisierung konzentriert. Der Hintergrund des Projektes ist die stetige Zunahme von Adipositas und Typ-2 Diabetes in Indien und Europa. Diese Erkrankungen gehen häufig mit Neuropathien und damit einer Reduktion des Gefühlssinns einher. Die Patienten bilden vor allem im Fußbereich häufig Wunden mit gestörter Wundheilung aus. Da die traditionellen Analysemethoden mehrere Tage benötigen, besteht ein starker Bedarf an einem Schnelltest zur Bestimmung der Leitkeime sowie deren Antibiotikaresistenz.

Das Konsortium wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF sowie dem Indo-Germanischen Zentrum für Wissenschaft und Technologie (IGSTC) gefördert (Förderkennzeichen: 01DQ15017A).

MAVO BIOELEKTRON

Medizinische Eingriffe sind immer schwerwiegend für den menschlichen Körper. In bestimmten Fällen sind sogar mindestens zwei hiervon erforderlich: der erste, um eine Elektrode in den Körper einzubringen, und der zweite, um sie wieder zu entfernen. Basierend auf diesem Szenario wäre es gut, wenn alles Material, das in den Körper eingebracht wird, dort verbleiben kann und selbstständig degeneriert. Für diesen Anwendungsfall erforschen die Fraunhofer-Institute ENAS, IBMT, ISC und IWKS, geleitet vom FEP, geeignete Materialien. Darüber hinaus wird auch eine in-situ Signalverstärkung untersucht, bei der Transistoren aus Zink oder Polymermaterialien verwendet werden, welche aus bio-degradierbaren Materialien hergestellt sind.

Beim Fraunhofer ENAS werden alle biologisch abbaubaren passiven und aktiven Komponenten sowohl durch Inkjet- bzw. Aerosol Jet Drucktechnologie mit angepassten Nachbehandlungsverfahren hergestellt, um zukünftige Herstellverfahren für medizinische Implantate zu etablieren. Das Ziel dieser gedruckten, bio-degradierbaren Implantate ist es, ortsgenau eine Körperspannung zu messen oder eine Stimulation im menschlichen Körper zu erzeugen, um bestimmte Signale zu erfassen oder Impulse auszulösen. Dabei können Synergien der digitalen Fertigungswerkzeuge wie der Inkjet- oder Aerosol Jet Drucktechnologie genutzt werden, indem diese zum präzisen Abscheiden von biologisch abbaubaren Funktionsmaterialien wie Leitern, natürlichen Dielektrika und Halbleitern eingesetzt werden. Hierbei werden unterschiedliche Anforderungen in den rheologischen Eigenschaften genutzter Tintensysteme wie Partikelgrößenverteilung oder Viskosität durch Wahl des Druckprozesses kompensiert.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- **VOR-ORT-TESTS**
- **BIO-DEGRADIERBARE GEDRUCKTE KOMPONENTEN**



TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART PRODUCTION

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

Mit digitalen Fertigungsverfahren wie dem Inkjet- und dem Aerosol Jet-Druckverfahren wird die ressourcenschonende Serienfertigung intelligenter und individualisierter Produkte bis hin zur Stückzahl 1 ermöglicht. Die dazu notwendigen smarten Produktionsumgebungen werden durch eigene Sensorlösungen unterstützt. Dazu zählen insbesondere Sensorlösungen, welche ein Maschinenzustands- und Prozessmonitoring innerhalb der Produktion sicherstellen. So geht es z. B. neben der Implementierung der Plug and Play Funktionalität beim Austausch von Sensoren in Produktionsumgebungen um die Entwicklung neuer Sensorsysteme für Harsh Environments bzw. um die Überwachung von Produktionshilfsmitteln wie Fetten und Ölen oder die Kontrolle der Luftqualität.

GESCHÄFTSFELD-MANAGER

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



Herstellung von Funktionsschichten mittels 6-Achs-robotergestützter Inkjet-Drucktechnologie zur Herstellung von Kabelbäumen auf Fahrzeugteile.



Integriertes Sensorsystem zur genauen Überwachung von Temperatur und Kraft in einem Kugelgewindtrieb.



Kugelgewindtrieb mit integriertem Sensorsystem.

TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART PRODUCTION

DIGITALE FERTIGUNG IN DER MASSENPRODUKTION – FUNKTIONSDRUCK AUF 3D OBJEKTE

Die automatisierte Fertigung von individualisierten Produkten rückt immer deutlicher in den Fokus bedeutender Märkte wie Automobil, Luftfahrt und Beleuchtung und den entsprechenden Industrien. Um diesen Trend in der Produktion abzubilden, sind Technologien erforderlich, die die effiziente Fertigung von Unikaten unter Nutzung der wirtschaftlichen Vorteile der Massenproduktion gestatten. So entwickelt gegenwärtig das Fraunhofer ENAS gemeinsam mit Fraunhofer Partnerinstituten unter Verwendung von digitalen Drucktechnologien (Inkjet-Druck und Dispensen) Verfahren, um Produkte während der Standard-Produktion digital gesteuert zu individualisieren. Ganz konkret wird hier der Funktionsdruck auf 3D Objekten entwickelt. Es werden Funktionstinten mit elektrisch leitfähigen und dielektrischen Eigenschaften verwendet, um etwa Kabelbäume oder gar komplexe Sensorsysteme auf beliebige 3D Objekte zu drucken. Für das Drucken auf 3D Objekte werden die Digitaldrucksysteme auf Roboterarme montiert. Dies erlaubt eine Anwendung der Drucktechnologie auf beliebig geformte und ausgeprägte Objekte. Die Abbildung zeigt beispielhaft die Herstellung von Funktionsschichten mittels 6-Achs-robotergestützter Inkjet-Drucktechnologie zur Herstellung von Kabelbäumen auf Fahrzeugteilen. Das Fraunhofer ENAS führt erfolgreich umfangreiche Forschungsarbeiten durch, um die Herausforderungen Haftfestigkeit von gedruckten Schichten und Realisierung von homogenen elektrischen Leitern auf gekrümmten Oberflächen des Funktionsdrucks auf 3D Objekte zu überwinden. Es zeigte sich, dass die Wahl und Anpassung von Material- und Druckparametern die Schlüssel zum Erfolg sind.

STRUKTURINTEGRIERTE, DRAHTLOSE SENSORIK UND AKTORIK IM MASCHINENBAU (SDSEMA)

Die vierte industrielle Revolution verändert den Wirtschaftsstandort Deutschland. Produktentwicklung, Produktion, Logistik und Kunden werden vernetzt. Es entsteht eine intelligente, wandelbare, effiziente und nachhaltige Produktion, welche in kürzester Zeit auf Marktänderungen reagieren kann. Ein bedeutsamer Baustein dieser Entwicklung sind sensorgestützte Produktionsressourcen. Für inhärente Steuerungsfunktionen erfassen zahlreiche Sensoren in Echtzeit Auslastung, sowie Betriebs- und Wartungszustände wesentlicher Maschinenkomponenten. Bewertete Sensordaten werden drahtlos an übergeordnete Planungs- und Steuerungssysteme kommuniziert. Im Projekt SdSeMa des Leistungszentrums »Funktionsintegration für die Mikro- und Nanoelektronik« arbeiteten die Fraunhofer-Institute ENAS, IIS/EAS, IPMS, sowie IZM/ASSID unter maßgeblicher Mitwirkung von Fraunhofer IWU und Fraunhofer IKTS an neuen Technologien zur Strukturintegration von Sensoren und Aktoren in Maschinenkomponenten. Die Ergebnisse wurden exemplarisch an einem Kugelgewindtrieb demonstriert. Die Herausforderung bestand darin, die für den Maschinenbau bedeutsamen Messgrößen Kraft, Temperatur, Beschleunigung und Vibration für höchste Genauigkeit direkt am Entstehungsort zu messen. Daher wurden miniaturisierte Sensorsysteme entwickelt, welche zusammen mit vernetzten und energieeffizienten Informationsverarbeitungsmodulen in die verschiedensten Maschinenkomponenten integriert werden können. Aktuelle Kommunikationstechnologien wurden zur drahtlosen Datenübertragung an IoT-Gateways verwendet. Die entwickelten Technologien zeichnen sich durch exzellente Integrationsfähigkeit aus und können in vielen Anwendungen eingesetzt werden.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- INDIVIDUALISIERTE PRODUKTION VON SERIENTEILEN
- SENSORIK UND AKTORIK IM MASCHINENBAU

TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART PRODUCTION

GEDRUCKTE HOCHEMPFLINDLICHE KOMPOSIT-FECHTESENSOREN

Vor dem Hintergrund der Digitalisierung, Smart Living und Industrie 4.0 besteht ein großer Bedarf an universell einsetzbaren und kostengünstigen Sensoren. Das gilt auch für Feuchtesensoren. Hier reicht das Anwendungsspektrum von der Überwachung der Luftfeuchtigkeit in Gebäuden und Produktionshallen, über das Feststellen von (Kondens-) Feuchtigkeit in Geräten oder Verpackungen bis hin zum Condition Monitoring an Leichtbaumaterialien. Feuchtesensoren auf der Basis von Nano- oder Mikrokompositen vereinen die Vorteile von Polymeren und Keramiken, wie beispielsweise einfache Herstellung und hohe Empfindlichkeit, und bilden damit eine ausgezeichnete Grundlage für vielfältigste Anwendungen.

Am Fraunhofer ENAS wurden derartige Komposit-Feuchtesensoren komplett mit Siebdrucktechnologien in verschiedenen Layouts und mit aktiven Flächen im Größenbereich von einem bis zu 50 cm² auf flexiblen Substraten (z. B. Polyimid, PET) hergestellt und umfassend charakterisiert. Das feuchtigkeitsempfindliche Dielektrikum der kapazitiven Sensoren besteht aus keramischen Partikeln, die mit einem Polymerbinder versehen sind. Die Sensoren weisen eine Kapazitätsänderung um mehr als 100 Prozent bei Änderung der relativen Feuchte von 20 auf 80 Prozent r. F. sowie eine Empfindlichkeit von bis zu 125 pF / Prozent r. F. auf. Die siebgedruckten Elektroden des Sensoraufbaus basieren auf silberhaltigen Pasten, die durch thermische Nachbehandlung in einen leitfähigen Zustand überführt werden können. In Kooperation mit der TU Chemnitz im Rahmen des Exzellenzclusters MERGE wurden zudem Komposit-Feuchtesensoren in glasfaserverstärkte Thermoplaste integriert. Mit den Sensoren kann eine Wasseraufnahme derartiger Lamine von weniger als 0,5 Massenprozent zuverlässig detektiert werden.

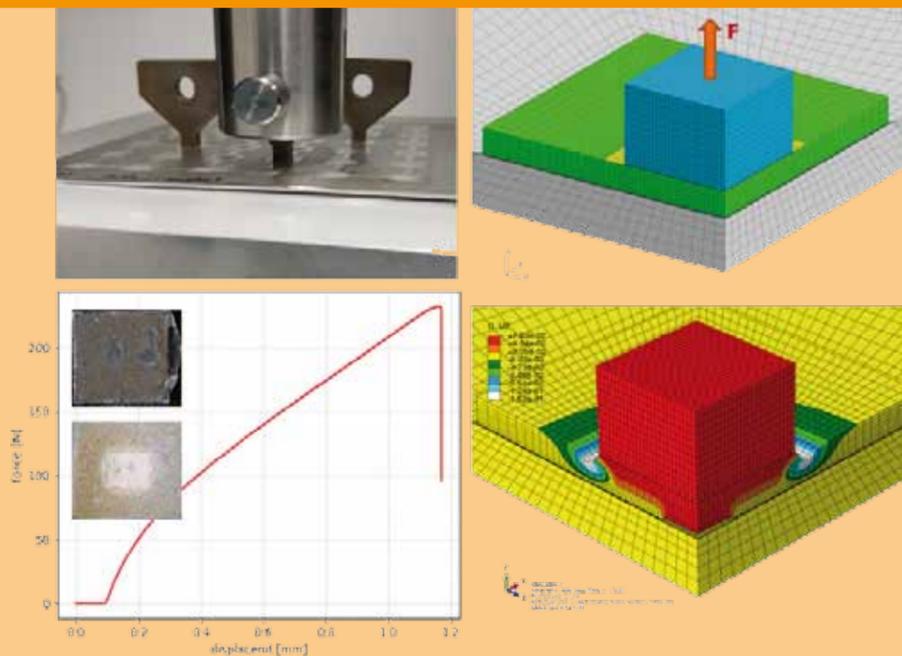
THERMO-MECHANISCHE ZUVERLÄSSIGKEITSASPEKTE VON GEDRUCKTEN FUNKTIONALITÄTEN

Gedruckte Funktionalitäten sind mittels traditioneller und digitaler Drucktechnologien erzeugte neuartige »Printed smart Objects«, wie Sensoren, Antennen oder Batterien, welche in zunehmendem Maße auch in klassische Design-Bauteile und Technologien integriert werden. Dies bringt automatisch die Übertragung deren Zuverlässigkeitsanforderungen an diese neuen Technologien mit sich.

Im Fraunhofer Leitprojekt »goBeyond 4.0«, welches unter der Leitung des ENAS steht, werden die dafür notwendigen Technologien erforscht, wobei die Abteilung Micro Materials Center für die Zuverlässigkeitsaspekte verantwortlich zeichnet. Das Ziel ist die Aufstellung eines allgemein gültigen Zuverlässigkeitskonzeptes für diese neuen Technologien, weshalb diese Arbeiten die Technologieentwicklung bereits in möglichst frühen Phasen begleiten.

Schwerpunkt der Arbeiten sind die Analyse auf potenzielle Fehlerursachen, Fehlerarten und Fehlerfolgen zur Schwachstellenidentifikation und zur »Physics of Failure«-basierten Abschätzung der Zuverlässigkeitsrisiken. Dabei wird sowohl die Prozess- als auch die Betriebszuverlässigkeit berücksichtigt. Im Fokus des Fraunhofer ENAS stehen dabei vor allem das Verhalten der dabei zum Einsatz kommenden gedruckten Materialien und deren Integration. Hierfür kommt eine kombinierte experimentelle-simulative Methodik zum Einsatz, welche auf die speziellen Anforderungen der Technologien angepasst wird. Besondere Herausforderungen dabei sind die dafür notwendige Ermittlung von Werkstoffdaten und die Bewertung des Interfaceverhaltens, speziell der Haftfestigkeit. Dafür werden neuartige Analytikmethoden entwickelt und umfangreiche Tests durchgeführt.

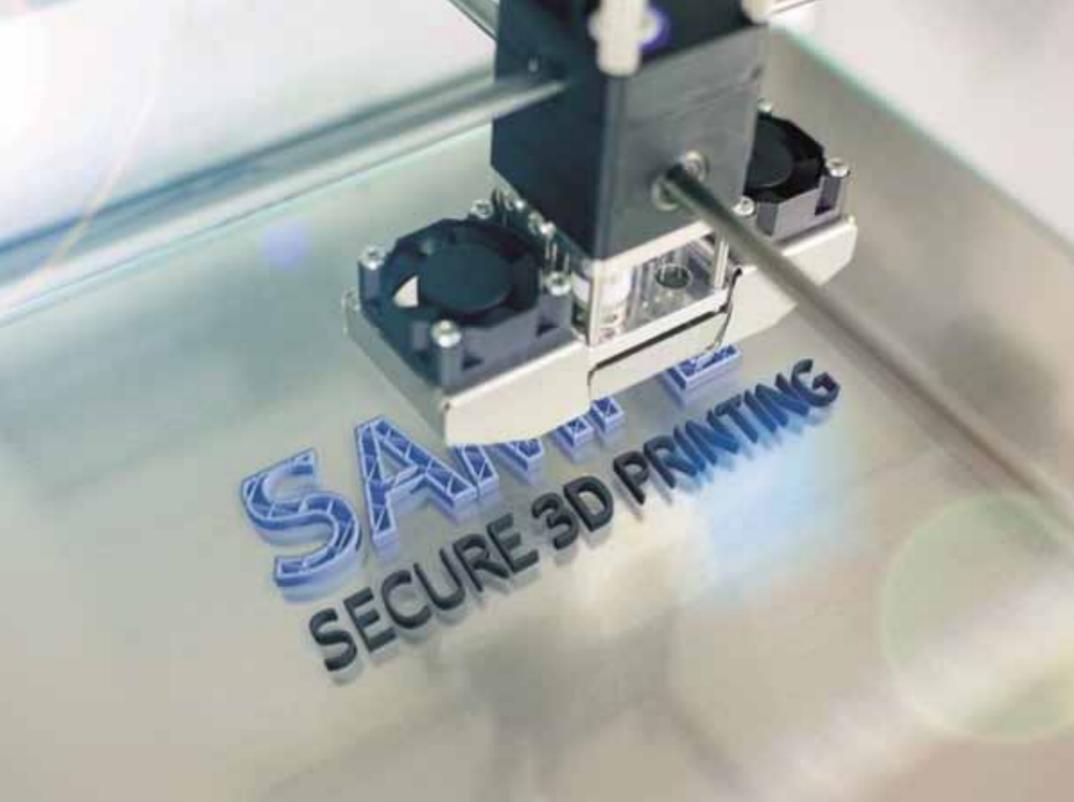
Sieb-gedruckte Komposit-Feuchtesensoren.



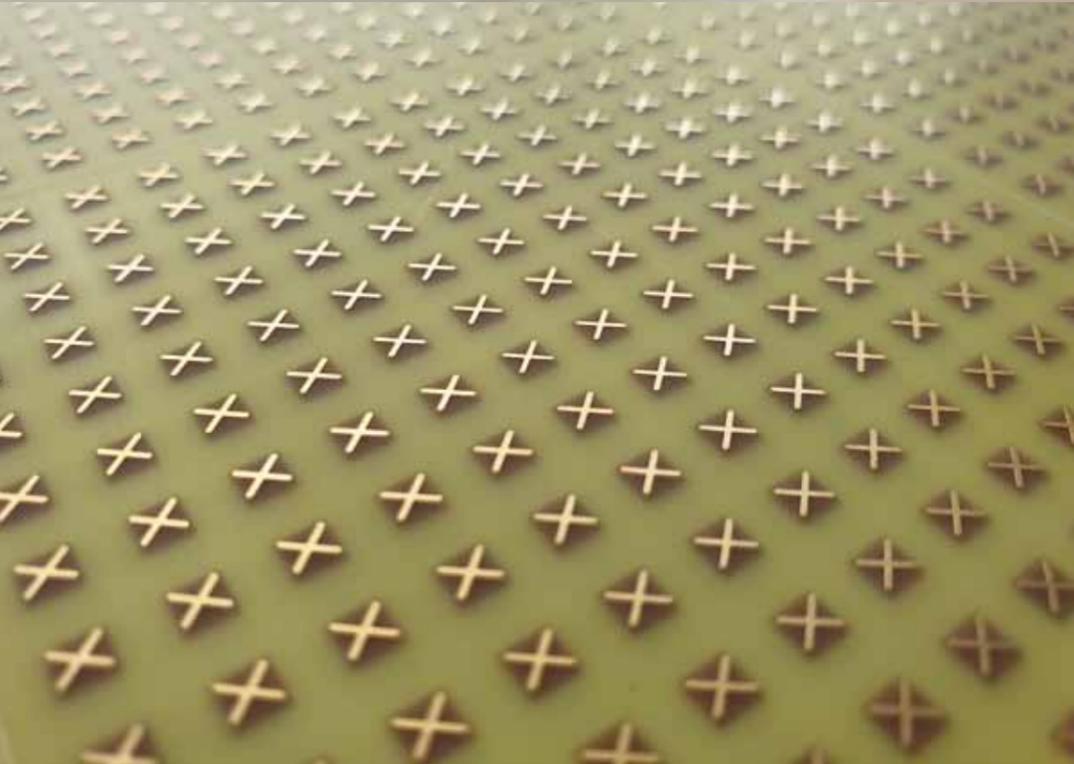
Experimentelle und simulative Bewertung von gedruckten Interfaces mittels Pulltest.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- **SENSORSYSTEME FÜR ZUSTANDSMONITORING**
- **ZUVERLÄSSIGKEIT VON PRINTED SMART OBJECTS**



*Sicherheitslösungen für die gesamte Prozesskette des 3D-Drucks werden im Projekt SAMPL entwickelt.
Foto: PROSTEP AG*



Realisierung eines sensorischen Metamaterials durch die Anwendung von regelmäßig angeordneten elektromagnetischen Resonatoren mit Subwellenlängendimension.

TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART PRODUCTION

SAMPL

Im Projekt SAMPL wird eine durchgängige Sicherheitslösung für additive Fertigungsverfahren entwickelt. Innerhalb des Vorhabens wird dabei besonderes Augenmerk auf die gesamte Prozesskette des 3D-Drucks gelegt. Diese Kette umfasst die Erstellung der Druckdaten, die anschließende Weitergabe der Druckdaten an einen 3D-Druckdienstleister, den Druck auf durch Secure Elements abgesicherten Trusted 3D-Druckern sowie die eindeutige Identifizierbarkeit des Druckobjekts und der Zuordnung zur verwendeten Drucklizenz. Mit der in SAMPL entwickelten Lösung ist es möglich, die Herkunft von gedruckten Bauteilen nachzuweisen und ihre Echtheit zu überprüfen.

Hierzu werden bereits etablierte Verschlüsselungstechnologien genutzt und um ein digitales, auf Blockchain-Technologie basiertes Lizenzmanagement erweitert und in die Datenaustauschlösung OpenDXM GlobalX integriert. Die Blockchain-Technologie, welche bisher vorrangig durch Kryptowährungen an Bekanntheit gewonnen hat, eignet sich um die Authentizität von Transaktionen nachzuweisen und in diesem Zusammenhang für die Lizenzvergabe zum Druck von Bauteilen. Als Schnittstelle für den Austausch der Zertifizierungs- und Lizenzdaten zwischen Rechteinhaber und Druckdienstleister kommt der Industrie 4.0 Standard OPC-UA zum Einsatz.

Ziel des Fraunhofer ENAS ist die Entwicklung einer Plattform mit der 3D-Drucker zur additiven Fertigung von Druckdienstleistern mittels OPC-UA Schnittstelle an SAMPL angebunden und damit in das Gesamtsystem integriert werden.

Das Konsortium wird im Rahmen des Technologieprogramms Digitale Technologien für die Wirtschaft (PAiCE – Platforms, Additive Manufacturing, Imaging, Communication, Engineering) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.

UMSETZUNG VON ZERO-POWER SENSOREN MIT METAMATERIALIEN FÜR ANWENDUNGEN IM STRUKTURLEICHTBAU

Metamaterialien zeigen aufgrund ihres Aufbaus ein starkes Frequenzfilterverhalten, das sich bei stofflichen Veränderungen ändert. Dieser Umstand wird genutzt, um eine passive Sensorfunktion umzusetzen, die eine Struktur- und Zustandsüberwachung von Leichtbaustrukturen erlaubt. Hierzu wurde im Rahmen des Bundesexzellenzclusters MERGE »Technologiefusion für multifunktionale Leichtbaustrukturen« der Technischen Universität Chemnitz und in enger Kooperation mit dem Fraunhofer Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS Metamaterialien und ihr Einsatz als Zero-Power Sensoren im Strukturleichtbau untersucht.

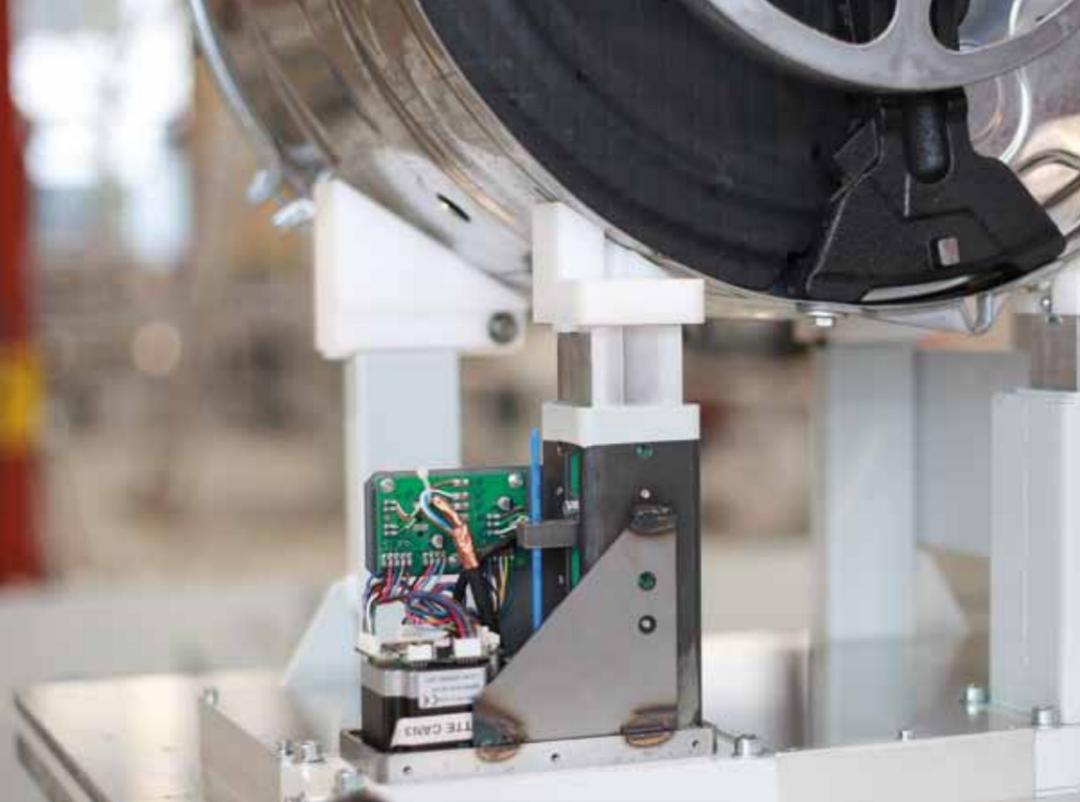
Der hier verfolgte Ansatz zur Realisierung der passiven und materialimmanenten Sensorfunktion besteht in der Anwendung von periodisch angeordneten elektromagnetischen Resonatoren und deren Integration in Leichtbaustrukturen. Dadurch lässt sich eine spezifische Frequenzantwort aufgrund des starken Frequenzfilterverhaltens der Resonator-Arrays generieren. Stoffliche und strukturelle Veränderungen ändern das Frequenzfilterverhalten, was sich in der Verschiebung signifikanter Resonanzen zeigt.

Mittels elektromagnetischer Wellen in Verbindung mit einer Transmissions- oder Reflexionsmessung lassen sich Veränderungen im Frequenzverhalten berührungslos feststellen und erlauben somit Rückschlüsse auf das Vorliegen stofflicher Veränderung.

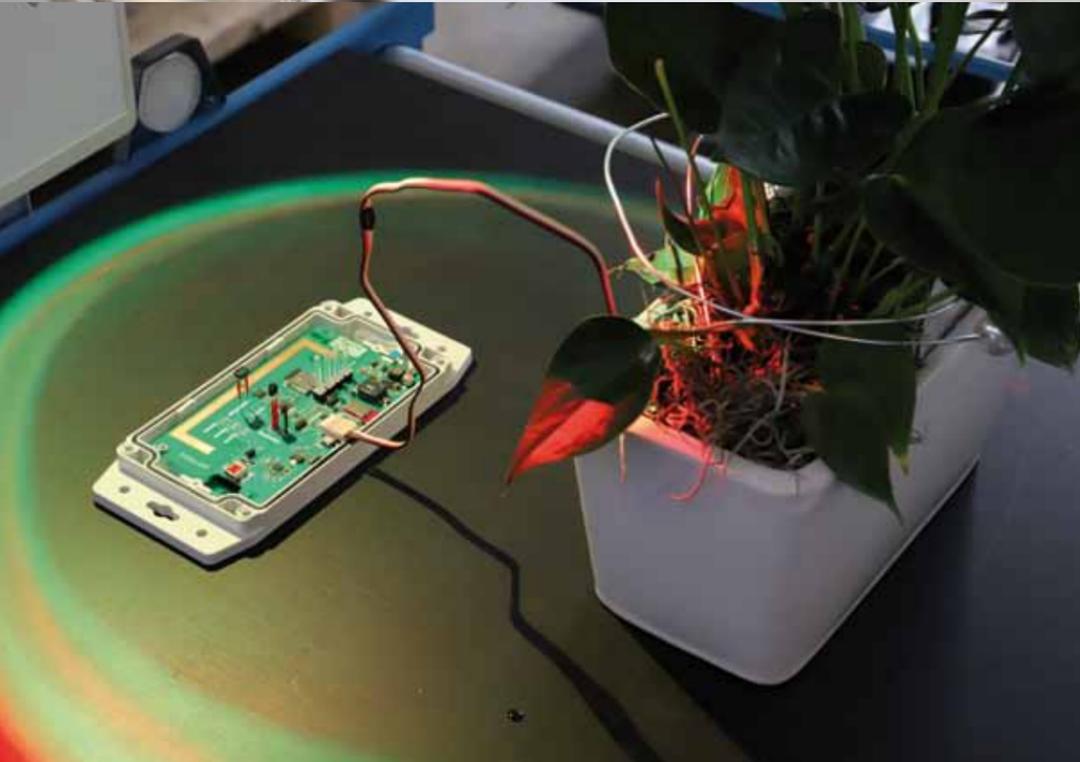
Die Arbeiten wurden im Rahmen des Bundesexzellenzclusters EXC 1075 »MERGE – Technologiefusion für multifunktionale Leichtbaustrukturen« durchgeführt und von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) gefördert. Die finanzielle Unterstützung wurde dankbar anerkannt.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- SICHERHEITSLÖSUNG FÜR ADDITIVE FERTIGUNGSVERFAHREN
- NEUE SENSORMATERIALIEN FÜR STRUKTURLEICHTBAU



*Der Werkstückträger passt sich aktiv den individuellen Produkteigenschaften an.
Foto: David Gense, Fraunhofer IEM*



Lichtmessung durch das intelligente Sensorsystem am Beispiel Pflanzenproduktion.

TECHNOLOGIES AND SYSTEMS FOR SMART PRODUCTION

AKTIVER WERKSTÜCKTRÄGER

In der Anlagen- und Fördertechnik wächst der Bedarf an flexiblen Lösungen für die Fertigung variantenreicher Produkte in kleinen Stückzahlen an. Oftmals benötigt jede Produktvariante einen eigenen angepassten Werkstückträger. Dies sorgt je nach Anzahl der verschiedenen Produkte für erhöhten Lagerplatzbedarf. Zusätzlich kommt es zu langen Umstellungszeiten in der Produktion bei einem Produkt- oder Variantenwechsel. In enger Kooperation mit der Universität Paderborn wurde eine Funktechnologie entwickelt, die es einem Werkstückträger ermöglicht, sich selbstständig mechanisch und logisch an die nächste Produktvariante innerhalb der Produktionstaktzeit anzupassen. Dafür ist es nötig, Logik, Sensorik und Aktorik auf dem Werkstückträger zu integrieren. Hier wurde eine autonome und leistungsfähige Energieversorgung entwickelt, welche drahtlos in kurzen Zyklen aufgeladen werden kann. Dafür wurde ein Smart Battery System zusammen mit einem smarten Ladegerät erforscht. Das Gesamtsystem ist in der Lage, verschiedene Spannungslevel für die unterschiedlichen aktiven Komponenten zur Verfügung zu stellen. Um Energie zu sparen besitzt das System I/O-Schnittstellen, um die verschiedenen Komponenten gezielt mit Energie zu versorgen, wenn diese benötigt wird. Dadurch wird der Einsatz eines kleineren und kostengünstigeren Akkus möglich. Zusätzlich ist das smarte Ladegerät an eine WLAN-Schnittstelle angekoppelt, um mit dem übergeordneten Kontrollsystem der Produktion zu kommunizieren. Dies ermöglicht die Übertragung wichtiger Batterieparameter, wodurch der Zustand der Batterie kontrolliert und die verbleibende Lebensdauer abgeschätzt werden kann.

DRAHTLOSE SENSORSYSTEME ZUR FLEXIBLEN GESTALTUNG VON PRODUKTIONSPROZESSEN

Das Ziel des BMBF-Projekts »DiSSproSiP« war die Automatisierung und Individualisierung von industriellen Produktionssystemen in Form eines drahtlosen, intelligenten Sensorsystems. Dazu soll ein Produkt mit Hilfe einer RFID-basierten Sensorplattform seinen Produktionsablauf selbst steuern können. Hierfür wurden im Projekt ein Sensormodul und eine Schreib-/Lesestation entwickelt. Die Schreib-/Lesestation kann an beliebigen Positionen in der Anlage eingebaut und über einen Industriebus wie OPC-UA oder Profinet angebunden werden. Über die Schreib-/Lesestation werden dann Produktions- und Sensordaten vom Sensormodul an die Anlage transferiert. Dazu hat das Fraunhofer ENAS zusammen mit Projektpartnern ein proprietäres Protokoll für RFID-Übertragungen entwickelt. Mit dem im Projekt entwickelten System können Produktionsanlagen dezentral aufgebaut werden, da sie den lokalen Produktionsschritt in Abhängigkeit der am Produkt selbst gespeicherten Sensordaten und Produktionshistorie anpassen können, ohne aus einer zentralen Institution Daten beziehen zu müssen. Um das RFID-Modul mit Energie zu versorgen, wurde der Datenkommunikationskanal um einen drahtlosen Stromübertragungskanal erweitert. Spezielle Anforderungen hierbei waren die Umgebungsbedingungen, wie wenig Platzbedarf und Metall in der Nähe der Übertragungsantennen. Das Projekt wurde erfolgreich abgeschlossen indem Prototypen der entwickelten Hardware in drei verschiedenen Szenarien umgesetzt wurden. In einem Szenario wurde die entwickelte Technik schon im laufenden Betrieb eines großen Waschmaschinenherstellers erprobt.

FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

- INTELLIGENTER ANPASSUNGSFÄHIGER WERKSTÜCKTRÄGER
- DRAHTLOSES SENSORSYSTEM

141 PUBLIKATIONEN

2 DISSERTATIONEN

9 PATENTE

16 MESSEN UND
AUSSTELLUNGEN

31 MITGLIEDSCHAFTEN

HIGHLIGHTS

DISSERTATIONEN

5. Oktober 2018

Promovend: John Brückner
Thema: Elastizitätsmodul und Bruchfestigkeit von Poly-Silizium-Membranen kommerzieller MEMS-Mikrophone
Institution: Technische Universität Chemnitz

25. Oktober 2018

Promovend: Christian Helke
Thema: Herstellung von neuartigen Reflektorsystemen und Erarbeitung einer systembezogenen Integrationstechnologie für VIS und IR Fabry-Pérot Interferometer
Institution: Technische Universität Chemnitz

AUSZEICHNUNGEN UND EHRUNGEN

Zwei Preise für junge Wissenschaftlerin

Silvia Hertel, eine junge Doktorandin im Bereich System Integration, kann 2018 gleich auf zwei Preise verweisen. Zum einen wurde sie für ihren Vortrag »Elektrochemische Abscheidung für die Leiterplatte« auf der EBL 2018 – Elektronische Baugruppen und Leiterplatten 2018 –, in Stuttgart-Fellbach im Februar 2018 mit dem Best Paper Award ausgezeichnet.

Zum anderen erhielt sie für ihre Publikation »Elektrochemische Abscheidung von Aluminium und Palladium aus ionischen Flüssigkeiten für das reaktive Waferbonden« in der Galvanotechnik Volume 108 des Jahres 2017 den Heinz-Leuze-Preis. Im Jahre 1985 stiftete die Deutschen Gesellschaft für Galvano- und Oberflächentechnik e.V. im Zusammenwirken mit der Familie Leuze aus Saulgau den Heinz-Leuze-Preis in Anerkennung und Würdigung der großen Verdienste von Heinz Leuze um die Weiterentwicklung der Galvanotechnik, insbesondere auf dem publizistischen Gebiet. Dieser Preis wird in der Regel alljährlich für eine technisch-wissenschaftliche Publikation in einer deutschsprachigen Zeitschrift des Vorjahres vergeben, die sich durch eine besonders klare und didaktische Darstellung einer bedeutsamen technisch-wissenschaftlichen Problematik auszeichnet.



*Prof. Dr. Klaus-Dieter Lang, Institutsleiter des Fraunhofer IZM, überreicht den Best Paper Award auf der Fachtagung EBL 2018 – Elektronische Baugruppen und Leiterplatten 2018 – an Silvia Hertel vom Fraunhofer ENAS.
Foto: DVS*

AUSZEICHNUNGEN UND EHRUNGEN

Best Paper Award auf InterPACK 2018 in San Francisco, USA

Auf der »International Technical Conference on Packaging and Integration of Electronic and Photonic Microsystems 2018« in San Francisco erhielt Alexander Otto einen Best Paper Award für seinen Vortrag »Investigation of active power cycling combined with passive thermal cycles on discrete power electronic devices for automotive application«.

Fraunhofer ENAS-Forschungspreis

Dr. Lutz Hofmann erhielt im Rahmen der Festveranstaltung 10 Jahre Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS den 2018er Forschungspreis des Instituts. Der Chemnitzer Wissenschaftler und Ingenieur erforscht Technologien, die für die dreidimensionale Integration (3D-Integration) in mikro-elektromechanische Systeme (MEMS) benötigt werden. Mit Hilfe dieser Integrationstechnologien lassen sich MEMS in Module und Systeme integrieren, die einen hohen Miniaturisierungsgrad oder auch besonders dünne Formfaktoren aufweisen.

Mit seinen Forschungsergebnissen zur 3D-Integration und kupfergefüllten Durchkontakten in Mikrosystemen trug er zum Expertenstatus des Chemnitzer Fraunhofer-Instituts für Elektronische Nanosysteme ENAS als eines der weltweit wenigen Forschungsinstitute auf diesem Gebiet bei. Der namhafte Marktanalyst Yole Développement führt das Chemnitzer Institut als eines von drei europäischen, neben dem renommierten französischen Forschungsinstitut CEA-Leti und dem belgischen IMEC, und als eines von weltweit nur sechs Forschungsinstituten in diesem Fachgebiet auf.

Mit der Dissertation »3D-Wafer Level Packaging approaches for MEMS by using Cu-based High Aspect Ratio Through Silicon Vias« promovierte Dr. Hofmann 2017 an der TU Chemnitz. Bereits 2015 erhielt er mit einer Veröffentlichung zum Thema 3D-Integration auf der »International Wafer Level Packaging Conference (IWLPC)« in San José, USA, die Auszeichnung für die beste Konferenzpublikation.



Der Preisträger des Fraunhofer ENAS-Forschungspreises 2018, Dr. Lutz Hofmann (Mitte) mit dem kommissarischen Institutsleiter des Fraunhofer ENAS, Prof. Dr. Thomas Otto (2. v. r.), der Vorsitzenden des Forschungsausschusses, Prof. Dr. Karla Hiller (2. v. l.) sowie dem Laudator Dr. Roy Knechtel (l.) von der X-FAB Semiconductor Foundries AG und Prof. Dr. Stefan E. Schulz (r.), Leiter der Abteilung Back-End of Line und stellvertretender Institutsleiter des Fraunhofer ENAS.
Foto: Ines Escherich

KONFERENZEN UND WORKSHOPS

Nationale und internationale Konferenzen, Workshops und Seminare

Am 11. und 12. April 2018 fand die 12. Smart Systems Integration Conference and Exhibition in Dresden, Deutschland statt. 312 Experten aus 22 Ländern diskutierten über neueste Entwicklungen im Bereich Systemintegration und Packaging sowie Design of Smart Integrated Systems und Smart Systems Applications. Zum ersten Mal wurden neben Softwareaspekten auch die Konnektivität in die Konferenz integriert, um zwischen den Experten ein gemeinsames Verständnis zu den zu lösenden Fragestellungen zu generieren. Erstmals waren ebenfalls die Aktivitäten des Smart Systems HUB in die Veranstaltung über den Prefield-Trip in Dresden und den After-Conference Fieldtrip nach Chemnitz eingebettet.

Das Jahr 2018 stand im Zeichen des zehnjährigen Bestehens unseres Fraunhofer-Instituts für Elektronische Nanosysteme ENAS. Am 17. Oktober 2018 folgten in- und ausländische Gäste aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft unserer Einladung nach Chemnitz. Im Rahmen der Festveranstaltung würdigten der Ministerpräsident Sachsens Michael Kretschmer, der Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft Prof. Reimund Neugebauer, die Oberbürgermeisterin der Stadt Chemnitz Frau Barbara Ludwig und der Rektor der TU Chemnitz Prof. Gerd Strohmeier die erfolgreiche Entwicklung des Instituts. Im Rahmen des wissenschaftlichen Kolloquiums sprachen Vertreter von GLOBALFOUNDRIES, Infineon Technologies Dresden, T-Systems Multimedia Solutions und der TU Chemnitz. Sie zeigten aktuelle Entwicklungen und auch zukünftige Trends. Die Festveranstaltung wurde abgerundet durch eine Vernissage mit einer Retrospektive aus 17 Ausstellungen »Wissenschaft trifft Kunst« des Fraunhofer ENAS, der »EigenArt« – künstlerische Beiträge der Mitarbeiter des Fraunhofer ENAS, des Zentrums für Mikrotechnologien der TU Chemnitz und Fraunhofer IWU (in Kooperation mit dem Fraunhofer Netzwerk »Wissenschaft, Kunst und Design«) sowie dem »SMART>SOS« – VERTIGO Projekt im STARTS Programm der EU (künstlerische Darstellung des EU-Projektes Bio4Comp) und der Verleihung des Forschungspreises des Fraunhofer ENAS mit anschließender Abendveranstaltung.



Prof. Dr. Reimund Neugebauer (Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft) (r.), Michael Kretschmer (Ministerpräsident des Freistaates Sachsen) (2. v. l.), Barbara Ludwig (Oberbürgermeisterin der Stadt Chemnitz) und Prof. Dr. Gerd Strohmeier (Rektor der Technischen Universität Chemnitz) (l.) sowie Prof. Dr. Thomas Otto (kommissarischer Institutsleiter des Fraunhofer ENAS) (2. v. r.) eröffneten die Jubiläumsveranstaltung zum 10-jährigen Bestehen des Fraunhofer ENAS.
Foto: Ines Escherich



Während der Festveranstaltung wurde »SMART>SOS«, ein VERTIGO Projekt im Rahmen des STARTS Programms der Europäischen Union, vorgestellt. Der Konzeptkünstler Dr. Tim Otto arbeitete gemeinsam mit Wissenschaftlern aus Dresden und Chemnitz sowie aus Lund und Kalmar in Schweden, um die wissenschaftlichen Erkenntnisse des EU-Projektes Bio4Comp in einer künstlerischen Arbeit darzustellen.
Foto: Ines Escherich

KONFERENZEN UND WORKSHOPS



Auf dem Smart Rail Connectivity-Campus in Annaberg-Buchholz wurde den Workshopteilnehmern am 6. September 2018 das digitale Stellwerk erläutert.

Am 12. und 13. Juni 2018 lud das Fraunhofer ENAS zu einer weiteren Veranstaltung der Reihe »Chemnitzer Seminare« ein. Ausgerichtet durch die Abteilung System Packaging adressierte das Seminar neuste Forschungsergebnisse unter dem Thema »Materials and Technologies for Packaging«. Die Reihe Chemnitzer Seminare wurde mit einem Workshop der Abteilung Back-end of Line »Nanomaterial Integration For Electronics And Sensors – Ready For Industrial Applications« auf der Chemnitzer Fachtagung für Mikrosystemtechnik, Mikromechanik und Mikroelektronik am 24. Oktober 2018 fortgeführt. Der Fokus lag auf Graphene und Carbon Nanotubes sowie der Diskussion potentieller Anwendungen der Materialien in Infrarotsensoren, in der Elektronik und für Energiespeicherung. Den Abschluss bildete das Seminar »Zuverlässigkeit und funktionale Sicherheit elektronischer Komponenten und Systeme« der Abteilung Micro Materials Center am 14. November 2018.

Am 6. September 2018 führte das Fraunhofer ENAS den Workshop »Sensorik für Schienenfahrzeuge und Überwachung von Gleisanlagen/Zügen« im Rahmen der Aktivitäten des Smart Rail Connectivity-Campus – einer WIR Initiative »WIR! – Wandel durch Innovation in der Region« durch. Mehr als 70 Gäste folgten der Einladung nach Chemnitz und der anschließenden Demonstration des digitalen Stellwerks in Annaberg-Buchholz Süd sowie der Fahrt mit dem Thales-Laborfahrzeug, welcher mit Sensorik für die Objekterkennung ausgestattet ist, auf der Teststrecke. Der Smart Rail Connectivity-Campus in Annaberg-Buchholz vereint die Expertise der TU Chemnitz, der Deutschen Bahn, der Region Annaberg sowie Firmen und Forschungseinrichtungen. Die Region wird sich in den kommenden zehn Jahren zum führenden europäischen Entwicklungs-, Prototypen- und Erprobungsstandort für vernetzte und automatisierte Mobilität entwickeln. Der inhaltliche Schwerpunkt des Campus wird auf Themen aus dem Innovationsfeld automatisiertes Fahren und intelligent vernetzte Systeme im Bahnverkehr, der Bahntechnik und der Hybridisierung liegen.

Das Leistungszentrum »Smart Production« lud am 15. Oktober 2018 zum ersten Workshop »SMARTPRO« an das Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU ein. Im Mittelpunkt standen die Aktivitäten der Partner des Leistungszentrums, so auch die Thematiken Zuverlässigkeit organischer Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde mit eingebetteter Elektronik sowie Mikro- und Nanokomposite für sensorische Zwecke des Fraunhofer ENAS.

Bereits zum siebenten Mal fand vom 3. bis 4. Dezember 2018 in Manaus, Brasilien, die »MINAPIM – Micro and Nanotechnology and Photonics Interconnection for the Market« statt. Organisiert wird diese Konferenz und Ausstellung seit dem ersten Event vom brasilianischen Büro des Fraunhofer-Instituts für Elektronische Nanosysteme ENAS mit Unterstützung von Superintendency of Manaus Free Trade Zone, Brazilian Ministry of Industry, Foreign Trade and Services und Federal University of Amazonas. Dieses Jahr stand sie unter dem Motto: Industrie 4.0. Sie führte über 200 Teilnehmer und Sprecher zusammen.

Fraunhofer ENAS war Organisator/Co-Organisator der folgenden Konferenzen und Workshops:

ALD for Industry	Dresden	21. März 2018
Smart Systems Integration Conference SSI 2018 (co-organizer)	Dresden	10.–11. April 2018
CMP/WET-Workshop Frühjahrsmeeting	Amsterdam, NL	12.–13. April 2018
NIP/DF Printing for Fabrication 2018 (co-organizer)	Dresden	23.–27. September 2018
CMP/WET-Workshop Herbstmeeting	Berlin	25.–26. Oktober 2018



AUSSTELLUNGEN UND MESSEN

Wissenschaft trifft Kunst

Die 2010 ins Leben gerufene Ausstellungsreihe »Wissenschaft trifft Kunst« präsentierte sich 2018 anlässlich des zehnjährigen Bestehens unseres Instituts mit einer RETROSPEKTIVE. Fraunhofer ENAS lud alle bis dahin gezeigten 17 Künstlerinnen und Künstler ein, sich mit zwei Arbeiten während der Jubiläumsfeier und anschließend für sechs Monate in den Institutsräumen zu präsentieren. Alle Künstlerinnen und Künstler folgten dieser Einladung, sodass eine interessante Schau von Chemnitzer und regionalen Kunstschaaffenden viele Gäste sowohl zur Festveranstaltung als auch während der Vernissage im Institutsgebäude begeisterte.

In der zuvor gezeigten Ausstellung begrüßte das Institut Anija Seedler, eine Leipziger Grafikerin. Sie zeigte grafische Arbeiten rund um das Thema »MENAGERIE«. Dabei wurden tierische und menschliche Motive in farbenfrohen Bildern den Fraunhofer-Mitarbeitern und Chemnitzer Kulturinteressierten vorgeführt.

Fraunhofer ENAS ist Mitglied im Fraunhofer-Netzwerk »Wissenschaft, Kunst, Design«, das unser Institut bei der Ausstellung zur Jubiläumsveranstaltung unterstützte. Das Netzwerk hat es sich zum Ziel gesetzt, die interdisziplinäre Zusammenarbeit und Auseinandersetzung mit künstlerischen Methoden zur Diskussion komplexer gesellschaftlicher Themen zu fördern und neue Perspektiven in Forschungsprozesse einzubringen. Dazu lädt das zugehörige Rahmenprojekt Fraunhofer-Institute und Einrichtungen zu einem Ideenwettbewerb ein, um fundierte Methoden für erfolgreiche Kollaborationen zwischen den Disziplinen zu entwickeln.

Chemnitzer Firmenlauf

Zum siebenten Mal nahm das Fraunhofer ENAS gemeinsam mit dem Zentrum für Mikrotechnologien der TU Chemnitz am Chemnitzer Firmenlauf teil. Am 5. September 2018 starteten insgesamt fünf Frauen und 15 Männer als gemeinsames Team. Unter 8.400 Läuferinnen und Läufern, die ins Ziel kamen, erreichte unser bester männlicher Läufer, Jan Albrecht, Platz 288 der Männerwertung und die beste Läuferin, Julia Hann, Platz 381 der Frauenwertung. Das Team unserer besten vier Läufer belegte gemeinsam Platz 65, die besten vier Läuferinnen Platz 66 und auch das Mixed-Team landete auf Platz 66. Herzlichen Glückwunsch! Wir freuen uns auf den Chemnitzer Firmenlauf 2019.

Im Jahr 2018 präsentierte Fraunhofer ENAS seine Forschungsergebnisse und Prototypen auf den folgenden internationalen Messen und Ausstellungen:

European 3D Summit 2018	Dresden	22.–24. Januar 2018
embedded world 2018	Nürnberg	27. Februar – 1. März 2018
LOPEC 2018	München	14.–15. März 2018
SEMICON China 2018	Shanghai, China	14.–16. März 2018
Smart Systems Integration 2018	Dresden	11.–12. April 2018
HANNOVER MESSE 2018	Hannover	23.–27. April 2018
ILA – Berlin Air Show 2018	Berlin	25.–29. April 2018
mTEX+ / LiMA 2018	Chemnitz	29.–30. Mai 2018
SENSOR + TEST 2018	Nürnberg	26.–28. Juni 2018
SEMICON West 2018	San Francisco, USA	10.–12. Juli 2018
IMTS – International Manufacturing Technology Show 2018	Chicago, USA	10.–15. September 2018
MEMS Sensing & Network System 2018	Chiba, Japan	17.–19. Oktober 2018
14. Chemnitzer Fachtagung Mikrosystemtechnik	Chemnitz	23.–24. Oktober 2018
COMPAMED 2018	Düsseldorf	12.–15. November 2018
SEMICON Europa 2018	München	13.–16. November 2018
electronica 2018	München	13.–16. November 2018

MITGLIEDSCHAFTEN

Mitgliedschaften des Fraunhofer ENAS

AGENT-3D e.V.	Dresden
ALD Lab Dresden	Dresden
biosaxony e.V.	Dresden
Cool Silicon e.V.	Dresden
Dresdner Fraunhofer-Cluster Nanoanalytik	Dresden
Dresdner Gesprächskreis der Wirtschaft und Wissenschaft e.V.	Dresden
Eureka Cluster Metallurgie 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
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	Tokyo, Japan
Nano Technology Center of Competence »Ultrathin Functional Films«	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 Skalierung von Fügetechnologien in Produktionsprozessen für mikro- und makroskopische Anwendungen SCALE	Chemnitz
ZIM-Netzwerk Umwelttechnologien und Bodenrekultivierung UtBr	Berlin

PUBLIKATIONEN UND PATENTE

Publikationen

2018 veröffentlichten die Wissenschaftler am Fraunhofer ENAS ihre Forschungsergebnisse in 137 Artikeln in Büchern und Tagungsbänden sowie 4 Buchbeiträge.

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.

Patente

Im Jahr 2018 wurden 9 Patente von Wissenschaftlern des Fraunhofer ENAS veröffentlicht und/oder erteilt. Mitarbeiter des Fraunhofer ENAS sind in Summe an 180 Patentanmeldungen, offengelegten und erteilten Patenten beteiligt, die zu insgesamt 56 Patentfamilien gehören.

Publikationen:
Dr. Bianca Milde
Telefon: +49 371 45001-456
E-Mail: bianca.milde@enas.fraunhofer.de

Patente:
Dr. Andreas Bertz
Telefon: +49 371 45001-402
E-Mail: andreas.bertz@enas.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

Förster & Borries GmbH & Co. KG

Fraunhofer ENAS ist Teil



**Forschungsfabrik
Mikroelektronik**
Deutschland

Fraunhofer-Institut für Elektronische Nanosysteme ENAS

www.enas.fraunhofer.de

