

Jahresbericht 2022 / 2023



# Crossing Frontiers in Microelectronics



**Jahresbericht 2022/2023**



# Crossing Frontiers in Microelectronics



**Dank 30 Jahren  
Erfahrung im Micro-  
electronic Packaging  
überwindet das  
Fraunhofer IZM die  
Grenzen des tech-  
nisch Möglichen.«**

**Prof. Martin Schneider-Ramelow**  
Institutsleiter des Fraunhofer IZM



# Inhalt

---

<b>Vorwort</b> .....	<b>4</b>
<b>Fraunhofer IZM</b>	
Kernkompetenzen .....	6
Abteilung System Integration & Interconnection Technologies .....	8
Abteilung Wafer Level System Integration .....	9
Abteilung Environmental & Reliability Engineering .....	10
Abteilung RF & Smart Sensor Systems .....	11
Fraunhofer IZM Highlights 2023 .....	12
Fraunhofer – ein starkes Netzwerk .....	18
Geschäftsfelder und Branchen .....	20
Ausstattung und Leistungen .....	32
<b>Events &amp; Nachwuchsförderung</b> .....	<b>34</b>
<b>Facts &amp; Figures</b> .....	<b>42</b>
Das Fraunhofer IZM in Zahlen und Fakten .....	43
Auszeichnungen .....	44
Best Paper, Dissertationen, Editorials .....	46
Vorlesungen .....	47
Kooperationen mit Universitäten .....	48
Kooperationen mit der Industrie .....	49
Mitgliedschaften .....	50
Publikationen .....	51
Patente & Erfindungen .....	56
Kuratorium .....	57
<b>Kontakt</b> .....	<b>58</b>
<b>Impressum</b> .....	<b>60</b>



## Vorwort

---

Liebe Freundinnen und Freunde des Fraunhofer IZM,  
liebe Leserinnen und Leser,

von einer Zeitenwende wird seit geraumer Zeit gesprochen, und wir sind mittendrin: Gegenwärtige Krisen wie die Pandemie, der Krieg in Europa, eine erschwerte Energieversorgung oder die Inflation gehen nicht spurlos an uns vorbei – sie erfordern Resilienz und teilweise sogar Neuorientierung. Als eines der führenden Forschungsinstitute auf dem Gebiet der Systemintegration und der zuverlässigen Mikroelektronik können wir hierzu einen Beitrag leisten und heutiges Wissen nutzen, um die Welt von morgen mit intelligenten, leistungsstarken und langlebigen elektronischen Systemen zu gestalten.

Kraft seiner 30-jährigen Erfahrung und eines stets wachsenden Know-hows überwindet das Fraunhofer IZM die Grenzen des technisch Möglichen und entwickelt die Technologien des Electronic Packagings stetig weiter. Aktuell steht dabei das High Performance Packaging im Fokus der Entwicklungen. Hier kommen u. a. Technologien wie das Hybrid Bonding, Chiplets oder der Aufbau von Active Interposern zum Einsatz. Solche hochleistungsfähigen Packages werden im High-Performance Computing sowie im Quanten- und Neuromorphic Computing, z. B. für die künstliche Intelligenz, angewendet. Darüber hinaus arbeiten wir am Fraunhofer IZM an Trendthemen wie 5G/6G, GreenICT, vertrauenswürdiger Elektronik oder Bioelektronik, und bieten sowohl anwendungsorientierte als auch industriennahe Lösungen an.

Blicken wir auf einige Highlights des letzten Jahres zurück:

- Zusammen mit europäischen Forschungspartnern und weiteren Fraunhofer-Instituten beteiligt sich das IZM-ASSID an einer Plattform zur Herstellung von Prototypen für KI-Hardware.
- Vertrauenswürdige Elektroniklösungen aufzubauen, ist derzeit eine der größten Herausforderungen in der Hardware-Branche; gleich mehrere Projekte des Fraunhofer IZM widmen sich diesem Thema. Hier wurden u. a. vielversprechende Ergebnisse zur Realisierung vertrauenswürdiger komplexer Systeme durch Wafer Level Packaging erzielt.
- Im 6G Research and Innovation Cluster (6G-Ric) sowie in mehreren Projekten zur 6G-Kommunikation wird im Rahmen von Vorentwicklungen bereits die nächste Phase der Mobilkommunikation angesteuert und vorangetrieben.
- Mit dem Projekt GreenICT @ FMD wurde zusammen mit Partnern das Kompetenzzentrum für ressourcenbewusste IKT auf den Weg gebracht.
- Innerhalb der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland beteiligt sich das Fraunhofer IZM an der deutschlandweiten Kooperation zum Quanten- und neuromorphen Computing.
- Ebenfalls eröffnet wurde das Quantum Packaging Lab für photonische Quantenintegrationstechnologien.

Solche zukunftsweisenden Entwicklungen konnten nur dank der intensiven und engen Kooperationen mit unseren Partneruniversitäten, der TU Berlin, der TU Dresden, der BTU Cottbus-Senftenberg sowie der TU Delft, zustande kommen. Unsere Zusammenarbeit verstärken wir mit jedem Jahr und erzielen so gemeinsame Projekterfolge. Mittels mehrerer neu gestarteter DFG-Projekte konnten wir beispielsweise die Verbindung zwischen der Grundlagenforschung am Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroperipherik der TU Berlin und der anwendungsnahen Umsetzung an unserem Institut festigen.

Zudem tragen an unseren Außenstellen Kooperationen innerhalb des wissenschaftlichen Netzwerks Früchte: Im neu eröffneten Center for Advanced CMOS & Heterointegration Saxony arbeiten der Dresdener Institutsteil IZM-ASSID und das Fraunhofer IPMS-CNT eng zusammen, um die Wertschöpfungskette für 300mm Wafer in der CMOS-Herstellung und im Packaging auszubauen. Damit wird nicht nur eine effiziente und kostenwirksame Fertigung von Wafern, sondern auch die Entwicklung von Zukunftstechnologien im Industriestandard garantiert. Ebenfalls positiv entwickelt sich unsere Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus-Senftenberg im Rahmen der Forschungsk Kooperation iCampus II: Das Förderprojekt rund um den Innovationscampus liefert erfolgversprechende Resultate im Bereich der Mikrosensorik, etwa ein radarbasiertes Vitaldatenmonitoring. Zeitgleich wird die in Cottbus ansässige Außenstelle für Hochfrequenz-Sensoren und High-Speed-Systeme

weiter ausgebaut. Daher freue ich mich sehr, dass Professor Ivan Ndip seit Februar 2023 den Lehrstuhl für Antennen und Hochfrequenz-Systemintegration innehat.

Weiterhin liegt mir besonders am Herzen, unsere Expertise und Ressourcen zur Förderung des Nachwuchses einzusetzen. Es ist unsere Aufgabe, die wissenschaftliche Ausbildung von zukünftigen Mikrotechnolog\*innen ebenso wie nicht-technischen Auszubildenden zu unterstützen. Darüber hinaus etablieren wir die Betreuung von Masterarbeiten und Promotionen als einen bedeutenden Bestandteil und Schwerpunkt unseres Instituts. In diesem Kontext ist auch das Förderprogramm Young Research Talent Class »WOMEN IN SCIENCE« von hoher Bedeutung: Hierdurch können wir nun Forscherinnen bei der Entwicklung beruflicher Perspektiven besser fördern, den Frauenanteil am Institut erhöhen und Ungleichheiten abbauen. Die Ideengebenden wurden für ihre Initiative mit dem BestChance Award 2022 der Fraunhofer-Gesellschaft ausgezeichnet.

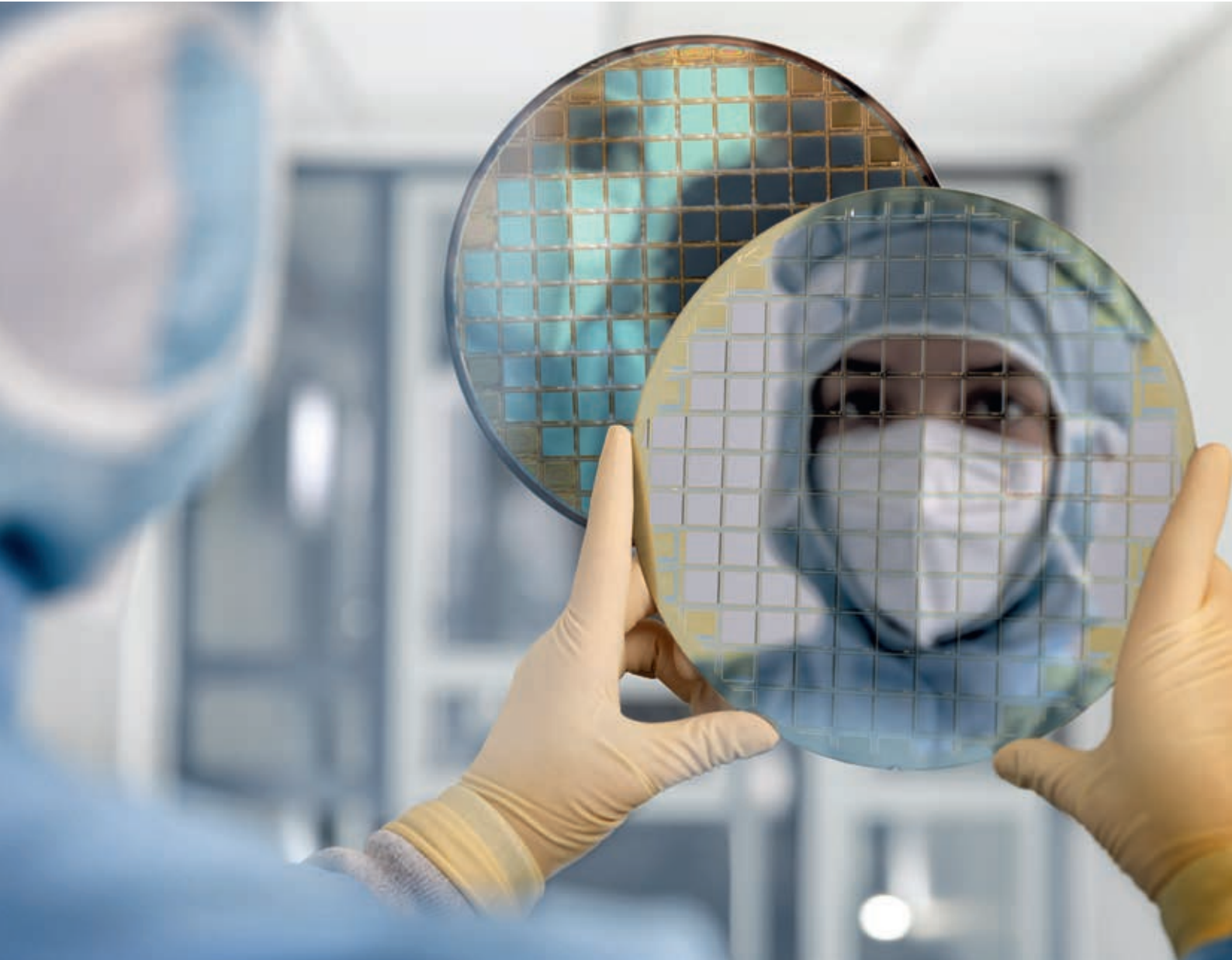
In guter Tradition lässt sich der erfolgreiche Abschluss des Jahres 2022 ebenso in Form von Betriebszahlen zum Ausdruck bringen. Die 430 Mitarbeiter\*innen an unseren drei Standorten trugen dazu bei, dass ein Wirtschaftsertrag in Höhe von 15,2 Millionen Euro erzielt werden konnte. Damit erreicht der Betriebshaushalt des Fraunhofer IZM mittlerweile eine Größe von knapp 40 Millionen Euro.

An vorderster Stelle sind all diese hervorragenden Ergebnisse den Mitarbeitenden unseres Instituts zu verdanken: In diesem Sinne danke ich ausdrücklich Euch allen für Eure tollen Ideen, Euer hervorragendes Engagement und den kontinuierlichen Einsatz! Zudem gilt ein besonderer Dank allen Partnern aus Industrie und Forschung, den Förderinstitutionen aus der Politik, von Bund und Ländern genauso wie den Projektträgern. Gemeinsam können wir als Innovationstreibende zur Überwindung von Krisen beitragen sowie unsere antifragile Neugier auf Technologien der Zukunft befriedigen und stets weiter steigern.

Ich wünsche Ihnen viel Vergnügen und inspirierende Anregungen beim Lesen des Jahresberichts!



Ihr Martin Schneider-Ramelow  
Institutsleiter





# Kernkompetenzen

## Vom Wafer zum System

Intelligente Elektroniksysteme – überall verfügbar! Um das zu ermöglichen, müssen ihre Komponenten ungewöhnliche Eigenschaften besitzen. Je nach Anwendung müssen sie hochtemperaturbeständig, besonders langlebig, extrem miniaturisiert, formangepasst oder sogar dehnbar sein. Das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM unterstützt Firmen weltweit dabei, robuste und zuverlässige Elektronik bis zum Extrem zu entwickeln, aufzubauen und in ihre spezielle Anwendung zu integrieren.

Das Institut entwickelt dafür mit 430 Mitarbeitenden angepasste Systemintegrationstechnologien auf Wafer-, Chip- und Boardebene. Forschung am Fraunhofer IZM bedeutet, Elektronik zuverlässiger zu gestalten und sichere Aussagen zu ihrer Haltbarkeit zu machen.

### Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IZM

Die Forschungsergebnisse des Fraunhofer IZM sind für Anwenderbranchen wie die Automobilindustrie, Medizintechnik oder Industrieelektronik und selbst für die Beleuchtungs- und Textilindustrie von außerordentlichem Interesse. Halbleiterunternehmen und Zulieferern entsprechender Materialien, Maschinen und Anlagen, aber auch kleinen Unternehmen und Startups stehen die Möglichkeiten offen: von der schnell verfügbaren Standard-Technologie bis zur disruptiven High-End-Entwicklung. Als Partner profitieren Kunden von den Vorteilen der Vertragsforschung: Sie können exklusiv eine Produktinnovation auf den Markt bringen, ein Verfahren verbessern oder einen Prozess prüfen und zertifizieren lassen.

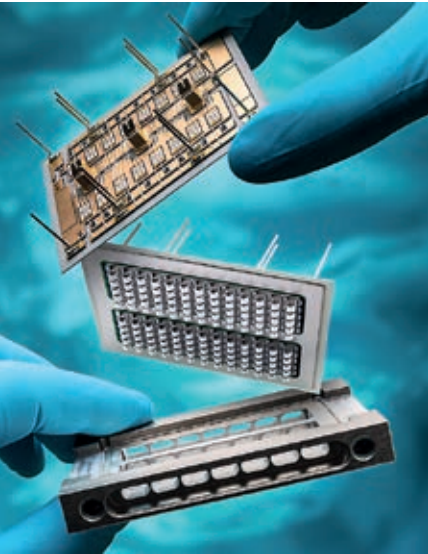
### Auftragsforschung

Häufig beginnt eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit einer ersten, in der Regel kostenlosen Beratungsphase. Erst wenn der Umfang der Kooperation definiert ist, stellt das Fraunhofer IZM seine FuE-Arbeit in Rechnung. Auftraggebende erhalten das Eigentum an den materiellen Projektergebnissen, die in ihrem Auftrag entwickelt wurden. Darüber hinaus bekommen sie die notwendigen Nutzungsrechte an den dabei geschaffenen Erfindungen, Schutzrechten und dem Know-how.

### Projektförderung

Manche Problemstellungen bedürfen vorwettbewerblicher Forschung. Hier bietet es sich an, die Lösung gemeinsam mit mehreren Partnern und der Unterstützung durch öffentliche Fördergelder zu erarbeiten. Um den Vorlauf für zukünftige Projekte mit der Industrie zu garantieren, kooperiert das Institut eng mit verschiedenen Hochschulen, z. B. den Technischen Universitäten Berlin und Dresden sowie der BTU Cottbus-Senftenberg.

# System Integration & Interconnection Technologies



*Halbbrückenmodul für einen direkt gekühlten AC/DC-Wandler in einem Formel 1-Rennwagen*

Die Abteilung »System Integration and Interconnection Technologies« (SIIT) ist die größte am Standort Berlin. Im Fokus ihrer Arbeit steht die heterogene Systemintegration. Durch die Kombination unterschiedlichster Materialien, Bauteile und Technologien eröffnen sich vielfältige Anwendungsfelder, etwa in der Medizintechnik, Automobilproduktion, Luftfahrt, Industrieelektronik oder Kommunikationstechnik. Für jeweils spezifische Anforderungen werden hochintegrierte elektronische und photonische Systeme, Module oder Packages entwickelt und hergestellt. Dabei wird die vollständige Wertschöpfungskette der einzelnen Produkte von der Konzeption, dem Design, über die Technologieentwicklung bis hin zur industrialisierbaren Fertigung abgebildet. Anwendungstechnische Schwerpunkte der Abteilung liegen auf Entwurf, Realisierung und Analyse leistungselektronischer und photonischer Systeme.

Zum Leistungsspektrum der Abteilung gehören zum Beispiel:

- Elektronische und photonische Schaltungsträger: mehrlagige konventionelle, starre und flexible Leiterplatten, zum Teil mit integrierten Komponenten; Mold Packages mit Umverdrahtung; Integration von optischen Wellenleitern in Leiterplatten
- Conformables: dehnbare, thermoplastische und textile Baugruppen
- Bestückung: hochpräzise Chip-Platzierung; automatisierte SMD-Montage; Flip-Chip-Technologie; automatisierte, optische Faserkopplung und Mikrooptik-Montage

- Verbindungstechnologien: Löten, Sintern, Transient Liquid Phase Bonding (TLPB) und Kleben von Bauteilen, Mikrooptiken und Chips; Draht- und Bändchenbonden; galvanische Metallabscheidung und Sputtern; Sieb- und Schablonendruck sowie kontaktlose Materialdosierung durch Jetten; Applikation von Polymerlinsen; integriert-optische Wellenleiter in Dünnglas; Entwicklung neuer Verbindungstechnologien
- Verkapselung: Leiterplattenembedding; Transfer und Compression Molding; Potting und Schutzlackierung; Underfilling und Glob Top
- Verarbeitete Materialien und Techniken: Faserverbundwerkstoffe; Verkapselungsmassen; Weichlote; Sintermaterialien; Glasstrukturierung; mechanische und chemische Metallbearbeitung

Die langjährige Erfahrung unserer Mitarbeiter\*innen in Kombination mit einer hochmodernen Geräteausstattung zur Verarbeitung großformatiger Fabrikationsnutzen in der gesamten Fertigung (610x457 mm<sup>2</sup>; 18'' x 24'') ist weltweit einzigartig. Zur Verfügung stehen ca. 2.500 m<sup>2</sup> Laborfläche, davon 600 m<sup>2</sup> Reinraum der ISO-Klassen 5–7. Hier erfolgt die Herstellung komplexer elektrischer oder photonischer Schaltungsträger, die Bestückung von Komponenten auf und die Einbettung in Schaltungsträger oder Gehäuse sowie die Verbindung und Verkapselung der Komponenten. Die realisierten Systeme werden elektrisch und mechanisch getestet und bewertet. Zur Dokumentation und für die Analyse setzen wir abbildende Techniken zur Strukturauflösung bis in den nm-Bereich, optische Funktionsmesstechnik und chemische Analytik bis in den sub-ppm-Bereich ein.

## Kontakt

Rolf Aschenbrenner  
rolf.aschenbrenner@  
izm.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Andreas Ostmann  
andreas.ostmann@  
izm.fraunhofer.de

# Wafer Level System Integration

Die Abteilung »Wafer Level System Integration« (WLSI) konzentriert ihre Forschungsaktivitäten auf die Entwicklung von Advanced Packaging- und Systemintegrationstechnologien auf Waferebene und bietet so kundenspezifische Lösungen für mikroelektronische Produkte. Rund 80 Wissenschaftler\*innen am Standort des Fraunhofer IZM in Berlin und am Institutsteil »ASSID – All Silicon System Integration Dresden« (mit 2.000 m<sup>2</sup> Reinraum) forschen in den Bereichen:

- 3D-Integration inkl. Cu-TSV und Wafer Stacking
- Prozessierung und Integrationstechnologien für dünne Wafer
- Heterogene Integration
- Wafer Level Packaging, Fine-Pitch Bumping und Interconnect-Technologien
- Hermetisches MEMS- und Sensor-Packaging
- High-Density Flip-Chip Assembly
- Sensorentwicklung und -integration
- Hybrid Photonic Integration
- Photonic & Plasmonic System Development

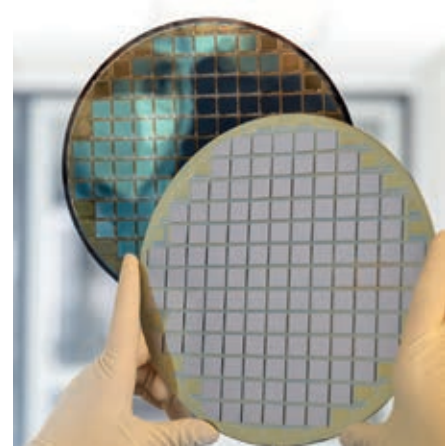
Die Abteilung hat an beiden Standorten Leading-Edge-Prozesslinien zu bieten, die eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Prozessierung von 200–300 mm Wafern erlauben, sich durch eine hohe Anpassungsfähigkeit und Kompatibilität der Einzelprozesse auszeichnen und insbesondere auf eine fertigungsnahe und industriekompatible Entwicklung und Prozessierung ausgelegt sind. Beide Standorte verfügen über ein vollständig gemäß ISO 9001:2015 zertifiziertes Managementsystem, das höchste Qualitätsstandards in der Projekt- und Prozessarbeit gewährleistet. In zahlreichen Forschungsprojekten werden die bestehenden Fachkenntnisse kontinuierlich erweitert, welche an KMU-Partner in der Entwicklungsphase transferiert werden können. Die Abteilung WLSI hat weltweit ein

umfangreiches Kooperationsnetzwerk aufgebaut: Hersteller und Anwender von Mikroelektronikprodukten, Anlagenhersteller und Materialentwickler im Mikroelektronikbereich.

Die technologische Expertise liegt in den Bereichen:

- Heterogene Wafer Level Systemintegration
- 3D Wafer-Level System-in-Package (WL-SiP, CSP, Wafer Scale Integration)
- Applikationsspezifische Cu-TSV-Integration: Via Middle, Via Last, Backside TSV
- Cu-TSV-Interposer mit Mehrlagen-RDL und Mikrokavitäten
- Glas-Interposer mit TGV und Mehrlagen-RDL
- High-Density Interconnect Formation: Mikro-/Nano-Interconnects und Pillar-Bumps mit Lötkappen (Cu, SnAg, CuSn, Au, AuSn, In, InSn, nano-porous Au)
- Pre-Assembly (Dünnen, Handling dünner Wafer, Laser Grooving, Laser Dicing, Laser Debonding, Blade Dicing)
- 3D Assembly (D2D, D2W, W2W)
- 3D Wafer Level Stacking
- Waferbonden, Direct Bond Interconnect (DBI) – W2W (12"), Kleben, Löten
- Mikrosensorentwicklung und -integration
- MEMS Packaging (hermetisch)
- Simulation und Charakterisierung von photonischen und plasmonischen Komponenten und Systemen
- Photonische Systemintegration (inkl. Wellenleiter und Selbstjustage)

Das Serviceangebot für Industriekund\*innen umfasst Prozessentwicklung, Materialevaluierung und -qualifizierung, Prototyping, qualifiziertes Low- und Middle-Volume Manufacturing sowie Prozesstransfer. Die neu entwickelten Technologien werden an die Anforderungen des Kunden angepasst.



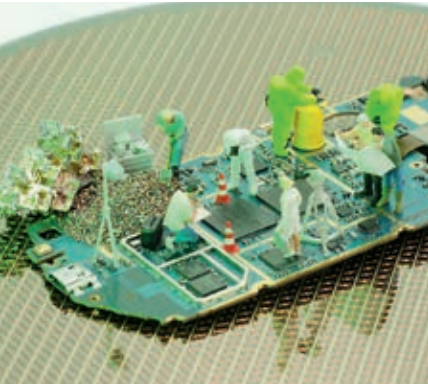
*Hermetische Vakuum-Verkapselung auf Waferebene mittels AuSn Wafer Bonding eines MEMS-basierten IR Imaging Sensors*

## Kontakt

Dr.-Ing. Michael Schiffer  
michael.schiffer@  
izm.fraunhofer.de

Dr. Manuela Junghänel  
manuela.junghaehnel@  
assid.izm.fraunhofer.de

## Environmental & Reliability Engineering



*Umwelt- und Zuverlässigkeitsuntersuchungen begleiten die technologischen Entwicklungen am Fraunhofer IZM*

Die Vereinbarkeit von Umwelt und Mikroelektronik hat mittlerweile in der Industrie einen hohen Stellenwert. Das Fraunhofer IZM ist Vorreiter in diesem Forschungsgebiet – die Abteilung »Environmental and Reliability Engineering« unterstützt seit über 20 Jahren Produktentwicklungen und die Vorentwicklung langlebiger und grüner neuer Technologien. Mit der einzigartigen Kombination von Umwelt- und Zuverlässigkeitsuntersuchungen deckt die Abteilung folgende Bereiche ab:

- Umweltbewertung und Ökodesign
- Ressourceneffizienz, Circular Economy und Obsoleszenzforschung
- Zuverlässigkeitsanforderungen, Prüfverfahren und Zustandsüberwachung
- Fehlermechanismen, Lebensdauermodelle und Materialdaten
- Zuverlässigkeitsanalyse und -optimierung mittels Simulationen

Mit einem interdisziplinären Team entwickeln wir Verfahren und Modelle und begleiten unsere Partner bei der Integration umwelt- und zuverlässigkeitsrelevanter Kriterien in den Design- und Entwicklungsprozess. So können wir bei der Einführung neuer Technologien, Materialien, Prozesse, Komponenten und Anwendungen frühzeitig Schwachpunkte und Potenziale identifizieren und geeignete Lösungen aufzeigen.

Eine wichtige gesamtgesellschaftliche Herausforderung liegt in der Eindämmung des steigenden Ressourcenverbrauchs und der Begrenzung von Elektro- und Elektronikschrott. Elektronik ist aus keinem Lebensbereich mehr wegzudenken und trägt insgesamt maßgeblich zum Klimawandel bei – gleichzeitig ist Mikroelektronik oft ein Schlüssel für Ressourceneinsparungen und Dekarbonisierung.

Die Anfragen der Industrie, sei es zu Designkonzepten für konkrete Produkte oder zu Umweltverbesserungen von Basistechnologien, steigen derzeit deutlich an. Wir unterstützen auch Zulieferer und kleinere Unternehmen bei der Erarbeitung individueller Klimaschutz- und Ressourceneffizienzziele.

Auch die Langlebigkeit, Demontagefähigkeit und Reparierbarkeit werden zunehmend durch Gesetzgebung, durch Kundenforderungen, die Weiterentwicklung der Standards und als Zuliefererauflage eingefordert. Die applikationsspezifische Zuverlässigkeitsabsicherung spielt hier eine wichtige Rolle, um lange Lebensdauern der ressourcenintensiven Elektronikmodule sicherzustellen.

Im Bereich der Zuverlässigkeitsabsicherung auf Technologieebene werden die Untersuchungsmethoden und Simulationsmodelle permanent weiterentwickelt. Alle wesentlichen Ermüdungsmechanismen und Belastungen von elektronischen Baugruppen werden je nach Anwendung untersucht, dazu gehören mechanische Vibration, Temperatur, Feuchte, Temperaturwechsel sowie Strom- und Spannungsbelastungen. Besonders prägnante Schwerpunkte sind derzeit Warpage und Korrosion. Auf der Basis individuell angepasster Tests und Simulationsmodelle werden die Technologieparameter (Materialauswahl, Geometrien, Prozessführung) optimiert, um die Zuverlässigkeitsanforderungen in der Fertigungskette und in der Applikation zu erfüllen.

### Kontakt

Dr.-Ing. Nils F. Nissen  
nils.nissen@  
izm.fraunhofer.de

## RF & Smart Sensor Systems

Die Abteilung »RF & Smart Sensor Systems« befasst sich mit der Erforschung, Entwicklung und industriellen Anwendung von drahtlosen Sensor- und Kommunikationssystemen. Im Fokus der Arbeiten stehen 5G- und 6G-Kommunikationssysteme, Radarsensorik sowie drahtlose Sensorknoten. Die funktional bestimmenden Kriterien und die größte Herausforderung in Bezug auf Forschung und Entwicklung sind große Bandbreiten, hohe Robustheit und ein Maximum an Energieeffizienz.

Dazu treten Features wie steuerbare Antennen, Beamforming oder Sicherheit gegen Korruption in den Vordergrund. Für deren Umsetzung ist eine stärkere Verzahnung des Schaltungsdesigns mit der Technologieentwicklung (Hardware-Package-Co-Design) ebenso unabdingbar wie ein Hardware-Software-Co-Design. Deshalb beziehen die Arbeiten unserer Abteilung das breite Technologie-Know-how des Fraunhofer IZM ebenso ein wie die eigenen tiefen Kenntnisse in Firm- und Softwareentwicklung.

Inhaltlich konzentrieren sich die Arbeiten auf:

- HF-Design und -Charakterisierung von Materialien, Packages, Antennen und Komponenten (bis 220 GHz)
- HF-Systemintegration und Modulentwurf unter Berücksichtigung von Signal- und Power-Integrität
- Entwicklung hochintegrierter Radarsensorik
- Entwurf und Realisierung autarker drahtloser Sensorsysteme für den industriellen Einsatz
- Entwicklung von Mikrobatterien sowie von Energieversorgung und -management für autarke Systeme
- Werkzeuge für den optimierten Entwurf von Mikrosystemen und Server-Client-Software-Architekturen für IoT-Anwendungen



*Radars-Frontend für ein hochauflösendes Radarsystem mit KI-gestützter Datenverarbeitung für kooperatives autonomes Fahren*

### Kontakt

Prof. Dr.-Ing. habil.  
Ivan Ndip  
ivan.ndip@  
izm.fraunhofer.de

Harald Pötter  
harald.poetter@  
izm.fraunhofer.de

# Highlight High-End Performance Packaging – das neue Paradigma der Elektronikintegration

Erik Jung

In der heutigen Welt hat das »Advanced Packaging« mit Ansätzen wie Flip-Chip-Technologien, Wafer Level CSPs oder in das Substrat eingebetteten ICs eine Schlüsselfunktion innerhalb der modernen Elektronik-Integrationstechnologien. Angesichts der ständig steigenden Nachfrage nach schnelleren und effizienteren Computer- und Elektroniksystemen ist der Bedarf an innovativen und fortschrittlichen Packaging-Lösungen zudem größer denn je. Industrie und Forschung haben auf diesen Trend mit der Einführung neuer Techniken und Architekturen wie Chiplets und heterogener Integration reagiert, die Hochleistungssysteme zu geringeren Kosten versprechen.

Dieser Trend geht einher mit einer Verlagerung des Systemaufbaus weg von passiven Systemträgern (d. h. Interposer, High-End-Substrate), hin zu Trägern, die eine aktive Rolle für die Funktionen des (Teil-)Systems spielen. Hierbei ebnete das Aufkommen der Chiplet-Architektur den Weg und beeinflusste diesen Trend stark. Unter Chiplets versteht man kleinste Chip-Untereinheiten, die sowohl monolithisch als auch, was noch wichtiger ist, nicht-monolithisch zu einer vollständigen Systemfunktionalität kombiniert werden können und somit den »System-on-Chip«-Ansatz flexibel unterstützen. Jedes Chiplet ist so konzipiert, dass es zunächst unabhängig eine eigenständige Funktion bietet und mit weiteren Chiplets modular kombiniert wird, um eine maßgeschneiderte Lösung für kundenspezifische Anwendungen zu schaffen. Dies stellt für das Systemdesign und die -herstellung einen äußerst flexiblen und skalierbaren Ansatz dar und ermöglicht eine schnellere Markteinführung sowie geringere Entwicklungskosten innovativer Produkte.

Die Vorteile des Chiplet-Ansatzes liegen auf der Hand: Durch die Zerlegung des zuvor monolithischen Single-Chip-Designs in kleinere, besser handhabbare Komponenten können die Entwickler\*innen die Vorteile bestehender, bewährter Technologien nutzen und sich gezielt auf die Entwicklung neuer und innovativer Komponenten konzentrieren. Dies resultiert in einem schnelleren und effizienteren Designprozess, größerem Erfolg beim »First Silicon« und niedrigeren Herstellungskosten durch eine bessere Ausnutzung des 300-mm-Wafer-substrats und eine höhere Ausbeute.

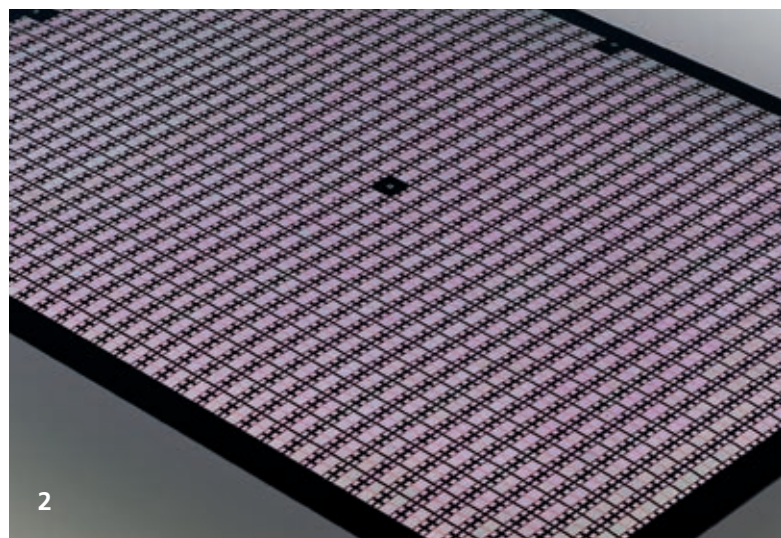
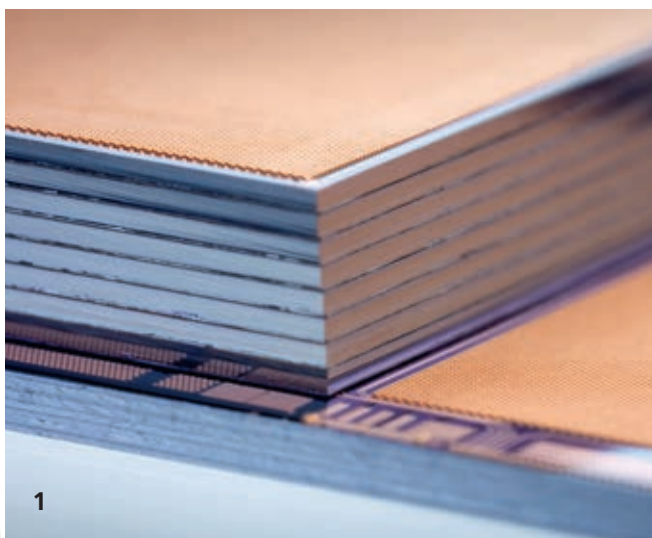
*1 Multi-Chip Stapel  
mit Mikrobumps als  
Verbindungselemente*

*2 Hochdichte Integration auf  
Panelebene (435x610mm<sup>2</sup>)*

*3 Hochdichte Flip-Chip-Mikro-  
bumps, 3µm Pitch, 1,5µm  
Durchmesser*

## Kontakt

Erik Jung  
erik.jung@  
izm.fraunhofer.de



Das Fraunhofer IZM hat diesen Trend schon früh aufgegriffen, indem es den Ansatz des »disaggregierten Systems« von oben nach unten verfolgte und dabei von seinem umfassenden Know-how im Bereich des Advanced Packaging profitierte. Das Institut erkannte die Notwendigkeit eines von der Industrie akzeptierten Prozessstandards und war die erste Einrichtung in Europa, die auf spezifische FuE-Prozesse verzichtete und ein Hybrid-Bonding-Verfahren in Verbindung mit Through-Silicon-Vias bei sich einführte, welches heute in der gesamten Branche als Standard gilt.

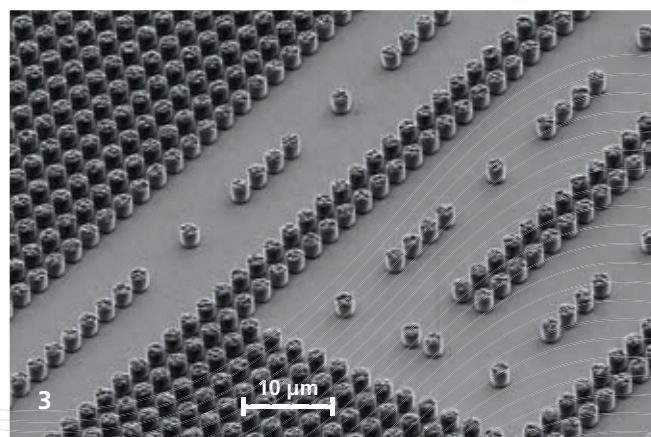
Das Vorantreiben der Micro-Bumping-Technologie für Flip-Chip-Verbindungen mit extremen Kontaktdichten, die wir heute im Chip-Stacking sehen, ist ebenfalls ein langjähriges Anliegen des Fraunhofer IZM und seit nunmehr 30 Jahren Bestandteil der Innovationsstrategie des Instituts. Das Chiplet-Paradigma, das bereits die Front-End-Architektur in separate IP-zentrierte Hardware-Blöcke aufteilt, nutzt folgerichtig diese Packaging-Toolbox für die Integration zu einem hochfunktionalen System. Ergänzt wird dieser bislang rein auf die digitale Domäne bezogene Architekturansatz durch den Trend zur heterogenen Integration mit Elementen aus anderen Domänen, wie elektrooptischen oder sensorischen Fähigkeiten.

Die technologischen Möglichkeiten in Verbindung mit dem Ansatz der Chiplet-Architektur erlauben inzwischen die Integration mehrerer Technologien wie Logik, Speicher, Analogtechnik und Sensoren auf einem einzigen chipgroßen (Sub-)System, was zu einem hochfunktionalen Modul mit verbesserter Leistung und Energieeffizienz führt. Auch die weiter oben in der Wertschöpfungskette angesiedelten Elemente der Verpackungshierarchie haben ihrerseits Innovationsansätze zu bieten, die das sogenannte High-End-Performance-Packaging (HEPP) auszeichnen. Diese HEPP-gestützte Integration wird vorangetrieben durch das Aufkommen des

substratlosen Fan-Out-Packagings, das ultrahohe Leiterbahn- und Kontaktdichten auf großen Fertigungspaneelen sowie die Integration aktiver Interposer und geometriehärender Merkmale (z. B. Richtantennen, integrierte Kühlung) ermöglicht und damit einen einfachen Pfad zur Heterointegration bietet.

Die Systeme der nächsten Generation werden von diesen Entwicklungen nachhaltig profitieren und neue Möglichkeiten für anspruchsvolle Anwendungen wie »Edge KI«, autonome Funktionen, »Ubiquitous Services« usw. bieten, während gleichzeitig der Ressourcenverbrauch gesenkt wird, um dem Paradigma einer umweltgerechteren Gesellschaft zu entsprechen.

Zusammenfassend ist zu erwarten, dass sich das High-End-Performance-Packaging als zentraler Bestandteil von technologischen Innovationen in der Elektronikbranche etabliert und die nächste Revolution in elektronischen Systemen vorantreiben wird. Das Fraunhofer IZM hat sich hier entsprechend aufgestellt, um diese Entwicklung aktiv zu unterstützen und gezielt zu forcieren.



# Highlight

## Mikrointegration für Quantencomputing am Fraunhofer IZM

Wojciech Lewoczko-Adamczyk,  
Hermann Oppermann, Andrej Stranz

### Einführung

Quantentechnologien bestimmen schon seit über einem halben Jahrhundert wichtige Bereiche unseres Alltags. So gehören zum Beispiel Transistoren und Halbleiterkomponenten, der klassische Laser und die Atomuhren zu den quantentechnologischen Bauelementen der ersten Generation. In den letzten beiden Fällen haben wir es mit einer großen Vielfalt von Quantenteilchen zu tun: Während der Laser gleichzeitig Millionen von perfekt miteinander korrelierten Photonen emittiert, liegt der Atomuhr ein hochgenaues Spektroskopieverfahren zugrunde, um den Quantenzustand eines makroskopischen atomaren Ensembles auszulesen.

Die technologischen Fortschritte der letzten Jahre ermöglichen nun einen Zugang zur kontrollierten Manipulation sowie das Auslesen von Zuständen einzelner Quanten, auch Quanten-Bits (Q-bits) genannt. Während ein Bit, die kleinste Einheit der klassischen Information, nur einen der beiden Werte 0 oder 1 annehmen kann, kann sich ein Q-bit in einer beliebigen Kombination der Basiszustände 1 und 0 gleichzeitig befinden. Diese sogenannte Quantenüberlagerung von Zuständen bildet, zusammen mit der Verschränkung von zwei Q-bits, eine Grundlage der zweiten Quantenrevolution, und eröffnet völlig neue Anwendungen in der Kommunikation, der Simulation, dem Computing und der Sensorik. Allerdings sind Q-bits höchst empfindlich und kurzlebig. Die Vielfalt an Information, die jedes Q-bit in sich trägt, zerfällt schnell aufgrund der störenden Wechselwirkung mit der Umgebung. So funktionieren z. B. supraleitende Q-bits oder Einzelphotonendetektoren nur unter kryogenen Temperaturen von 4K bis in den Milli-Kelvin-Bereich. Bei atomaren und ionischen Q-bits hingegen ist eine deutliche Reduktion von Stößen mit Hintergrundgasen vonnöten, was in einer Ultrahochvakuumumgebung realisiert wird.

Das Packaging von Quantenelektronik und Quantenphotonik am Fraunhofer IZM verfolgt daher verschiedene Ansätze: Einerseits die Entwicklung einer an die Arbeitsumgebung bei tiefen Temperaturen angepassten Aufbau- und Verbindungstechnik und andererseits die Entwicklung von miniaturisierten und skalierbar herstellbaren Vakuumpackages.

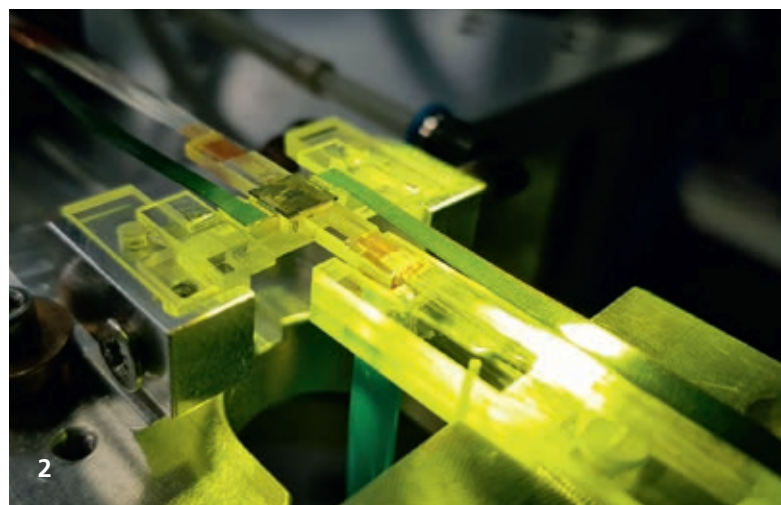
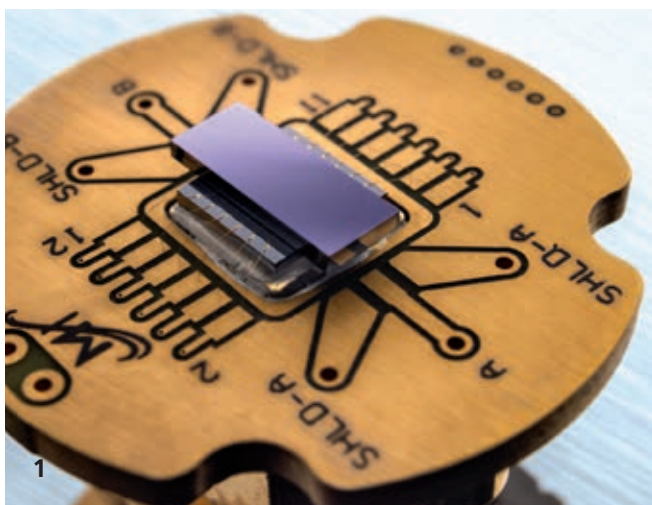
### Kontakt

Dr. rer. nat. Wojciech  
Lewoczko-Adamczyk  
wojciech.  
lewoczko-adamczyk@  
izm.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Hermann  
Oppermann  
hermann.oppermann@  
izm.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Andrej Stranz  
andrej.stranz@  
izm.fraunhofer.de





### Aufbau- und Verbindungstechnik für tiefe Temperaturen

Da bei den elektrisch übertragenen Signalen, die beim Ansteuern und Auslesen von Q-bits genutzt werden, enorme Frequenzen in Höhe von einigen GHz entstehen, stellen Flip-Chip-Aufbauten auf Interposern eine lohnende Option dar. Zu den störenden Wechselwirkungen, die zum Zerfall der in Q-bit gespeicherten Information führen, gehört unter anderem die entstehende Wärme. Diese Wärme bildet sich durch die Energieumwandlung am elektrischen Widerstand und durch Polarisationsverluste in den Interposern und Flip-Chip-Verbindungen. Zur Reduktion der Wärmeeinträge werden am Fraunhofer IZM supraleitende Interposerschaltungen auf Basis von Niob und Niobnitrid entwickelt. Beim Temperaturwechsel zwischen Raumtemperatur und kryogener Umgebung kommen supraleitende Indium-Bumps aus der Mikrogalvanik zum Einsatz. Die supraleitenden Interposerschips können in einem Messstand bei kryogenen Temperaturen ( $< 4\text{K}$ ) charakterisiert werden. Es werden hierfür Parameter bestimmt, wie etwa die Sprungtemperatur (Übergang zur Supraleitung), die kritische Stromdichte oder die kritische Magnetfeldstärke, bei der die Supraleitung zusammenbricht.

### Aufbau- und Verbindungstechnik für hermetische Packages

Ultrahoch-Vakuumkammern in Aufbauten für atomare oder ionische Q-bits sind aufgrund ihrer Größe und ihres Energieverbrauchs der limitierende Faktor bei der Entwicklung portabler Geräte für Quantensensorik und -computing. Am Fraunhofer IZM werden daher Verfahren zur industriellen und kostengünstigen Herstellung von passiven, miniaturisierten Vakuumpackages auf Basis von Glas entwickelt. Das Institut

kann dabei auf seine langjährige Erfahrung in der Bearbeitung von technischen Gläsern und deren Einsatz in optoelektronischen Systemen zurückgreifen. So stehen am Fraunhofer IZM diverse Möglichkeiten zur Herstellung von hermetisch dichten Verbindungen zur Verfügung, wie beispielsweise Laserlöten und -schweißen von metallisierten Gläsern sowie anodisches Bonden. Ein weiterer Schritt hin zu einer verbesserten Funktionalisierung (System-in-Package) ergibt sich aus der Einbeziehung von optischen Wellenleitern und elektronischen Durchführungen ins transparente Substrat sowie aus der Ankopplung und Integration von photonischen Schaltkreisen (PICs). Die bereits bestehenden Prozesse für die Herstellung von Wellenleitern im Glas werden dabei auf den sichtbaren und den Nahinfrarotbereich ausgeweitet.

### Zusammenfassung

Mit exzellenter technischer Ausstattung erweitert das Fraunhofer IZM seine langjährige Expertise in der Entwicklung zuverlässiger Packaging-Ansätze um die anspruchsvolle Domäne von Quantenelektronik und -photonik. Damit sollen noch bestehende technologische Lücken geschlossen werden, um die Ideen der zweiten Quantenrevolution über die Schwelle hin zu industriellen Anwendungen zu führen.

*1 Chipaufbau für die Auslese-Elektronik in Quantencomputern auf Kryo-Testsocket*

*2 Hermetisches optoelektronisches Package für photonisches Quantencomputing mit ultrakalten Atomen (@Fraunhofer IZM, Quantum Source Labs Ltd.)*

# Highlight Kompetenzzentrum Green ICT @ FMD

Nils F. Nissen

Energieeffizienz und Klimaschutz sowie die Kreislaufführung von Rohstoffen und Produkten sind bedeutsame umweltpolitische Zielstellungen, welche die technischen Anforderungen an die Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) in den kommenden Jahren maßgeblich beeinflussen werden. Die globale IKT-Industrie stellt sich diesen neuen Anforderungen an Technologie und Produkte im Rahmen der Initiative »Green ICT«. Seit geraumer Zeit fördert das BMBF die angewandte Forschung zu diesem umfangreichen Themenkomplex als Querschnittsthema und auch als unmittelbaren Forschungsgegenstand.

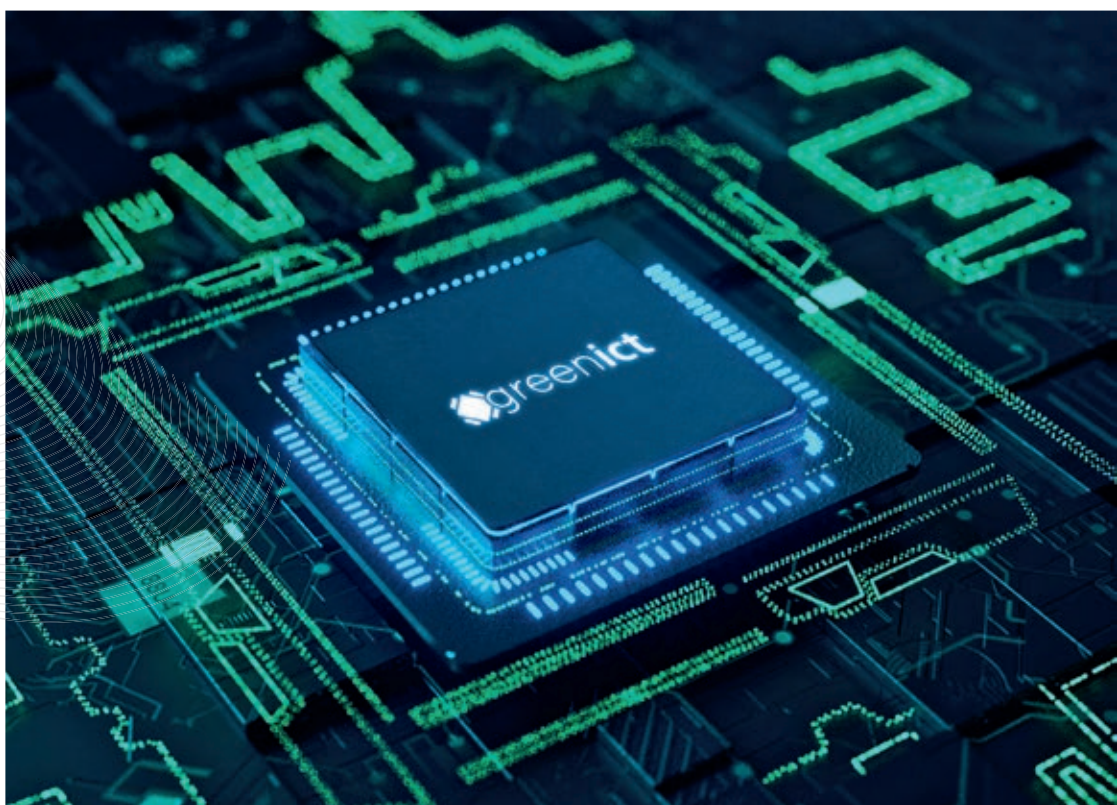
Mit dem Fördervorhaben »Green ICT@FMD« wurde im Herbst 2022 nun ein weiterer Schritt zur Umsetzung des Klimaschutzprogramms der Bundesregierung getätigt und ein Green-ICT-Kompetenzzentrum unter der Leitung der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) geschaffen. Dieses Zentrum bündelt das breite Leistungsangebot der angewandten Elektronikforschung für Green ICT in Deutschland und stellt es dem industriellen Markt zur Verfügung. Es wurden drei Themenschwerpunkte mit besonders hoher Relevanz für die industriellen Partner in Deutschland und Europa gewählt, um das Leistungsangebot in sogenannten Green-ICT-Hubs zu clustern. Diese thematischen Schwerpunkte sind »Sensor-Edge-Cloud Systeme«, »Kommunikationsinfrastrukturen« sowie Materialien und Prozesse für eine »ressourcensparsame Mikroelektronikproduktion«.

Die Umweltabteilung des Fraunhofer IZM übernimmt bei der Entwicklung und Umsetzung dieses Vorhabens eine besondere Rolle. Sie fungiert mit ihrer Kompetenz im Bereich der lebenszyklusbezogenen Umweltbewertung (LCA) und der technisch-ökologischen Optimierung (Ecodesign) als wissenschaftlicher Anker für das gesamte Projekt. Das ökologische Verbesserungspotenzial muss detailliert quantifiziert werden, da Green ICT bzw. Ökodesign-Lösungen vielen Variablen unterliegen und keine einzelne Technologie in allen Anwendungen besonders grüne Ergebnisse erzielt.

## Kontakt

Dr.-Ing. Nils F. Nissen  
nils.nissen@  
izm.fraunhofer.de

Mit Unterstützung des BMBF wird ein Green-ICT-Kompetenzzentrum unter Leitung der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland geschaffen.



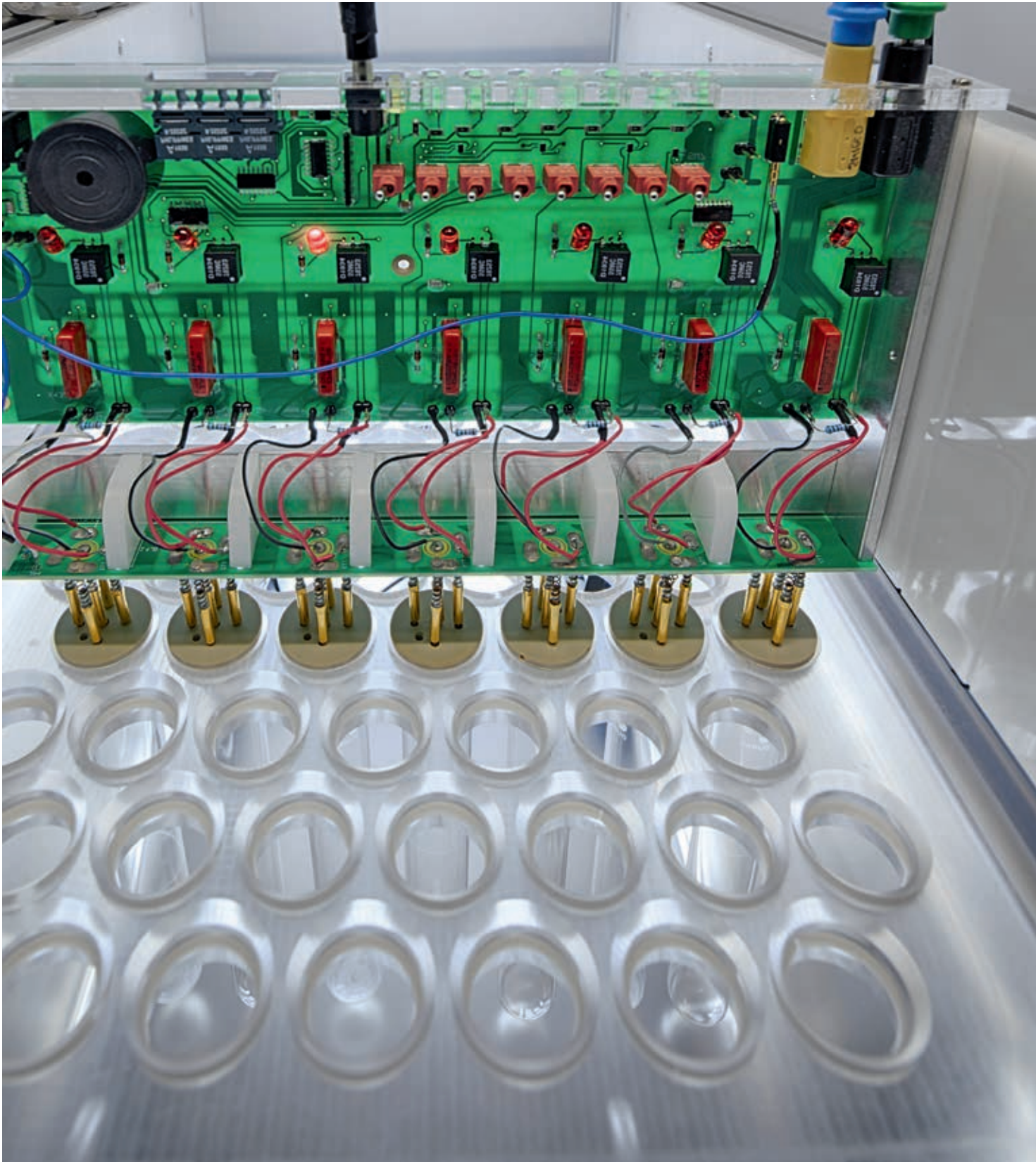
Am Fraunhofer IZM beteiligen sich alle Abteilungen mit ihren spezifischen Fachkompetenzen an dem Vorhaben. Es werden ressourcensparende Technologien und Systemdesigns als Referenzlösungen aufgebaut und die labortechnische Ausstattung für die synchronisierte Messung von Leistungsparametern und Stromverbräuchen erweitert. Die Schaffung von Workflows und Datengrundlagen für eine schnelle Umweltbewertung in den entscheidenden Phasen einer Technologie- und Produktentwicklung ist ein weiterer Fokus der Arbeiten. Kernthema des Fraunhofer IZM wird weiterhin die Umweltbewertung und Umwelloptimierung im »Advanced Packaging« bleiben.

Als Beispiele für ein erweitertes Green-ICT-Leistungsangebot lassen sich die vielfältigen Technologien für photonische IKT am Fraunhofer IZM anführen. Photonische IKT-Systeme verfügen bezüglich der verlustarmen und schnellen Übertragung großer Datenmengen theoretisch über sehr hohe Energieeffizienzpotenziale. Gleichzeitig bestehen jedoch noch immer enorme technologische Herausforderungen, für deren Lösung das genannte Vorhaben eine vielversprechende Grundlage liefert. Weitere Schwerpunkte sind das Systemdesign von Sensor-Netzwerken und hoch performanten Funksystemen mit hohen Frequenzen (5G/6G). Um derartige Sensor- und Kommunikationssysteme energie- und ressourcenschonend

zu gestalten, müssen die Systemarchitektur, Komponentenkonfiguration sowie ein lastadaptiver Betrieb optimal ausgelegt werden. Diese Aufgabe erfordert eine intensive interdisziplinäre Zusammenarbeit bei der Entwicklung und Simulation der Systeme ebenso wie multifunktionale Testaufbauten, welche alle relevanten Parameter synchron messen können.

Für die gesamte Mikroelektronik im IKT-Bereich geht es schließlich nicht nur um Energieeffizienz im Betrieb, sondern auch um eine Minimierung der Umweltlast in der Herstellung. Das Fraunhofer IZM hat hier über Jahre Umweltwissen über die vielen notwendigen Herstellprozesse aufgebaut, darunter auch zu den besonders umweltrelevanten Reinraumprozessen der Mikroelektronik.

Mit dem Vorhaben »Green ICT @ FMD« werden Energie- und Ressourceneffizienz als ein bisheriges Querschnittsthema nun zu einem integralen Bestandteil der Technologieentwicklung für Mikroelektronik in der Fraunhofer-Gesellschaft. Das Fraunhofer IZM baut hier seine Vorreiterrolle weiter aus.



*Prüfstand zur Bestimmung  
der Langzeitstabilität von  
Verkapselungsschichten  
implantierbarer Geräte*

# Weltweit führend für angewandte Forschung

## Ein starkes Netzwerk

### Fraunhofer-Gesellschaft

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien und die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Als Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz wirkt sie mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft. Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 76 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 30.000 Mitarbeitende, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von ca. 3 Milliarden Euro. Davon fallen ca. 2,5 Milliarden Euro auf den Bereich Vertragsforschung.

### Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland

Das Fraunhofer IZM ist seit 2017 Teil der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD). Die FMD als Kooperation des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik mit den Leibniz-Instituten FBH und IHP ist zentraler Ansprechpartner für alle Fragestellungen rund um die Mikro- und Nanoelektronik in Deutschland und Europa. Mit mehr als 4.500 Mitarbeiter\*innen gehört die FMD weltweit zu den größten Zusammenschlüssen dieser Art auf dem Gebiet der Forschung und Entwicklung.

Im Jahr 2022 hat die FMD zwei neue Großprojekte auf den Weg gebracht. Im Projekt »Green ICT@FMD« soll in den nächsten dreieinhalb Jahren ein standortübergreifendes

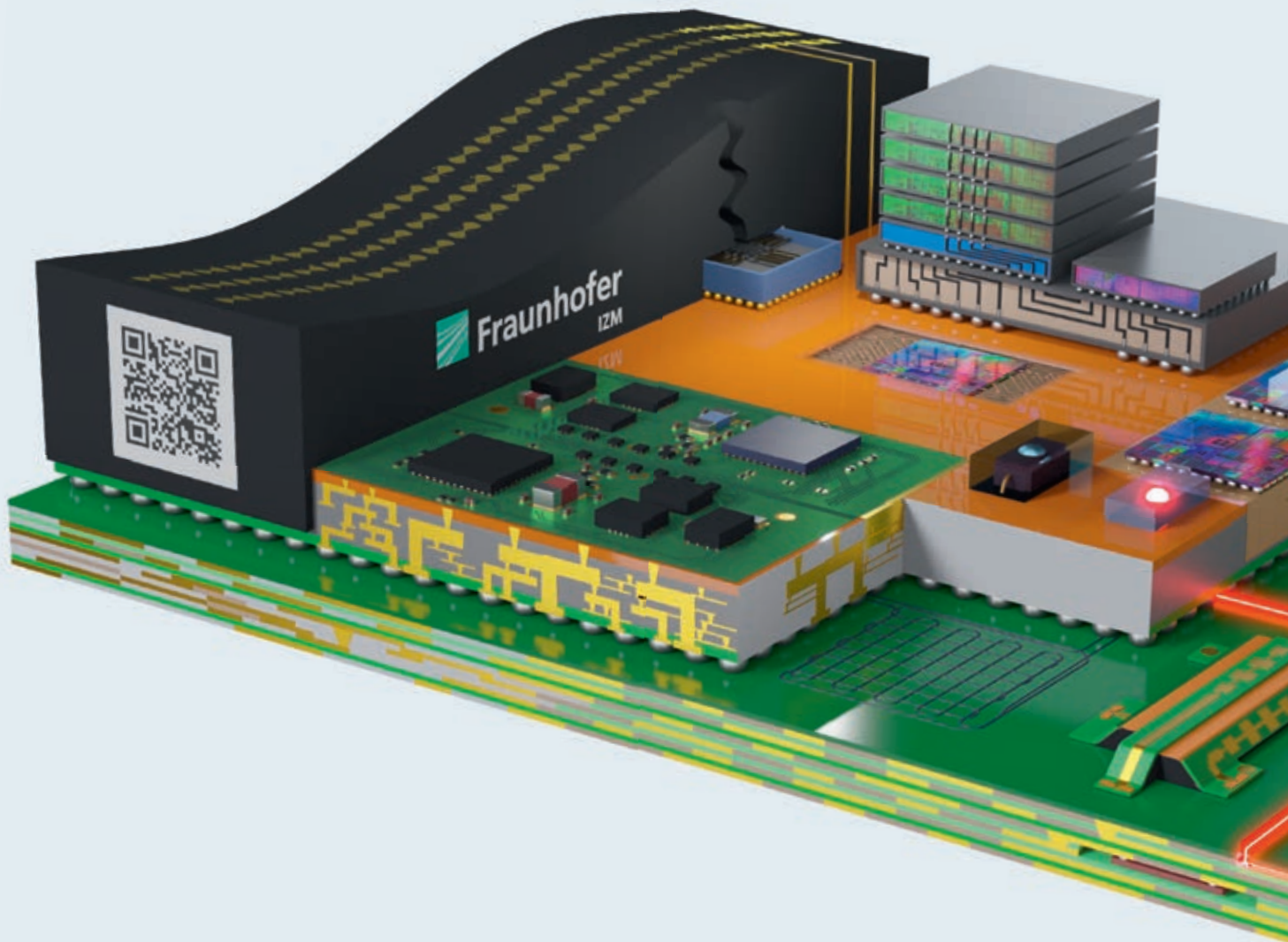
Kompetenzzentrum für eine ressourcenbewusste Informations- und Kommunikationstechnik aufgebaut werden. Um die in Deutschland vorhandene mikroelektronische Forschung und Entwicklung in Bezug auf Quanten- und neuromorphes Computing zu bündeln und auszubauen, wurde im Dezember 2022 das Vorhaben »FMD-QNC« ins Leben gerufen. Im Rahmen von »Green ICT@FMD« und »FMD-QNC« soll in den kommenden drei Jahren eine deutschlandweite Mikroelektronik-Akademie entstehen.

Des Weiteren wurden im Jahr 2022 innerhalb der FMD essenzielle Vorbereitungen für das technologische Fundament des »European Chips Act« getroffen, damit Deutschland und Europa in der globalen Wertschöpfungskette weiterhin wichtige Akteure bleiben.

### Leistungszentren

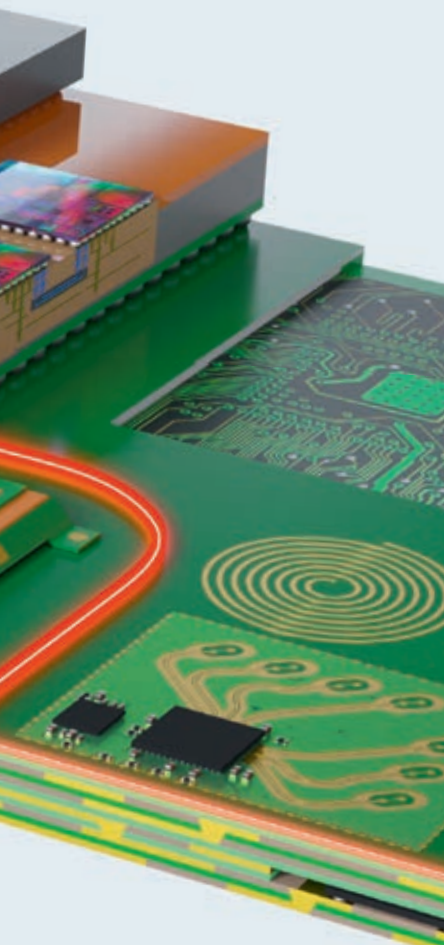
Aufgabe des Leistungszentrums »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik« ist es, vor allem mittelständische Firmen in Sachsen in der Sensorik und Aktorik, der Messtechnik sowie im Maschinen- und Anlagenbau durch eine schnelle Überführung von Forschungsergebnissen in innovative Produkte zu stärken. Ihm gehören die Fraunhofer-Institute ENAS, IIS-EAS, IPMS und IZM-ASSID sowie die TU Dresden, die TU Chemnitz und die HTW Dresden an.

Das Leistungszentrum »Digitale Vernetzung« ist eine Kooperation der vier Berliner Fraunhofer-Institute FOKUS, HHI, IPK und IZM. Im Zentrum der Arbeit stehen Technologien und Lösungen, die der zunehmenden Digitalisierung und Vernetzung aller Lebensbereiche Rechnung tragen.



**Für komplexe, kompetenzvereinende Projektinitiativen stehen unseren Geschäftspartnern die Kolleg\*innen aus Marketing und Geschäftsfeldentwicklung zur Verfügung: Sie kommunizieren den branchenspezifischen Bedarf in alle Technologieabteilungen des Instituts und koordinieren den jeweils innovativ erarbeiteten Lösungsweg.**

**Sprechen Sie uns daher gerne an, wenn Sie neue Themenfelder mit anspruchsvollen Zukunftstechnologien strategisch weiterentwickeln möchten.**

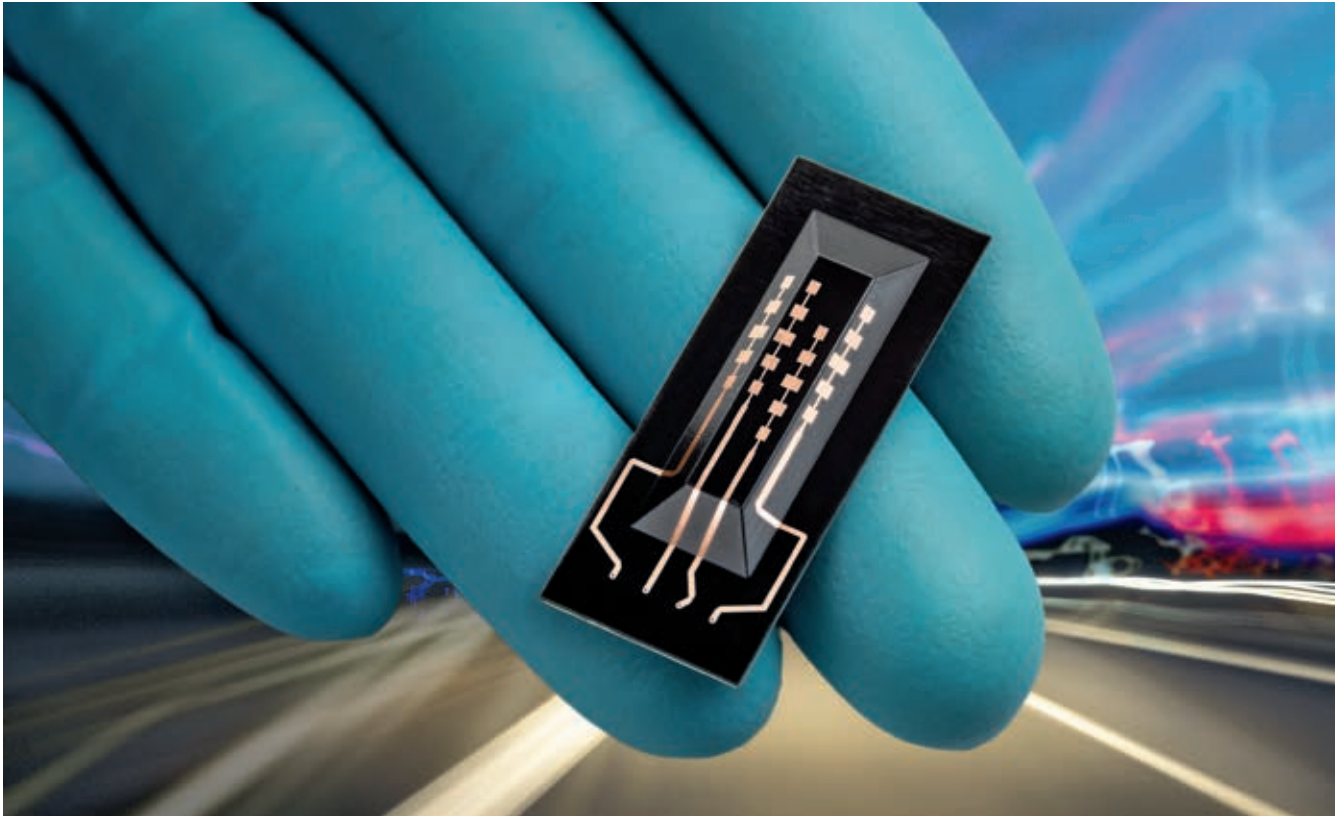


# Geschäftsfelder & Branchen

---

Automobil- und Verkehrstechnik.....	22
Medizintechnik .....	24
Halbleiter.....	26
Industrieelektronik.....	28
Information und Kommunikation .....	30

## Automobil- und Verkehrstechnik



*3D-Radar-MIMO-Antenne  
für  $\pm 90^\circ$ -Objekterfassung  
(gefördert vom BMBF)*

Moderner Verkehr sollte so sicher, umweltfreundlich und kostenoptimiert wie möglich gestaltet werden. Zu diesem Zweck kommen für innovative Verkehrsträger und Prozesse leistungsfähige, zuverlässige und bei Bedarf hochminiaturisierte elektronische Systeme zum Einsatz. Diese Applikationsfelder gehören zu den Kernkompetenzen einer jeden Abteilung am Fraunhofer IZM, das OEM, Tier 1 und deren Zulieferer bei der Elektrifizierung des Fahrzeugs auf allen Ebenen unterstützt. Zudem werden sowohl für konventionelle, hybride oder elektrische Antriebstechnologien als auch für Systeme zur Gewährleistung von Sicherheit und Komfort zukunftssträchtige und zuverlässige Lösungen entwickelt und anschließend prototypisch realisiert.



## Abbildung der Systemalterung in digitalen Zwillingen

Die KI-basierte Selbstvalidierung von Elektroniksystemen auf Basis von neuartigen hybriden Modellansätzen wurde stetig weiter ausgebaut. So wurden im BMWK-geförderten Projekt SesiM Testvehikel mit funktionalen Strukturen für die Bereiche Automotive und Bahntechnik aufgebaut und entsprechende hybride Modellierungen sowohl mit Open-Source als auch kommerziellen Softwareumgebungen realisiert. Mit den entwickelten Grey-Box-Modellen kann die Systemebene bis zur Aufbau- und Verbindungstechnik abgebildet werden. Im ebenfalls vom BMWK geförderten Projekt DIREKT »Digitaler Lebenszyklus (hybrid-)elektrischer Antriebssysteme« übertrugen IZM-Forscher\*innen die Ansätze auf die Leistungselektronik in der Luftfahrt. Zudem wird der digitale Fingerabdruck der mechatronischen Baugruppen kontinuierlich zum digitalen Zwilling weiterentwickelt.

## Einbett-Technologie für Leistungsmodule

Leistungsmodule, die mit Halbleitern wie SiC und GaN ausgestattet sind, gewinnen aufgrund der überlegenen Funktionalität dieser Materialien zunehmend an Bedeutung, insbesondere für Anwendungen in der Automobilbranche, der Luft- und Raumfahrt und in Energienetzen. Die Einbettung von Leistungshalbleitern ermöglicht eine erhebliche Verkleinerung, verbesserte elektrische und thermische Eigenschaften und ein hohes Maß an Zuverlässigkeit solcher Leistungsmodule. Für die genannte Einbettung werden Leiterplattentechnologien verwendet, um die Bauelemente in ein PCB-Laminat zu integrieren. Die so hergestellten Module zeichnen sich durch große Vorteile in Bezug auf Zuverlässigkeit, Volumenreduzierung und elektrische Leistung aus.

## 3D-Substrate für hochintegrierte Kommunikationsmodule

Das Fraunhofer IZM nutzt erfolgreich die dritte Dimension für den Aufbau hochintelligierter Mikrosysteme. Für die Umsetzung

von 3D-Radarantennen und auch für die Fertigung von organischen 3D-Schaltungsträgern wurden vor allem die industriellen Anforderungen in Hinblick auf Robustheit und dauerhafte Geometriestabilität berücksichtigt. Dies gelingt mittels Mold-Technologie, die als Standardverkapselungsprozess von elektronischen Packages weltweit zum Einsatz kommt. Im Projekt KoRRund und insbesondere im 2022 abgeschlossenen Projekt KI-Radar konnten hochpräzise 3D-Antennen mit integrierter Schirmlage angefertigt werden, und zwar durch Direkt-Metallisierung auf Molding Compound und auch durch Hinterspritzen von HF-Substraten.

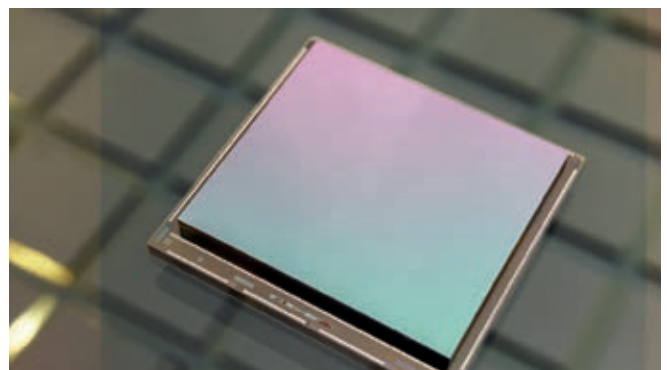
## Wafer-Level-Packaging-Prozesse für die kostengünstige Fertigung von Infrarotkameras

Im Rahmen des EU-ECSEL-Projekts APPLAUSE entwickelte das Fraunhofer IZM Wafer-Prozesse, um flächige MEMS-basierte Pixel-Arrays (Bolometer) hermetisch und vakuumdicht zu verkapseln. Diese bilden das Kernstück eines Infrarot-Wärmesensors für die Automobilsicherheit. Dabei wurden die Bauelemente hermetisch durch Waferbonden mit Bondringen aus Gold-Zinn (AuSn) versiegelt, welche eine optische Kappe über dem Sensor zusammenfügen und eine zuverlässige Verkapselung sowie Kompatibilität bei späteren Verarbeitungen gewährleisten. Sowohl die Kappe als auch die Sensorwafer wurden speziell für das Waferbonding vorbereitet, was die gleichzeitige hermetische Versiegelung von mehr als 120 Sensoren auf einem 200mm-Wafer ermöglichte.

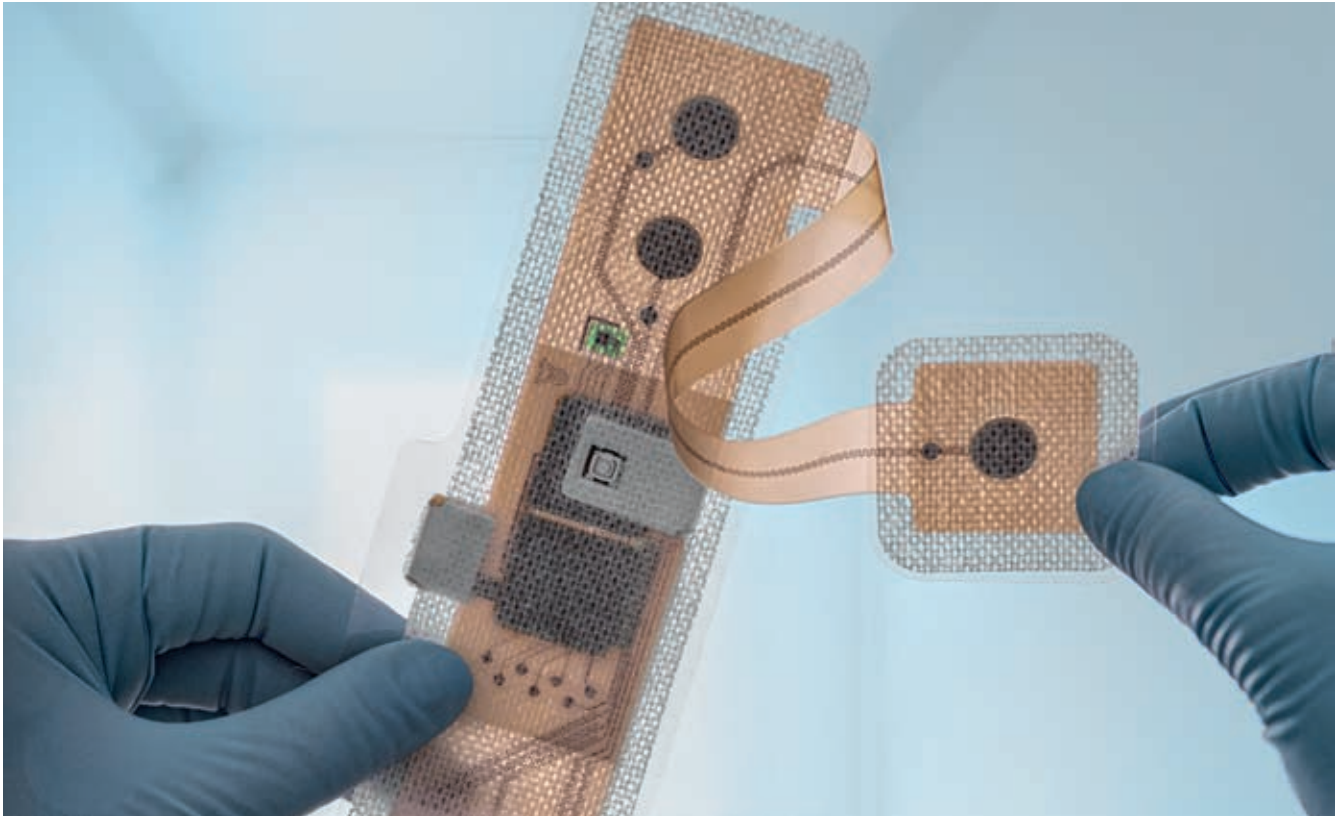


*Die 360°-Überwachung rund um das Fahrzeug macht es möglich, seitlich auftretende Hindernisse frühzeitig zu erkennen*

*Vereinzelter MEMS-basierter IR-Sensor-Chip nach hermetischem Wafer-Level Vakuum-Capping mit AuSn-Bondtechnologie*



## Medizintechnik



*Multisensor Patch  
(EKG, PPG, Impedanz  
Pneumographie, Bewe-  
gung) in TPU aus dem  
EU-Projekt APPLAUSE*

Viele medizinische Innovationen, die das Leben von Patient\*innen erleichtern, basieren auf fortschrittlichen Mikrointegrationstechnologien. Schon seit vielen Jahren begleitet das Fraunhofer IZM diese Entwicklung und unterstützt Hersteller von medizintechnischen Geräten mit seinem breiten Erfahrungsschatz im Bereich der Mikrointegration, entsprechenden Fertigungstechnologien und dem Know-how zur Umsetzung in hochzuverlässige Geräte, die den Anforderungen des Medizinproduktegesetzes entsprechen. Darüber hinaus bietet das Fraunhofer IZM auch Zuverlässigkeitsbetrachtungen, Biokompatibilitätsbewertungen sowie die für eine Produktentwicklung notwendige Risikobetrachtung nach ISO 14971 an.

## Quanten- und neuromorphe Plattform für Kommunikation und Sicherheitsanwendungen

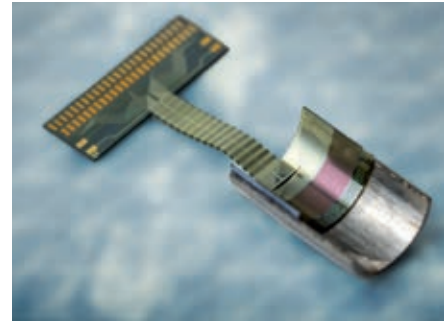
Fertigungstechnologien stoßen zunehmend an die physikalischen Grenzen elektronischer Bauteile, so dass neue Ansätze, wie das neuromorphe und Quanten-Computing, herangezogen werden, um dem weiter zunehmenden Bedarf an noch größerer Rechenleistung gerecht zu werden. Im Rahmen des EU-Projekts PROMETHEUS wird eine photonische Quanten- und neuromorphe Plattform für Highspeed-Bildverarbeitung, Kommunikation und Sicherheitsanwendungen entwickelt, die sich beider Ansätze bedient. Erforderlich ist hierfür die Ko-Integration von Wellenleitern, Phasenschiebern, Photodioden und Lasern sowie der notwendigen Schaltkreise. In den Aufgabenbereich des Fraunhofer IZM fallen das Design der elektrischen Interconnects, das Testen der Module und der Aufbau und die Evaluierung der Plattform.

## Kleinste Batterien für Sensornetzwerke

Für die drahtlose Datenübermittlung benötigen Netzwerke aus kleinsten Sensoren eine dezentrale Energieversorgung. Basierend auf etablierten Technologien der Silizium-Waferprozessierung wurde im Rahmen eines industriellen Forschungsauftrags ein Prozess zur Herstellung wiederaufladbarer Li-Ionen-Mikrobatterien mit lateralen Abmessungen von bis zu 1 mm entwickelt. Mittels automatisierter Dispensierprozesse finden elektrochemisch aktive Materialien Verwendung. Die Batterien selbst weisen eine hermetische, korrosionsstabile MetallverkapSELUNG und eine Gesamtdicke von < 500 µm auf. Ihre finale Integration in das Sensorsystem erfolgt über Chip-Stacking und Kontaktierung von oben durch Drahtbonden.

## Pflegebedürftigen schneller helfen – Radartechnologie für die Bewegungsverfolgung im Raum

Länger selbstbestimmt und trotzdem sicher leben – dieser Wunsch wird mit zunehmendem Alter immer dringender. Zusammen mit Partnern aus Industrie und Forschung und gefördert vom BMBF wurde ein Radarsystem ausgearbeitet, welches unter Wahrung der Privatsphäre die Bewegungsprofile der in einem Raum anwesenden Personen aufnimmt, auswertet und bei Bedarf Meldungen an Pflegenden übermittelt. Zur Erfassung der Bewegungen wurde ein MIMO-Radar miniaturisiert und in eine am Fraunhofer IZM entwickelte LED-Leuchte integriert. Die 360°-Ausleuchtung des Raumes wird dank einer Fusion der Daten von vier Radarmodulen erreicht. Dabei ermöglicht eine Winkelauflösung von 12° die Erkennung von über 30 Personen in einem Raum von bis zu 150 m<sup>2</sup>. Die Erkennung etwaiger kritischer Bewegungsprofile hingegen erfolgt unter Nutzung von Algorithmen künstlicher Intelligenz.

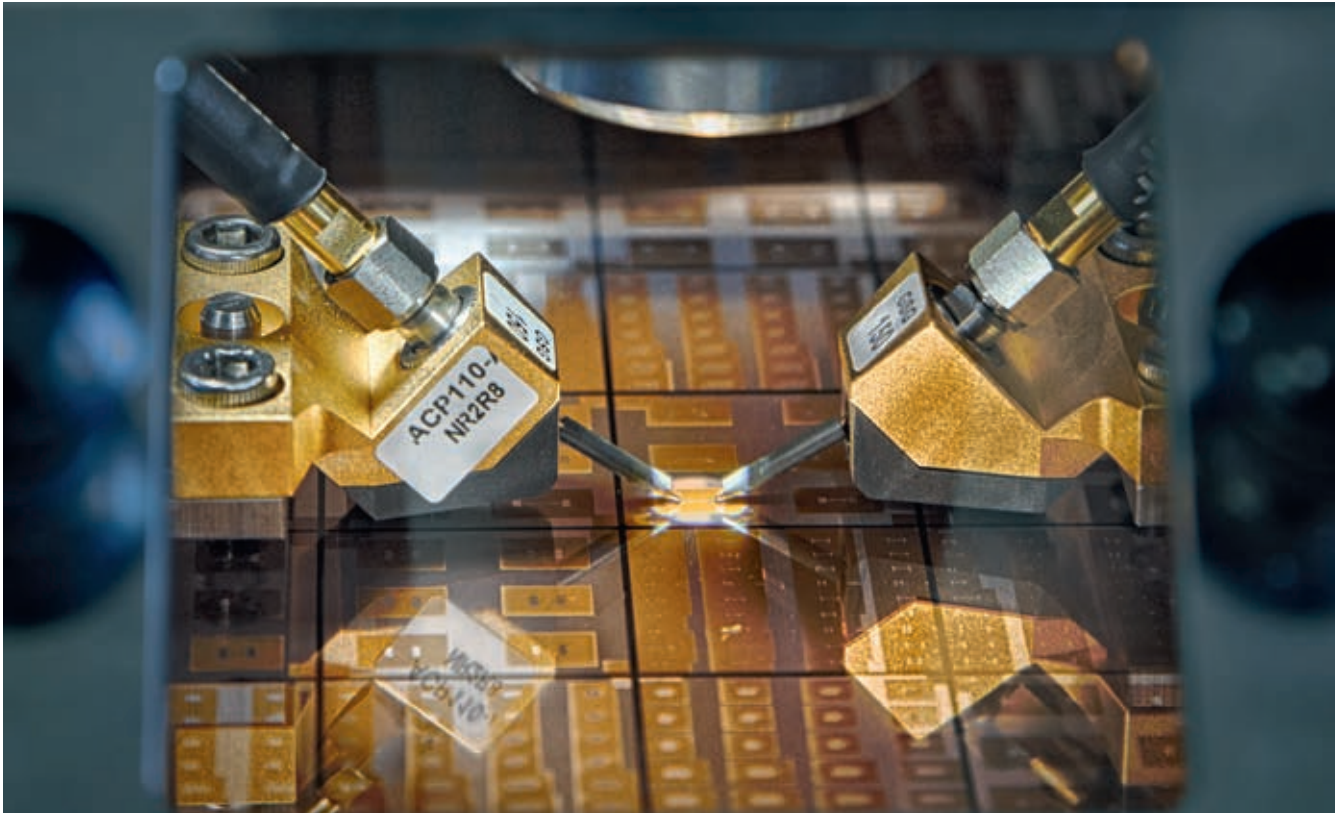


*Implantierbare Nervenmanschette. Das Fraunhofer IZM ist u.a. mit dem Bioelektronik-Labor hervorragend für die Technologieentwicklung im Medizintechnik-Bereich ausgestattet*

*Aufbau einer Deckenlampe aus Polyurethan mit vier Radarmodulen*



## Halbleiter



*Elektrische Charakterisierung von Substraten und Komponenten bis 500GHz im Temperaturbereich von -40°C bis 180°C*

In diesem Geschäftsfeld stehen die Integration von Halbleiter-elementen und die Herstellung von Sensoren im Vordergrund, wobei die Integration eine Realisierung von komplexen, heterogenen System-in-Package-Lösungen gestattet. Das Fraunhofer IZM bietet seinen Kund\*innen eine geschlossene Umsetzungskette – von der Konzeption über die Prozessentwicklung bis hin zur Charakterisierung und Zuverlässigkeitsbewertung. Zur Verfügung stehen dabei alle notwendigen Prozesse für die Realisierung von Sensoren und Wafer Level Packages, was neben hermetischen Sensor-Packages auch die Entwicklung ganzer 3D-Systeme ermöglicht.

### Innovative flexible Sensorarrays für emissionsarmen Luftverkehr

Um Flugzeuge mit geringeren Emissionen entwickeln zu können, benötigen europäische Flugzeughersteller eine hochauflösende Messanordnung zur Bestimmung von dynamischen Druckfluktuationen unterhalb der turbulenten Grenzschicht (TBL) auf Flugzeugoberflächen. Hierzu werden Bare-Die MEMS-Mikrofone mit Through-Silicon-Vias auf PI-Substrate gelötet und anschließend über einen Laminationsprozess in vorstrukturiertes TPU eingebettet. Die so gefertigten flexiblen Sensorarrays mit einer Dicke von <math><1\text{ mm}</math> können auf gebogenen Flächen montiert werden, ohne die zu messenden Druckschwankungen in der TBL zu beeinflussen.

### Fine-Pitch-Kontakttechnologie mit Nanodraht-basierten Cu/Cu-Kontakten

Das Fraunhofer IZM-ASSID entwickelt mit der Firma NanoWired GmbH eine neue Fine-Pitch-Kontakttechnologie für 300-mm-Wafer basierend auf Cu-Nanodrähten. Im Fraunhofer-geförderten Projekt »NanoInt« werden die Einflüsse von Lithografie, Galvanik und Bonden auf die Qualität der Interconnects untersucht. Dank ihrer niedrigeren Anforderungen an die Oberflächenplanarität und Eliminierung der CMP-Prozessierung bildet die Nanowire-Technologie eine potenzielle Alternative für das Hybridbonden. Die Cu-Pads bestehen aus Cu-Nanodrähten ( $\text{\O ca. } 400\text{ nm}$ , Länge ca.  $5\text{ }\mu\text{m}$ ) und können bei Raumtemperatur gebondet werden. Für  $55\text{ }\mu\text{m}$  Pitch wurde diese Technologie bereits im Projekt demonstriert; aktuell wird sie für  $10\text{ }\mu\text{m}$  Pitch skaliert.

### Testung von Nassprozesschemikalien im Cu-RDL-Modul für Fotolackentfernung und Metallätzung

Im Rahmen einer Industriekooperation wurden drei verschiedene Chemikalien zur Entfernung von Fotolack getestet und ihre Ätzwirkung auf Cu-Seed untersucht. Als Testwafer wurden 300-mm-Wafer mit RDL-Maske ( $10\text{ }\mu\text{m}$  Line und  $20\text{ }\mu\text{m}$  Space) ausgewählt. Alle drei Chemikalien wurden bei unterschiedlichen

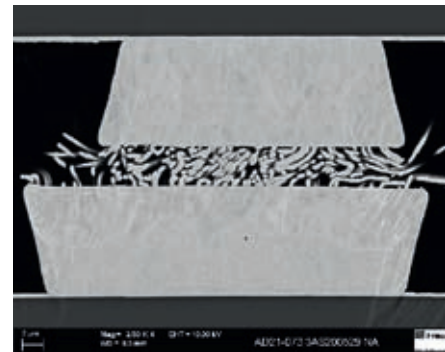
Prozesstemperaturen, mit und ohne Plasmabehandlung, getestet. Dabei zeigten alle getesteten Chemikalien vergleichbare Ergebnisse, jedoch wurde die niedrigste Cu-Ätzrate für den SVC-14 Stripper festgestellt, der im Vergleich zu Standardlösungsmitteln viel umweltfreundlicher ausfällt.

### Mikro-Bumps für neuen 300-mm-Kalibrierungswafer

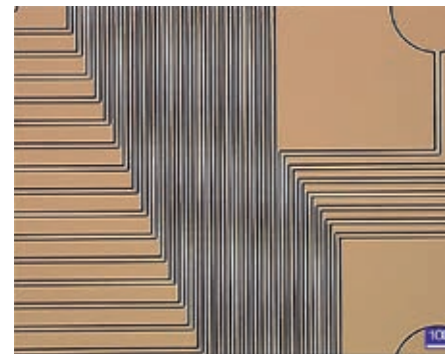
Das Fraunhofer IZM-ASSID konnte einen 300-mm-Kalibrierungswafer für die nächste Generation von Metrology-Messmaschinen eines asiatischen Industriepartners entwickeln. Die Mikro-Bumps wiesen eine Cu/Ni/SnAg Gesamthöhe von  $15\text{ }\mu\text{m}$  und einen Durchmesser von  $13\text{ }\mu\text{m}$  auf, was künftige Verwendungen repräsentiert. Essenzielle Bestandteile dieser Industriekooperation bildeten auch das erfolgreiche Umschmelzen von SnAg, die zuverlässige Haftung der Mikro-Bumps auf Aluminium-Pads und die Optimierung der Höhenverteilung über den ganzen Wafer.

### Projekt STXMOD – Interposer für HPC-Anwendungen

Komplexe Berechnungen, wie beispielsweise von Klimamodellen, erfordern eine Rechenleistung im Exascalebereich. Hierbei kommen spezielle Beschleunigerkarten mit schnellen Speichermodulen und speziellen Prozessoren sowie Hochgeschwindigkeits-Datenbussen zum Einsatz. Im Projekt STXMOD werden ein besonders energieeffizienter Stencil-Processing ASIC sowie Speicher mit hoher Bandbreite (HBM-Speicher) auf einem Silizium-Interposer zu einem Prozessormodul für Beschleunigerkarten integriert. Am Fraunhofer IZM wird die Signal- und Powerintegrität der Leitungsführung auf den Interposern untersucht. Darüber hinaus werden Untersuchungen an Komponenten mit in Summe mehr als 8.000 Microbumps zu Montage, Underfilling und Overmolding durchgeführt.



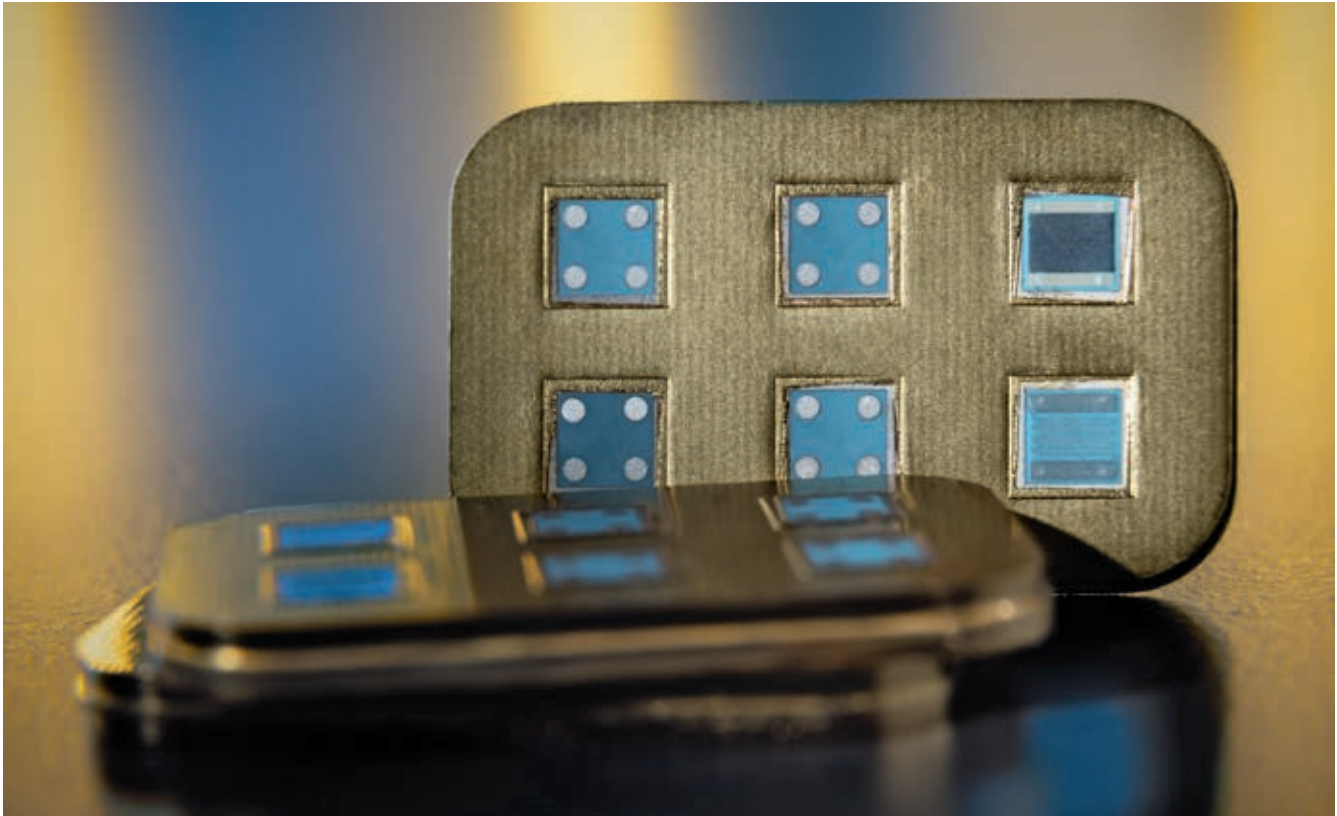
Mikrostruktur eines gebondeten Cu/Cu-Nanodraht-Kontakts



Mikroskopische Untersuchung von Cu-RDL-Strukturen nach dem Ätz-Prozess

## Industrieelektronik

---



*Vollständig hermetisch verkapseltes Modul mit eingebetteten hochtemperaturstabilen ASICs und Kondensatoren in neuartigem Leiterplattenlaminat*

Im Zentrum der FuE-Aktivitäten im Geschäftsfeld Industrieelektronik steht am Fraunhofer IZM die Industrie 4.0. Als Themen werden hier Cyber Physical Systems (CPS) und autarke Funkensensoren fokussiert, insbesondere robuste Sensorsysteme. Diese nehmen in der jeweiligen Anwendung vor Ort die notwendigen Mess- und/oder Bildinformationen an, wandeln sie um und geben die Informationen daraufhin über Standard-Interfaces anwendungsspezifisch weiter. Die Thematik Industrie 4.0 betrifft jedoch nicht nur die CPS-Vernetzung: Besonders wichtig ist auch die flexible Bereitstellung der Messdaten für stationäre Steuer- und Regelprozesse sowie eine On-Demand-Bereitstellung für mobile Endgeräte, z. B. zu Kontroll-, Wartungs- und Instandhaltungszwecken.

## Edge Computing ersetzt die Cloud

Im Rahmen des BMBF-geförderten Fortune-Projekts konnte das Fraunhofer IZM zusammen mit Partnern des iCampus ein leistungsstarkes Sensor-Fusion-Kit für das KI-basierte Edge Computing entwickeln und realisieren. Dieses erlaubt es, komplexe Signalquellen, wie Mikrofon- und Ultraschallarrays, zu erfassen und zu korrelieren. Durch den Einsatz von KI-basierten Auswertgorithmen soll eine zustandsbasierte Wartung von Produktions-, Bau- und Transportmaschinen in Echtzeit und mobil ermöglicht werden. Das Fraunhofer IZM bringt insbesondere seine Expertise bei der Schaltungsentwicklung, der Energieversorgung über Power over Ethernet (PoE) und dem industriegerechten Design von Kommunikationsschnittstellen und Gehäuse mit ein.

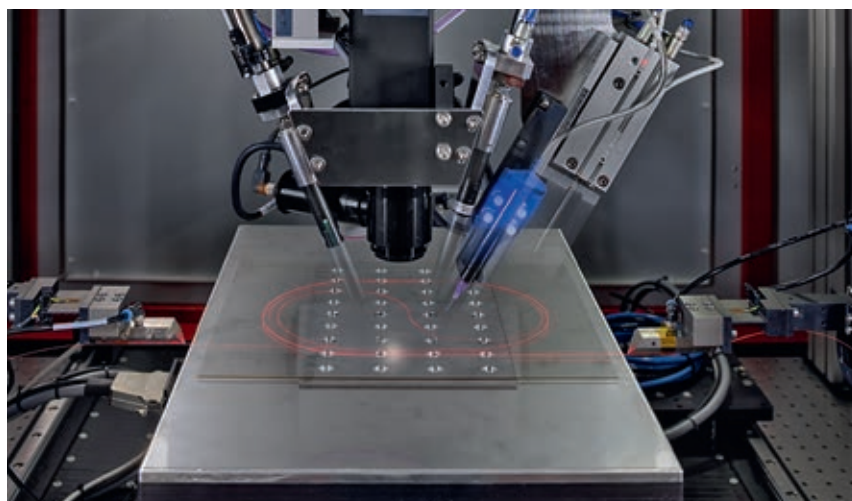
## Chiplet-Montage als Basistechnologie für das High-Performance Computing

Aktuell wird die Chiplet-Technologie als einer der wichtigsten Bausteine für künftige High-Performance-Computing-Systeme diskutiert. Die Vorteile der Chiplet-Technologie liegen in der Yield-Optimierung durch den Einsatz kleinerer Einzelchips, in der Sicherheitsoptimierung dank verteilter Fertigung/Split-Manufacturing, und auch in der Kosteneffizienz mittels einer Zusammenstellung von Chiplets aus den jeweils günstigsten Foundries. Aufbauend auf dem existierenden Packaging-Know-how des Fraunhofer IZM werden im Ende 2022

gestarteten und vom BMBF finanzierten CeCaS-Projekt u. a. mit den Firmen IFX, Conti, Bosch, Swissbit und Nanotest umfassende Forschungsarbeiten zum Systemaufbau von Central-Car-Server-Chipletmodulen auf organischen Interposern durchgeführt. Schwerpunkte des Fraunhofer IZM bilden dabei die Flip-Chip-Montageprozesse inklusive Underfilling und die Mitarbeit am Digitalen Zwilling der CeCaS-Module hinsichtlich Zuverlässigkeit, indem aufbereitete Fertigungsdaten zur Verfügung gestellt werden.

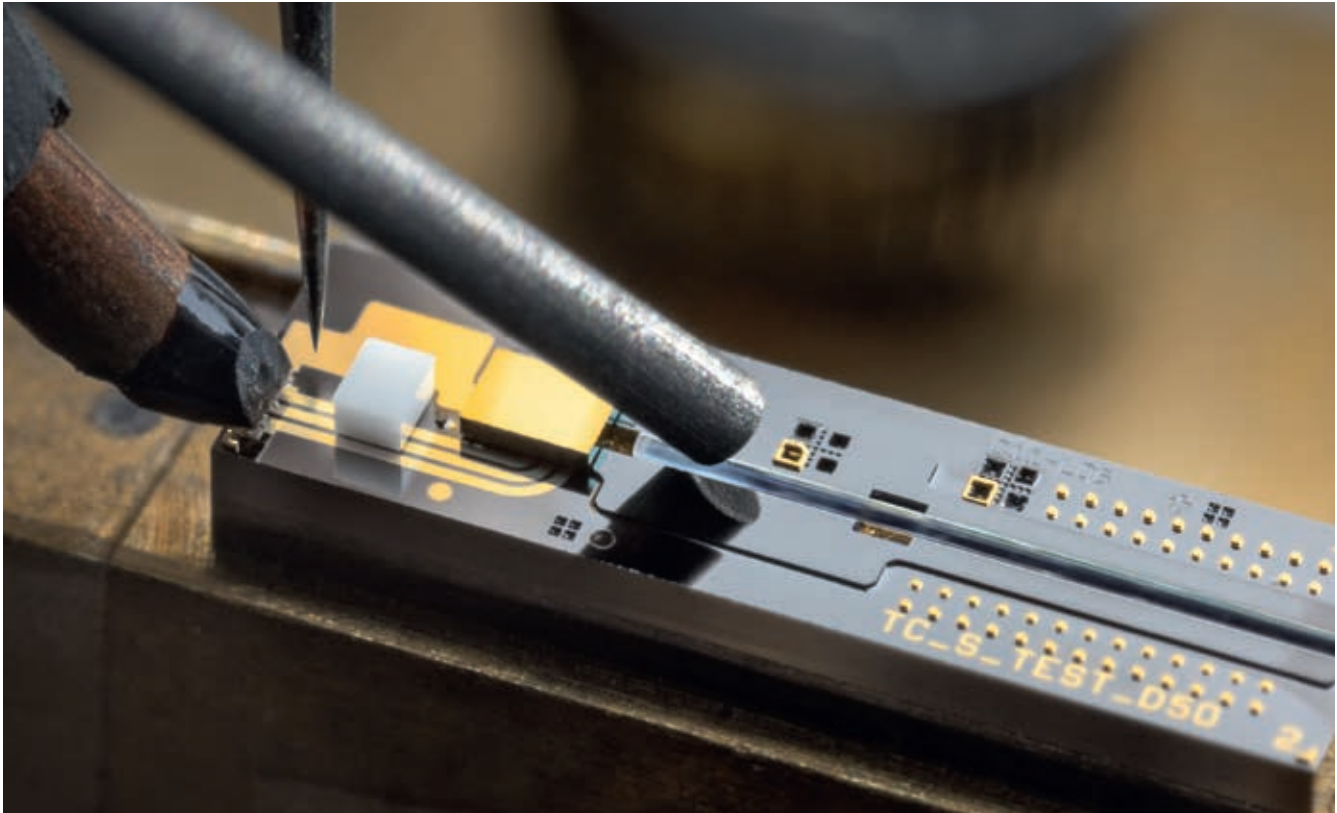
## Serienproduktion großer und ultra-dünner Detektoren

Am Fraunhofer IZM-ASSID wurde ein neuer Ansatz zur beidseitigen Prozessierung und Assembly von ultra-dünnen funktionellen Wafern/Dies (Chips) erarbeitet. Der technologische Vorsprung liegt vor allem im neuen Handling-Ansatz, mithilfe dessen der Prozessflow auf den normalen Standardanlagen für 8"-12"-Wafer realisiert werden kann. Die Neuentwicklungen des Die-Assembly-Prozesses werden vor allem den Anforderungen der ultra-dünnen Einzel-Dies sowie Einflüssen wie intrinsischem Stress im Die selbst gerecht. Die Prozessanpassungen an die neuen Anforderungen ultra-dünner Si-Device-Wafer sowie die zusätzliche Assembly-Prozessentwicklung ermöglichen die planbare Serienproduktion von kundenspezifischen SiPs. Diese wurde bereits in eine Kunden-Supplychain integriert.



Messung von in Glas integrierten Wellenleitern

## Information und Kommunikation



*Charakterisierung  
eines 3-dimensionalen  
optischen Moduls in  
Silizium mit passiver  
Assembly inklusive Flip  
Chip Aufbau mit InP-  
Laser und 3D-Stopper*

Die zunehmende Vernetzung stellt die Fertigungstechnologien für Systeme von Informations- und Kommunikationstechnik vor besondere Herausforderungen: Für den effizienten Austausch und die Speicherung von Daten werden immer größere Rechenzentren und die Kombination elektrischer und optischer Signale benötigt. Zudem ergibt sich eine weitere Herausforderung aus der digitalen Vernetzung selbst: Es bedarf hier hochdynamischer Netze, die Daten transportieren, verarbeiten und analysieren können. Für derartige Herausforderungen bietet das Fraunhofer IZM umfassende Lösungen, nicht zuletzt dank seiner 30-jährigen Erfahrung im Bereich Systemintegration.



## Passive 3D-Ausrichtung für photonische Anwendungen

Im EU-Projekt APPLAUSE realisierte das Fraunhofer IZM 3D-Substrate als optische Bänke, insbesondere eine 3D-Siliziumbank zur Entwicklung der passiven Ausrichtung von Singlemode-Fasern zu Laserquellen für optische Transceiver. Ziel ist es, alle Komponenten entlang einer gemeinsamen Achse genau zu platzieren, ohne dass ein elektronisches Bauteil aktiviert wird (im Gegensatz zum etablierten »Active Alignment«), und eine kostengünstige Montage zu bewerkstelligen. Dieses hochtopografische Substrat wurde hergestellt, um eine präzise Flip-Chip-Montage des Lasers mithilfe mechanischer Stopper, einschließlich HF-Leitungen und Flip-Chip-Bumps, sowie eine präzise Montage der Freiraumoptik an der Single-Mode-Faser zu ermöglichen.

## Ökobilanz fällt zugunsten der eSIM gegenüber der SIM-Karte aus

Die Embedded SIM (eSIM) findet immer breitere Verwendung und verdrängt somit die klassische SIM-Karte. Eine vergleichende Lebenszyklus-Analyse nach ISO 14040/44 für Giesecke+Devrient konnte nun aufzeigen, dass die eSIM auch aus Umweltsicht die deutlich vorteilhaftere Lösung darstellt. Untersucht wurden dabei die eingesetzten Rohstoffe und Materialien in der Produktion, die Transportwege, die Datenbereitstellung, der Datentransfer, die Nutzungsphase der Produkte bis hin zur Entsorgung; außerdem wurden in der Lebenszyklus-Analyse auch Komponenten im Endgerät betrachtet, die die SIM-Funktionalität sicherstellen. Im Laufe eines kompletten Lebenszyklus erzeugt die eSIM etwa um 46 % weniger Treibhausgasemissionen.

## Wissenschaftskommunikation sensibilisiert für den CO<sub>2</sub>-Fußabdruck

Auf der IFA 2022 in Berlin präsentierte das Fraunhofer IZM vor einem breiten Publikum eigene Forschungsergebnisse im Bereich nachhaltiger Elektronik: Die Treibhausgasemissionen der Smartphone-Herstellung wurden anschaulich und erlebbar in Form eines 35 kg schweren Rucksacks demonstriert. Hinsichtlich des kommenden Energielabels für Smartphones und

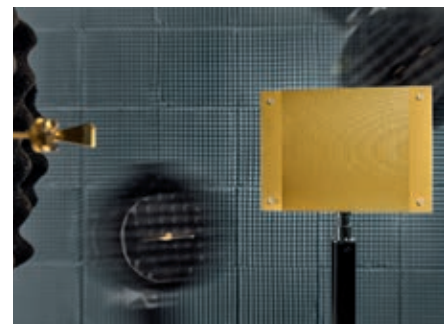
Tablets, an dessen Entwicklung sich die IZM-Forschenden maßgeblich beteiligten, konnte eine Umfrage zum Verständnis der Labelgestaltung wichtige Erkenntnisse liefern. Insgesamt informierten sich über 600 Besucher\*innen über Ökobilanzen, kritische Rohstoffe, innovative Designansätze und die kommende Regulierung. Einige dieser erarbeiteten Inhalte sind nun auch auf der Tour relevant, die das Fraunhofer IZM im Rahmen des Projekts scope3transparent in diverse Repair Cafés führt.

## Simulation in Glas integrierter Lichtwellenleiter

Dem Team zur Entwicklung der elektrooptischen Leiterplatte (EOCB) am Fraunhofer IZM gelang es, sowohl den Ionenaustausch zur Herstellung von in Glas integrierten Lichtwellenleitern als auch die daraus resultierenden optischen Eigenschaften simulativ zu kombinieren. Somit können für optische Zieleigenschaften die entsprechenden Prozessparameter ermittelt werden. Beide miteinander verknüpften Modelle (chemisch und optisch) wurden in Python (OpenSource) geschrieben und dahingehend optimiert, dass diese in Zukunft effizient für das sogenannte »Inverse Photonic Design« genutzt werden können. Dies ermöglicht erstmals optisch integrierte Bauteile in Glas, die dem klassischen Design weit überlegen sind.

## Shaping the Future – intelligente reflektierende Oberflächen für 6G

Während der 5G-Funkstand noch ausgerollt wird, werden innerhalb des BMBF-Projekts 6G-RIC bereits Technologien für den Folgestandard (6G) untersucht. Dem Mehr an Bandbreite steht hier die höhere Freiraumdämpfung in den verwendeten Frequenzbändern gegenüber. Aus Gründen der Reichweite erfolgt eine gerichtete Ausstrahlung der Funkwellen. Das Fraunhofer IZM forscht dabei an intelligenten reflektierenden Oberflächen (IRS), die diese gerichteten Strahlen an den gewünschten Ort ablenken. Derzeit sind IRS weder kommerziell verfügbar, noch in der Forschung vollumfänglich untersucht. Bislang wurde ein statischer IRS-Prototyp bei 150 GHz entwickelt und vermessen; im nächsten Schritt soll dann eine schaltbare IRS folgen.



Vermessung von intelligenten reflektierenden Oberflächen (IRS) für 6G-Anwendungen

# Ausstattung & Leistungen

## Systemintegration

### Wafer Level Packaging Linie

Das Fraunhofer IZM betreibt je eine Wafer Level Prozesslinie (Reinraumklassen 10–1000) in Berlin (975 m<sup>2</sup>) und Dresden (ASSID, 1.000 m<sup>2</sup>) für die Entwicklung, Prototypenrealisierung und Kleinvolumenproduktion unter Verwendung unterschiedlicher Wafermaterialien (z. B. Silizium III/V, Keramik, Glas) und -größen (4" – 12"). Die Projekt-/Prozessarbeiten werden auf beiden Linien unter Berücksichtigung der ISO 9001:2015 Managementstandards durchgeführt.

### Prozessmodule (bis 300 mm)

- Cu-TSV-Integration (Via-middle-, Via-last-Prozesse)
- Silizium und SiC-Plasmaätzen – DRIE (TSV, Kavitäten)
- Multi-Lagen-Dünnschichtabscheidung (Sputter, CVD, ECD, Photolithographie/LDI (Auflösung bis 0,5 µm), reaktiver Ionenstrahl-Ätzer)
- PECVD Prozesskammer (200/300 mm) für die Abscheidung von TEOS-Oxid, Silan-Oxid und Silan-Nitrid
- High-Density Thin-Film-Multilayer (Cu/Polymer-RDL, Cu-Demascene)
- Wafer Level Bumping (Cu-Pillar, SnAg, Ni, Au, In, InSn, AuSn, Cu Nano-Interconnects, Nanoporous Au)
- Waferdünnen und Vereinzeln (Blade, Laser Grooving und Stealth Dicing)
- Waferbonden – permanent, temporär
- Wafer Level Assembly bis 300 mm (D2W)
- Automatisches Inline Wafer-Messsystem für Schichtdicken, Topographien, Rauheiten sowie TTV/ Warp/Bow
- Vollautomatisiertes, elektrisches Wafer-Messsystem (8" – 12")

### Prozesslinie zur Substratfertigung

Im Leiterplattenbereich können Vollformatsubstrate mit einer Größe von 460x610 mm<sup>2</sup> für die Resist- und Leiterplattenlamination vorbereitet, mit Lötstopplacken und Coverlays versehen und nach der Belichtung entwickelt werden.

Im Sonderbereich werden hochpräzise Montagen von Modulen in verschiedenen Gasatmosphären durchgeführt. Neue Anlagen in dem 480 m<sup>2</sup> großen Reinraum ermöglichen eine Oberflächenpräparation für das Assemblieren bei reduzierter Bondtemperatur. Leiterbahngeometrien mit einer Breite von bis zu 2 µm sind in der Entwicklung. Das Leistungsangebot:

- Einbetten von passiven und aktiven Komponenten
- Verpressen von Leiterplattensubstraten und Herstellen von feinsten Bohrungen, mechanisch oder mit dem Laser
- Qualitätssicherung und Röntgenmikroskopanalyse

### Labor zur Moldverkapselung

Das Labor bietet Bestück- und Verkapselungsverfahren, Material- und Packageanalyse und die Zuverlässigkeitscharakterisierung. Der Schwerpunkt liegt auf FO-WLP/PLP, Sensor-Packages mit freigestellter Oberfläche und Power-SiPs. Die Übertragung in die industrielle Fertigung ist durch Verwendung produktionsauglicher Maschinen gegeben.

- Präzisionsbestückung und Compression Molding auf Wafer- und Panelebene (610x460 mm<sup>2</sup>)
- Umverdrahtung in 2D und 3D (TMV)
- Transfer Molding von SiPs für Sensorik und Power
- Prozesssimulation und Ermittlung von Materialmodellen

### Drahtbondlabor

- Verarbeitung von Au-, Al- und Cu-basierten Bonddrahtmaterialien im Dünn- und Dickdrahtbereich
- Montage von Leistungsmodulen mit Al/Cu- und Cu-Dickdrähten für Qualitäts- und Zuverlässigkeitsanalysen
- Montage Cu-Ball/Wedge-gebondeter leadframebasierter und Au /AlSi1-gebondeter Chip-on-Board Sensor Packages

## Lötlabor

- Porenfreier Aufbau großflächiger Lötverbindungen für die Leistungselektronik durch Dampfphasenvakuumlötanlage
- Hermetizitätsmessstand
- Flussmittelfreies Löten von Baugruppen mit Ameisensäure-technologie in Stickstoff- und Dampfphasenatmosphäre
- Lecksuche inkl. Probenlagerung unter Heliumdruck bis 10bar

## Photonik-Labor

- Laserstrukturieren von Glaslayern mit optischen Wellenleitern für elektrooptische Boards (EOCB)
- Shack-Hartmann-Charakterisierung von Mikrolinsen und Mikrolinsenarrays
- Optische und thermische Charakterisierung von LEDs und LDs
- Entwicklung von Prozessen und Verfahren zum optischen Packaging mit einer Genauigkeit von bis zu 0,5 µm
- Fs-Schreibprozesse und thermischer Ionenaustausch für die integrierte Optik in Gläsern

## Quanten-Labor

- 3D-Glasstrukturierung durch selektives fs-Laserätzen
- 2PP-Druck von mikrooptischen Interconnects/Linsen
- Laser-Sealing hermetischer Kavitäten (Vakuum/Gas)
- Automatisierte Bekopplung von Quanten-Chips/PICs
- Charakterisierung von optischen Feldern (SNOM)

# Werkstoffanalytik

## Moisture Lab

- Umfassende simulationsgestützte Zuverlässigkeitsbewertung feuchteinduzierter Phänomene in mikroelektronischen Bauteilen und Systemen
- Oberflächenanalyse durch Rasterkraftmikroskopie
- Analysemethoden für die Sorption, Permeation und Diffusion von Wasser in Werkstoffen

## Langzeittest- und Zuverlässigkeitslabor

- Schnelle Temperaturwechseltests: -65 °C bis 300 °C
- Temperaturlagerung bis 350 °C
- Bauteil- und Baugruppenqualifikation nach AEC, IPC, JEDEC

## Power Lab

- Prüfeinrichtung hetero-höchstintegrierte Leistungselektronik
- Aktives Zykeln von Leistungsmodulen für die Lebensdauerbestimmung
- Kalorimetrisches Messen des Wirkungsgrades von hocheffizienten Geräten

# Design

## Hochfrequenz-Labor

- Free Space Messplatz bis 170 GHz, Fabry-Perot-Resonatoren bis 140 GHz sowie THz-System zur Materialcharakterisierung
- Halbautomatische Probestation mit Thermokammer von -60 °C bis 300 °C
- EMV und Testumgebung für drahtlose Kommunikationssysteme im Multi-Gigabit- und Terabit-Bereich
- Antennen-Messsystem bis 330 GHz
- Testumgebung für mm-Wellen-Module für Radar und Kommunikation, Signalquelle & Spektrumanalysator bis 325 GHz
- Zeitbereichsmessplatz (Sample Oszilloskop bis 70 GHz/BERT bis 64 Gbit/s)

## Mikroelektroniklabor

- Entwicklung und Qualifizierung mechatronischer Systeme und energieeffizienter Funksensorsysteme
- PXA für Reichweitenabschätzung, Konformitätschecks und Fehleranalysen (ab 162 µs Signalzeit)

## Weitere Labore

- Mikrobatterielabor mit 10m langer Batterieentwicklungs- und Montagelinie
- Labor für textilintegrierte Elektronik (TexLab)
- Photoelektronenspektroskopie und Electron Spectroscopy for Chemical Analysis (ESCA)
- Korrosionslabor (CoALa)
- Electronics Condition Monitoring Labor für Funktionstests (Umgebungs-, Feuchte- und Vibrationsbeanspruchung)
- Qualifikations- und Prüfzentrum für elektronische Baugruppen (QPZ)
- Labor für thermomechanische Zuverlässigkeit und Werkstoffcharakterisierung
- Thermal & Environmental Analysis Lab

den





# Events & Nachwuchsförderung

---

## Live und in Farbe!

Ob in San Francisco, Nürnberg oder Nottingham – zum ersten Mal seit 2019 konnte sich die Mikroelektronik-Community im letzten Jahr wieder bei Messen, Konferenzen und Workshops vor Ort treffen. Zwar gab es vereinzelt noch Auflagen und Einschränkungen, aber alle freuten sich, endlich wieder persönlich in den fachlichen Austausch mit Kolleg\*innen und Geschäftspartner\*innen gehen zu können.

Also Business as usual? Nicht ganz. Einige der ursprünglich Corona-bedingten Veranstaltungsformate waren international so erfolgreich, dass sie sich einen festen Platz im Veranstaltungsrepertoire des Fraunhofer IZM erarbeitet haben. So werden zum Beispiel die einstündigen Expert Sessions zu einzelnen Technologien auf vielfachen Wunsch auch weiterhin online angeboten werden.

Auf den nächsten Seiten finden Sie eine Auswahl der Veranstaltungen, die das Fraunhofer IZM im vergangenen Jahr selbst durchgeführt oder an denen IZM-Kolleg\*innen beteiligt waren. Dazu gehörten 2022 besonders viele Angebote, die sich speziell an Jugendliche richteten.

Eine Nachwuchsförderung der ganz anderen Art befindet sich auf diesem Bild. Dank der miniaturisierten Batterien des Fraunhofer IZM kann ein winziges Sensorsystem die Interaktionen von Bienen detektieren und dabei helfen, dem Bienensterben auf die Spur zu kommen.

*Mikrointegration von Solarzellen, Li-Ionen  
Mikrobatterie und Sensorik für die Erforschung  
und Überwachung von Bienengesundheit und  
Umwelteinflüssen im Projekt Sens4Bee*

## Events



*Die feierliche Eröffnung des Centers for Advanced CMOS & Heterointegration Saxony in Dresden*

### **Eröffnung eines neuen Centers für Halbleiterforschung in Dresden**

Am 7. Juni 2022 wurde das Center for Advanced CMOS & Heterointegration Saxony eröffnet, ein Leuchtturm der Halbleiterforschung mit internationaler Reichweite. Geleitet wird es von Dr. Manuela Junghänel, Standortleiterin des IZM-ASSID, und Dr. Wenke Weinreich, stellvertretende Institutsleiterin des Fraunhofer IPMS.

Mit dem Fraunhofer IZM-ASSID und Fraunhofer IPMS, Bereich Center Nanoelectronic Technologies CNT, sind zwei bundesweit einzigartige Forschungseinrichtungen auf dem Gebiet der Mikroelektronik in Sachsen angesiedelt. Es sind heute die beiden einzigen deutschen Forschungszentren für angewandte Mikroelektronikforschung, die auf Basis von 300-mm-Wafer-Industriestandard-Equipment forschen. Mit der Bündelung der Kompetenzen und Gründung des Centers for Advanced CMOS &

Heterointegration Saxony entstehen hervorragende Perspektiven, Halbleiter-Unternehmen und Systemanwender sowie Material- und Anlagenhersteller weltweit anzuziehen und an Silicon Saxony zu binden. Zusammen bieten die beiden Institute künftig die komplette Wertschöpfungskette in der 300-mm-Mikroelektronik und damit die Voraussetzung für Hightech-Forschung für Zukunftstechnologien.

### **Das Fraunhofer IZM startet auf Messen durch**

Da die Corona-Pandemie im Jahr 2022 immer weniger eine Rolle spielte, konnte sich das Fraunhofer IZM endlich wieder mit Ständen auf verschiedenen Fachmessen präsentieren. Ein Highlight waren im Mai die drei Frühjahrmessen PCIM Europe, SMTconnect und Sensor+Test. Teilnehmende, Veranstaltende und Aussteller\*innen waren gleichermaßen erfreut

über das Zusammenkommen in Präsenz, wodurch neue Innovationen der Elektronikbranche hautnah erlebt werden konnten.

Auf der IFA in Berlin realisierten IZM-Forscher\*innen aus der Umwelt-Abteilung im September mit dem Preisgeld des Ralf-Dahrendorf-Preises, den sie ein Jahr zuvor gewonnen hatten, einen interaktiven Stand, an dem Besucher\*innen eine »Nachhaltigkeits-Exkursion« erleben konnten. Der Stand bot einen Überblick aller Lebenszyklen eines Smartphones sowie Infos zum Energielabel und den Umweltauswirkungen verschiedener IT-Geräte.

Im Herbst beteiligte sich das IZM gleich an zwei Fraunhofer-Gemeinschaftsständen, nämlich auf der Smart Country Convention (SCCON 2022) in Berlin und auf der electronica in München. Auf der SCCON 2022, der Digitalisierungsmesse für E-Government und Smart Cities, demonstrierten neun Institute aus dem Fraunhofer-Leitprojekt ZEPOWEL, wie Sensorsysteme extrem wenig Strom verbrauchen oder völlig autonom funktionieren und so bundesweit bis zu 20 Prozent CO<sub>2</sub> einsparen können. Auf der electronica wurden aktuelle Entwicklungen aus den Bereichen Radarsensorik, Hochfrequenztechnologien und Sensor Packaging gezeigt.



*Der Herr der Linie – Ulf Oestermann managt seit über zehn Jahren die Future Packaging Fertigungslinie auf der SMTconnect*

Das Fraunhofer IZM war jedoch nicht nur auf Fachmessen anzutreffen. Vom 29. November bis 1. Dezember 2022 präsentierte sich das Institut auf der Connecticum in Berlin dem Nachwuchs und versuchte, Studierenden, Absolvent\*innen und Young Professionals eine Karriere in der Wissenschaft schmackhaft zu machen.

## Auswahl von IZM-Veranstaltungen

<b>Expert-Session-Reihe: Advanced Flexible Circuits for Novel Applications</b>	Januar bis Mai, online
<b>Workshop im Rahmen des Projekts »E:Space«: Innovative E-Textiles im Kontext von New Work</b>	April, Berlin
<b>Eröffnung des Centers for Advanced CMOS &amp; Heterointegration Saxony</b>	Juni, Dresden
<b>4. Panel Level Packaging Symposium</b>	September, Berlin
<b>Konferenz: ESREF 2022</b>	September, Berlin
<b>Workshop: APPLAUSE Heterogeneous Integration</b>	September, Berlin
<b>Summer School</b>	
<b>Workshop: Zuverlässigkeit elektronischer Systeme</b>	November, online & Berlin
<b>Öffentliche Anhörung zum Thema »Digitalisierung und Nachhaltigkeit« im Deutschen Bundestag</b>	November, Berlin
<b>Online-Workshop: »Drohentechnik in der Logistikbranche«</b>	November, online
<b>Online-Session: IZM Photonics: In Optical Interconnects We Trust</b>	Dezember, online



*Forschungspreisträger Lars Böttcher mit Institutsleiter Prof. Martin Schneider-Ramelow und dem Vorsitzenden des Preiskomitees, Dr. Nils F. Nissen*

## IZM-Kolleg\*innen treten fürs Klima in die Pedale

»Stadtradeln« ist eine bundesweite Initiative zur Förderung des Radverkehrs für mehr Klimaschutz und Lebensqualität. Seit mehreren Jahren nehmen die Mitarbeitenden aller Standorte des Fraunhofer IZM (Berlin, Dresden, Cottbus) an der Challenge für den Klimaschutz teil und sammeln Kilometer. Dabei können sich interne Teams gründen und eigene kleine Institutswettkämpfe austragen. Aber auch mindestens eine gemeinsame Fahrradtour steht jedes Jahr auf dem Programm. Ganz gleich, ob mit einer Route durchs belgische Flandern oder dem Erreichen der persönlichen Kilometergrenze in Berlin: Immer mehr Mitarbeitende haben am Fraunhofer IZM in den vergangenen Jahren Kilometer mit dem Fahrrad gesammelt. 2022 waren 57 Teilnehmende aus dem Institut dabei und erreichten 13.103 km.

## Forschungspreisverleihung am Fraunhofer IZM

Der Forschungspreis wird vom Fraunhofer IZM seit über 20 Jahren »für herausragende Forschungsleistungen auf dem Gebiet der Mikroelektronik, der Mikrosystemtechnik und des Packaging« vergeben und würdigt neben der Forschungsleistung vor allem den Transfer in industrierelevante Entwicklungen.

*Sechs von 57 IZM-Kolleg\*innen, die 2022 für den Klimaschutz in die Pedale traten*



Lars Böttcher wurde der Preis bereits 2021 für seine Forschung zur Einbettung von Chips in Leiterplatten zugesprochen, er konnte ihn jedoch coronabedingt erst am 23. Juni 2022 im Rahmen einer Festveranstaltung am Institut entgegennehmen. Am Ende des offiziellen Teils porträtierte die Sandmalerin Polina den Arbeitsalltag und die Forschungsleistungen von Lars Böttcher live vor aller Augen nur mit Sand in einer Abfolge von Bildern.

## 4. Panel Level Packaging Symposium

Seit 2016 arbeitet das Fraunhofer IZM mit einer Gruppe führender Industrieunternehmen aus Europa, den USA und Japan zusammen, um grundlegende Prozesse für neue Panel Level Packaging Technologien zu entwickeln, die sich in der Übergangsphase zur Großserienproduktion befinden. Das Fraunhofer IZM und seine 17 Industriepartner haben im vergangenen Jahr die zweite Phase des Panel Level Konsortiums (PLC 2.0) erfolgreich abgeschlossen und nahmen dies zum Anlass, sich nach der Pandemie endlich wieder persönlich zu treffen. Auf das Abschlusstreffen des Konsortiums am 7. September 2022 folgte einen Tag später das 4. Panel Level Packaging Symposium, bei dem Expert\*innen aus Industrie und Forschung über den Stand, die Fortschritte und die Grenzen des Panel Level Packaging referierten. Im Anschluss an die Vorträge erhielten die über 70 Teilnehmenden eine Führung durch die Labore des Fraunhofer IZM.

## Die ESREF 2022 war ein voller Erfolg!

Vom 26. bis 29. September 2022 fand das vom Fraunhofer IZM organisierte 33. European Symposium on Reliability of Electron Devices, Failure Physics and Analysis (ESREF) im H4 Hotel Berlin Alexanderplatz statt. Im Mittelpunkt dieses internationalen Symposiums standen die jüngsten Entwicklungen und Zukunftsperspektiven im Qualitäts- und Zuverlässigkeitsmanagement von Materialien, Bauelementen und Schaltungen für die Mikro-, Nano- und Optoelektronik. Mit drei Keynotes, drei Tutorien, vier Invited Talks, einem vom Projekt »Velektronik« veranstalteten Workshop sowie einer Summer School wurde den mehr als 320 Teilnehmenden aus aller Welt



ein spannendes und abwechslungsreiches Programm geboten. Darüber hinaus gab es 84 Vorträge, verteilt auf 18 Sessions, sowie 30 Posterpräsentationen. In den Pausen konnten die Teilnehmenden über die begleitende Fachmesse schlendern, auf der 21 namhafte Unternehmen ihre Produkte und Dienstleistungen präsentierten. Die Konferenz bot zudem viel Zeit für Networking, nicht nur in den Pausen, sondern auch beim Konferenzdinner im Wasserwerk.

Im Anschluss an die ESREF veranstaltete die APPLAUSE-Community, der Partner aus Industrie und Forschung angehören, eine Summer School speziell für PhD-Studierende. Mehr als 30 Nachwuchswissenschaftler\*innen nahmen an der mit zahlreichen Vorträgen gespickten »APPLAUSE Heterogeneous Integration Summer School« teil.

## Online-Reihe zu flexiblen Leiterplatten

In der Online-Vortragsreihe »Advanced Flexible Circuits for Novel Applications« präsentierte das Fraunhofer IZM sein Know-how im Bereich flexibler Leiterplatten. In sechs Fachvorträgen wurden die Teilaspekte Zuverlässigkeit, elektronische Textilien, energieoptimierte Funkknoten, hochdichte Dünnschicht-Flex-Elektronik, Conformable Electronics sowie Radarsysteme beleuchtet. Das Format fand bei Industrie, Wissenschaft und Politik großen Anklang. Insgesamt rund 350 Interessierte verfolgten zwischen Januar und Mai 2022 die jeweils 45-minütigen Sessions online.

*Forscher\*innen aus der ganzen Welt diskutierten auf der ESREF 2022 über Qualitäts- und Zuverlässigkeitsmanagement in der Mikroelektronik*



## Veranstaltungen mit IZM-Beteiligung (Auswahl)

<b>SPIE Photonics West 2022</b>	Januar, San Francisco (USA)
<b>CIPS 2022</b>	März, Berlin
<b>Smart Systems Integration 2022</b>	April, Grenoble (FR)
<b>LASER World of PHOTONICS 2022</b>	April, München
<b>PCIM Europe 2022</b>	Mai, Nürnberg
<b>SMTconnect 2022</b>	Mai, Nürnberg
<b>SENSOR+TEST 2022</b>	Mai, Nürnberg
<b>NBT Berlin</b>	Mai, Berlin
<b>ECTC 2022</b>	Mai, San Diego (USA)
<b>embedded world 2022</b>	Juni, Nürnberg
<b>Techtextil 2022</b>	Juni, Frankfurt am Main
<b>IFA 2022</b>	September, Berlin
<b>ESTC 2022</b>	September, Sibiu (RO)
<b>InMotion</b>	September, online & Weimar
<b>Smart Country Convention 2022</b>	Oktober, Berlin
<b>E-Textiles 2022</b>	November, online & Nottingham (UK)
<b>electronica 2022</b>	November, München
<b>connecticum 2022</b>	November, Berlin

## Online-Workshop »Drohnen-technik in der Logistikbranche«

Drohnen haben ihre Anfänge als experimentelle Studien oder Sonderentwürfe hinter sich gelassen und sich längst als alltagstaugliche Systeme bewährt. Für den nächsten Entwicklungssprung muss nun der Schritt von der Anpassung der grundlegenden Drohnentechnologie an einzelne Einsatzzwecke hin zur Entwicklung ganzheitlich optimierter Systemlösungen gewagt werden.

Mehr als 30 Zuhörer\*innen ließen sich am 30. November 2022 in einem Online-Workshop über Einsatzmöglichkeiten in der Logistik und deren Anforderungen an die Technologie informieren. Der Schwerpunkt des Fraunhofer IZM lag in diesem in Kooperation mit drei weiteren Fraunhofer-Instituten (FKIE, IFF, FHR) gemeinsam veranstalteten Workshop auf der Vorstellung von neuartigen Lösungs-ideen für Radarsensoren und der Fusion von Sensordaten.

## Nachwuchsförderung am Fraunhofer IZM



*IZM-Forscher und Green ICT-Experte Dr. Nils F. Nissen im Ausschuss für Digitales des Deutschen Bundestags*

### IZM-Sachverstand im Deutschen Bundestag

Am 28. November 2022 fand im Ausschuss für Digitales des Deutschen Bundestags eine öffentliche Anhörung zum Thema »Digitalisierung und Nachhaltigkeit« statt. Mit dabei als Experte für Green ICT war Dr. Nils F. Nissen vom Fraunhofer IZM. Während der Anhörung wurde die Frage erörtert, wie ökologisch Rechenzentren und Übertragungsnetze sind und welche Rahmenbedingungen es für klimaneutrale Rechenzentren braucht. Der Ausschuss beschäftigt sich darüber hinaus mit Chancen und Herausforderungen von Datennutzung, Künstlicher Intelligenz und Softwareausgestaltung für die Bekämpfung der Klimakrise und ökologische Nachhaltigkeit.

### Seminar »Zuverlässigkeit elektronischer Systeme«

Zuverlässigkeitsaspekte gewinnen aufgrund immer kürzerer Entwicklungszeiten und höherer Anforderungen an die elektronischen Komponenten und das System zunehmend an Bedeutung. Die Abteilung »Environmental and Reliability Engineering« des Fraunhofer IZM verfügt in diesem Bereich über umfangreiche Expertise und vermittelt seit nunmehr vier Jahren in einem zweitägigen Seminar Teilnehmenden aus der Industrie relevante Methoden und Werkzeuge entlang des Produktentwicklungsprozesses.

In diesem Jahr wurde das Seminar »Zuverlässigkeit elektronischer Systeme« am 10. und 11. November 2022 veranstaltet und umfasste vier Sessions sowie Workshops und Labortouren. Die 13 Teilnehmenden wurden von neun Fachexpert\*innen in englischer Sprache erfolgreich durch das Seminar geführt – virtuell und vor Ort.

Seit mehr als zwanzig Jahren ist es dem Fraunhofer IZM ein Anliegen, in die Zukunft zu investieren und junge Menschen für naturwissenschaftliche Berufe zu begeistern. Um auf die Arbeit des Instituts und die angebotenen Praktika, Ausbildungsstellen und Plätze für ein Freiwilliges Ökologisches Jahr aufmerksam zu machen, beteiligte sich das Fraunhofer IZM im Jahr 2022 am Girls' Day, war mit einem Stand auf der Messe connecticum vertreten und führte die zehn überwiegend noch minderjährigen Sieger\*innen von INVENT a CHIP durch seine heiligen Hallen. Diese und andere Werbemaßnahmen bewirkten, dass sich das Fraunhofer IZM vor Praktikums- und Ausbildungsanfragen kaum retten konnte.

### Erstklassige Betreuung von Praktikant\*innen und Auszubildenden

Mit 27 Schülerpraktikant\*innen hatte das Fraunhofer IZM so viele Praktikant\*innen wie noch nie, was wohl auch auf einen Nachhol-effekt in Folge der Corona-Pandemie zurückzuführen ist. Während des Praktikums wurden ihnen Elektronikgrundlagen vermittelt und sie lernten die Arbeit in den Laboren sowie die hier vertretenen Berufsbilder wie Mikrotechnolog\*in, Chemielaborant\*in oder Materialprüfer\*in kennen. Darüber hinaus beteiligte sich das Fraunhofer IZM an dem Berliner Projekt EnterTechnik, bei dem Mädchen nach der Schule mehrere Betriebe durchlaufen und verschiedene technische Berufe unter die Lupe nehmen können. Im Rahmen des Projekts nahm das Institut zwei Mädchen als Praktikantinnen auf, um ihnen den Beruf der Mikrotechnologin näherzubringen.

Darüber hinaus setzt das Fraunhofer IZM auf die duale Berufsausbildung: Im Jahr 2022 schlossen zwei Azubis ihre Ausbildung im Bereich Mikrotechnologie ab und wurden

anschließend direkt übernommen. Drei weitere Auszubildende der Mikrotechnologie haben wiederum ihre Lehre begonnen und das Fraunhofer IZM hat sich bereiterklärt, die Betreuung eines Auszubildenden im Rahmen eines Ausbildungsverbundes zu übernehmen. Da dem Institut die duale Berufsausbildung sehr am Herzen liegt, engagiert sich das Fraunhofer IZM auch weiterhin im Verein proANH e. V. und unterstützt das Aus- und Weiterbildungsnetzwerk Hochtechnologie, das sich der Förderung der dualen Ausbildung in naturwissenschaftlichen Berufen in der Hauptstadt verschrieben hat.

### Beim Freiwilligen Ökologischen Jahr am Fraunhofer IZM dreht sich alles um Nachhaltigkeit

Die Abteilung »Environmental and Reliability Engineering« am Fraunhofer IZM bietet jungen Menschen die Möglichkeit, ein Freiwilliges Ökologisches Jahr (FÖJ) zu absolvieren. Aufgrund der zunehmenden Durchdringung aller Lebensbereiche mit Elektronik beschäftigt sich die Abteilung mit Umweltfragen dieser Technologien und erarbeitet Konzepte zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit und Energieeffizienz elektronischer Geräte oder Baugruppen. Im Jahr 2022 konnte das Fraunhofer IZM zwei Freiwillige durch ihr ökologisches Jahr begleiten, die an Projekten zur Energieoptimierung von Mobilfunktechnik und Kreislaufführung kritischer Rohstoffe mitgewirkt haben.

### Mikroelektronik sichtbar machen beim Girls' Day 2022

Im Jahr 2000 initiierte die IHK Berlin das Projekt Partnerschaft Schule-Betrieb, in dessen Rahmen bisher rund 400 Kooperationen erfolgreich vermittelt wurden. Daraus ist vor fünf Jahren die Zusammenarbeit mit dem Gabriele-von-Bülow-Gymnasium hervorgegangen, die bis heute andauert. Das Fraunhofer IZM war nicht nur am Tag der offenen Tür der Oberschule mit einer Bastelstation für elektronische Schaltungen vertreten, sondern öffnete auch seine eigenen Pforten für den Girls' Day 2022, an dem zwölf Schülerinnen des Gymnasiums teilnahmen.

Bei gelockerten Pandemie-Schutzmaßnahmen waren endlich wieder weitreichende Einblicke in die IZM-Labore und -Reinräume möglich. Der Tag begann mit einer kleinen theoretischen Einführung zu den Grundbegriffen der Mikroelektronik sowie den Anwendungsfeldern der Forschung am Fraunhofer IZM. Dazu durften die Mädchen im Showroom Wafer, Leiterplatten und verschiedene Demonstratoren begutachten und fragten neugierig, wo diese überall Anwendung fänden.

Das anschließende Laborpraktikum vermittelte mit freundlicher Unterstützung von IZM-Wissenschaftlerinnen ein Gefühl für den Arbeitsalltag in der mikroelektronischen Forschung. Hier durften die Schülerinnen den gesamten Vormittag selbst einmal eine Schaltung stecken, dem Ätzprozess eines Wafers beiwohnen oder ein Chemielabor von innen begutachten. Nach einer mittäglichen Stärkung erhielt die gesamte Gruppe eine Führung durch einen der Reinräume und konnte dabei herausfinden, wie ein partikelarmer Raum definiert ist und was das für den Einkleideprozess vorab bedeutet.

Vor der abschließenden Übergabe eines kleinen Andenkens war noch etwas Zeit für ein kurzes Feedback. »Es war schön, dass wir so viel selbst machen konnten und viele Eindrücke von eurer praktischen Arbeit erhalten haben«, beurteilte Mila rückblickend ihren Tag am Fraunhofer IZM.

*Immer ein Highlight des Girls' Days – der Besuch im Reinraum*



# Facts & Figures

---



# Das Fraunhofer IZM in Zahlen und Fakten

## Finanzielle Situation

Das Jahr 2022 war für das Fraunhofer IZM von Wachstum und Stabilisierung geprägt. Das Institut konnte seinen Umsatz erneut steigern, und zwar um 2,8 Prozent auf 39,6 Millionen Euro. Im Jahr 2022 deckte das Fraunhofer IZM 75,5 Prozent seines Betriebshaushalt durch eingeworbene externe Erträge. Insgesamt konnte das Volumen der extern finanzierten Projekte auf 29,9 Millionen Euro erhöht werden.

Das Volumen der öffentlich geförderten Projekte wuchs auf 14,7 Millionen Euro an, was einem Anstieg um 9,1 Prozent gegenüber dem Vorjahr entspricht. In diesen Projekten entsteht häufig neues Wissen, das später in Direktaufträgen mit der Wirtschaft in die industrielle Anwendung überführt werden kann.

Die Erträge von deutschen und internationalen Industrieunternehmen sowie Wirtschaftsverbänden blieben im Jahr 2022 mit 15,2 Millionen Euro stabil. Damit deckte das Fraunhofer IZM 38,3 Prozent seiner Kosten durch direkte Aufträge aus der Wirtschaft.

## Geräteinvestitionen

Für laufende Ersatz- und Erneuerungsinvestitionen wurden im Jahr 2022 Eigenmittel in Höhe von 3,3 Millionen Euro aufgewendet. Diese Mittel wurden eingesetzt, um die Geräteausrüstung des Fraunhofer IZM mit einer Vielzahl gezielter Einzelmaßnahmen zu verbessern und die Effizienz vorhandener Anlagen zu erhöhen.

Mit einer weiteren Million Euro wurden verschiedene kleinere Baumaßnahmen durchgeführt. Dabei wurden Detailverbesserungen und Anpassungen vorgenommen, mit denen die Leistungsfähigkeit des Fraunhofer IZM

optimiert und neue Anforderungen der Arbeitssicherheit umgesetzt wurden.

Unterstützt durch das Bundesland Sachsen wurde mit dem weiteren Ausbau des Dresdner Institutsteils begonnen. Hierfür standen dem Fraunhofer IZM im Jahr 2022 2,6 Millionen Euro zur Verfügung. Ziel dieser Maßnahme war die Ausweitung der Forschungsinfrastruktur im Freistaat Sachsen für 300-mm-3D-Wafer-Level Halbleiterintegration als Entwicklungsplattform für Hardwarekomponenten und zur Unterstützung von Anwendungen des Quantencomputings.

## Personalentwicklung

Aufgrund der positiven Entwicklung der externen Finanzierung konnte die Zahl der Beschäftigten an den IZM-Standorten Berlin, Cottbus und Dresden/Moritzburg auf 301 Mitarbeiter\*innen ausgebaut werden.

Das Fraunhofer IZM bietet Studierenden die Möglichkeit, ihr Studium mit praktischer wissenschaftlicher Arbeit in den Büros und Laboren des Fraunhofer IZM zu verbinden. Zum Jahresende 2022 wurden 121 Praktikant\*innen, Bacheloranden, Masteranden und studentische Hilfskräfte am Fraunhofer IZM betreut.

Das Fraunhofer IZM hat sich die Bereitstellung von Ausbildungsplätzen zur Aufgabe gemacht. Im Jahr 2022 wurden 8 Auszubildende in den Berufen Mikrotechnologe\*in, Oberflächenbeschichter\*in und Kaufmann/-frau für Büromanagement ausgebildet.

## Das Fraunhofer IZM 2022

Budget	39,6 Millionen Euro
Externe Erträge	29,9 Millionen Euro (entspricht 75,5 Prozent)
Standorte	Berlin, Cottbus und Dresden/Moritzburg
Laborfläche	> 8.000 m <sup>2</sup>
Mitarbeitende	430 (davon 121 Praktikant*innen, Bacheloranden, Masteranden und studentische Hilfskräfte sowie 8 Azubis)

## Auszeichnungen

### Alireza Rezaei mit PCB Design Award ausgezeichnet

Der Fachverband Elektronikdesign und -fertigung (FED) hat auf seiner Jahreskonferenz in Potsdam zum sechsten Mal die PCB Design Awards verliehen. Der vom FED gestiftete Preis prämiert alle zwei Jahre Leiterplattendesigner\*innen für herausragende Arbeiten. Eine sechsköpfige Fachjury bewertet die Designs in Hinblick auf technischen Anspruch, Fertigbarkeit und Dokumentation. Alireza Rezaei, Wissenschaftler am Fraunhofer IZM, belegte in der Kategorie »3D/Bauraum« den 2. Platz für seine Mitarbeit am Fraunhofer-Leitprojekt ZEPOWEL (Towards Zero Power Electronics). In diesem Projekt haben neun Fraunhofer-Institute erfolgreich gezeigt, wie Sensorsysteme extrem wenig Strom verbrauchen oder komplett autonom funktionieren und somit bundesweit bis zu 20 Prozent der Kohlendioxid-Emissionen einsparen können.

*IZM-Forscher Alireza Rezaei (links) bei der Verleihung des PCB Design Awards in Potsdam*



### IZM-Kommunikationspreis für Manuel Bäuscher

Das Fraunhofer IZM hat im Rahmen der Forschungspreisverleihung am 23. Juni 2022 erstmals auch einen Kommunikationspreis vergeben, um besondere Erfolge der Außenkommunikation zu würdigen. Der erste Preisträger ist der Wissenschaftler Manuel Bäuscher, dessen herausragende Leistungen bei der medialen Vermarktung des Fraunhofer IZM in der Kategorie »Demonstrator« prämiert wurden. Mit seinem Team entwickelte er einen graphenoxid-basierten Schnelltest zur Detektion von Biomarkern im Blut. Seine Exponate und sein Bildmaterial für das Projekt GraphPOC zeichnen sich durch hohe Kreativität, Überzeugungskraft und gesellschaftliche Relevanz aus.

### iNEMI Project Leadership Awards für zwei Projekte mit IZM-Beteiligung

Die International Electronics Manufacturing Initiative (iNEMI) hat im Juli 2022 auf der jährlichen Versammlung des Mitgliederrats zum ersten Mal fünf ausgewählte Projekte mit dem »Project Leadership Award« ausgezeichnet. Kriterien für die Ehrung waren die Erzielung hervorragender Leistungen in der Elektronikfertigung, herausragende Technologien oder Ergebnisse oder positive Auswirkungen auf die Wertschöpfungskette der Elektronikfertigung und ihr Ökosystem im Allgemeinen. Gleich drei IZM-Forschende aus der Abteilung »Environmental and Reliability Engineering« (ERE) haben in zwei der ausgezeichneten Projekte mitgearbeitet. Im Projekt »Eco-Design Best Practices for a Circular Electronics Economy« war Karsten Schischke an der Entwicklung einer interaktiven Webinar-Reihe beteiligt, die Unternehmen und Organisationen Handlungsempfehlungen für den Übergang zur Kreislaufwirtschaft lieferte und Erfahrungsberichte und innovative Ansätze im Bereich Ökodesign vorstellte.

Saskia Huber und Olaf Wittler, Expert\*innen für die Deformationsanalyse von Werkstoffen, Substraten, Komponenten und Baugruppen, waren Teil des Projektteams »Package Warpage Prediction and Characterization, Phase 5«. Sie unterstützten die Arbeit von iNEMI auf dem Gebiet der dynamischen Verformung von Packaging Technologien, indem sie die Notwendigkeit eines Modells für die Schrumpfspannung erkannten und ein solches Modell dann selbst entwickelten.

## Verleihung des ESTC 2022 Best Paper Awards an Steffen Bickel

Die Electronics System-Integration Technology Conference (ESTC 2022) fand vom 13. bis 15. September 2022 in der rumänischen Stadt Sibiu mit 350 Teilnehmenden aus 28 Ländern statt. Steffen Bickel, Wissenschaftler am Fraunhofer IZM-ASSID in Dresden, wurde auf der ESTC 2022 für seinen Beitrag zum Thema »Metallurgical Aspects and Joint Properties of Cu-Ni-In-Cu Fine-pitch Interconnects for 3D Integration« mit dem Best Paper Award ausgezeichnet. In seinem Paper untersucht er die Kinetik der Phasenbildung an der Grenzfläche Nickel-Indium im Bereich von wenigen Mikrometern, die für die Herstellung elektrisch und mechanisch zuverlässiger Verbindungen maßgebend ist. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse wurden für die Erzeugung intermetallischer Fine-Pitch-Verbindungen genutzt, welche sowohl die Potenziale als auch die Grenzen der Nickelbarriere verdeutlichen.

Die ESTC gilt als wichtiger Treffpunkt für Forschende und Industrievertreter\*innen, um die neuesten Entwicklungen in der Aufbau- und Verbindungstechnik vorzustellen und zu diskutieren. Die IEEE Electronics Packaging Society organisiert die alle zwei Jahre stattfindende Konferenz bereits seit 2006.

## IEEE Region 8 Award für Rolf Aschenbrenner

Im Rahmen der ESTC 2022 wurde noch ein weiterer Preis an einen IZM-Kollegen vergeben: Rolf Aschenbrenner, Leiter der Abteilung »System Integration & Interconnection Technologies«, erhielt in Sibiu den IEEE Region 8 Award. Der Preis würdigt herausragende Beiträge zur Weiterentwicklung und Wirksamkeit des EPS-Programms und seiner Aktivitäten. Mit der Auszeichnung wurden Rolf Aschenbrenners Beiträge zur Stärkung des Electronic Packaging und der Systemintegration in Europa durch technologische Expertise, internationale Konferenzen und aktiven Austausch mit den ansässigen Communities honoriert.

## Das Fraunhofer IZM-ASSID gewinnt Preis in der Kategorie »Technology & Innovation«

Seit 2017 veranstaltet Siemens Healthineers jedes Jahr den Global Supplier Day, der dieses Mal am 22. Juni 2022 stattfand. Mit der Preisverleihung würdigt Siemens Healthineers herausragende Lieferantenleistungen und ehrt so strategische Partner und Schlüssellieferanten. Der Preis in der Kategorie »Technology & Innovation« ging an das Fraunhofer IZM-ASSID, das für seine langjährige zuverlässige Zusammenarbeit mit Siemens Healthineers und die Produktion von elektronischen Komponenten für Stromwandler ausgezeichnet wurde.



*Prof. Martin Schneider-Ramelow, Christina Lopper und Dr. Michael Schiffer*

## »BestChance« Award 2022 geht ans Fraunhofer IZM

Für die Etablierung einer gezielten Förderung für weibliche Studierende am Fraunhofer IZM wurden Christina Lopper und Michael Schiffer mit dem »BestChance« Award 2022 ausgezeichnet. Die Preisverleihung fand am 8. November 2022 virtuell im Rahmen der 17. Netzwerktagung der Beauftragten für Chancengleichheit (BfC) statt. Prof. Albert Heuberger, Institutsleiter des Fraunhofer IIS in Erlangen und Sprecher des Verbunds Mikroelektronik, hielt die Laudatio und überreichte den Preis symbolisch. Prof. Martin Schneider-Ramelow, Institutsleiter des Fraunhofer IZM, übernahm dann die Verleihung des mit 3.000 Euro dotierten Preises vor Ort in Berlin.

Da der Frauenanteil am Fraunhofer IZM im Verlauf der Karriere-stufen über die Jahre immer gleichbleibend niedrig ist, beschloss Christina Lopper der Sache auf den Grund zu gehen. Sie führte Exit-Gespräche mit ausscheidenden Studentinnen, die ergaben, dass den Frauen teilweise am aktuellen Arbeitsplatz im Institut der fachliche Bezug zu ihrem Studium fehlt. Zudem bekamen sie zu wenig Perspektiven geboten und Übernahmbedingungen und -möglichkeiten wurden nur selten angesprochen. Auf der anderen Seite stellte sich die Frage, ob man gerade in Zeiten des Fachkräftemangels den Talentpool weiblicher Studierender am Institut sichtbar machen und besser nutzen könnte. So entstand die Idee eines Förderprogramms für weibliche Studierende, die Young Research Talent Class »Women in Science«, das Christina Lopper gemeinsam mit Michael Schiffer entwickelte und seither die Durchführung organisiert.

# Best Paper, Dissertationen, Editorials

## Best Paper

### Outstanding Paper Award für Marius van Dijk auf der EuroSimE 2022

Glückwunsch an unseren IZM-Kollegen Marius van Dijk: Für das Paper »Numerical Simulation of Transient Thermomechanical Ageing Effects« wurde er im Mai 2022 in Malta gemeinsam mit seinen Co-Autor\*innen Saskia Huber, Hans Walter, Olaf Wittler und Martin Schneider-Ramelow auf der EuroSimE Konferenz mit dem Outstanding Paper Award geehrt. Für das Paper untersuchten van Dijk und seine Kolleg\*innen Alterungseffekte in Leiterplatten, die für 5G und Radaranwendungen zum Einsatz kommen. Leiterplattenproben wurden bei 175 °C ausgelagert und Änderungen mithilfe von Materialcharakterisierungsverfahren diagnostiziert. Unter Verwendung von Finite Elemente Analysen entwickelten die IZM-Forscher\*innen eine Methode, um die Materialänderungen, also den Alterungsprozess, kontinuierlich zu beschreiben. Dies ermöglicht eine realistischere Bewertung der Zuverlässigkeit.

### Lars Stagun erhält Best Presentation Award auf IMAPS Herbsttagung

Auf der Herbsttagung des Mikroelektronik-Verbands IMAPS Deutschland wurde Lars Stagun, wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Technischen Universität Berlin, am 21. Oktober 2022 in München mit dem Best Presentation Award geehrt. Stagun erhielt die Auszeichnung für seinen Beitrag »Adhesive Bonding – Eine zuverlässige Integration von Elektronikmodulen in Textilien«, der sich mit Integrationsmöglichkeiten von Elektronik in Textilobjekte beschäftigt. Insbesondere die zusammen mit dem Fraunhofer IZM entwickelte robuste Integration elektronischer Module in textile Substrate stellt bei Smart Textiles eine Herausforderung dar. Das Paper widmet sich der Adhesive Bonding Technologie, die im Gegensatz zu Methoden wie Löten oder Krimpen die Möglichkeit bietet, Module mechanisch und elektrisch in nur einem Prozessschritt in das Textil zu integrieren.

## Dissertationen

### Hofmann, Florian

»Circular Business Model – Notion of Sustainability, Organizational Transition Management, and Experimentation Capabilities«

### Javaheri, Ehsan

»Qualification of the Instrumented Indentation Technique for the Parameter Identification of Welded Advanced High Strength Steels«

### Kaupmann, Philip

»A Novel Indirect Actuation Concept for MEMS Micromirrors«

### Mackowiak, Piotr

»Technologieentwicklung und Charakterisierung von Through SiC Vias (TSiCV)«

### Masuzawa, Takashi

»Modeling of Stray Magnetic Couplings in Power Electronic Devices«

### Popov, Mikhail

»Contact Mechanics and Dynamics of Frictional Systems under Oscillation«

### Schmid, Maximilian

»Weiterentwicklung der transienten thermischen Analysen für Leistungs-Halbleiter«

### Sirbu, Bogdan

»Hybrid Metallo-dielectric Grating Couplers for Unidirectional Excitation of SOI Waveguide Modes«

### Sokolov, Aleksei

»On the Wave Nature of Thermal Transport in Low-dimensional Lattices: From the Atomistic to the Continuum Perspective«

## Editorials

### Bioelectronic Medicine Journal

Giagka, V. (Associate Editor)

### International Journal of Microelectronics and Electronic Packaging

Ndip, I. (Associate Editor)



# Vorlesungen

---

## BTU Cottbus-Senftenberg

### Prof. Dr. M. Jaeger-Erben

- BTU4Future – Klimaschutz und nachhaltige Entwicklung
- Einführung in die Technik- und Umweltsoziologie
- Interdisziplinärer Grundkurs wissenschaftliches Arbeiten
- Sociology
- Sociology of Sustainable Development
- Transdisciplinary Sustainability Research

## Deutsche Internationale Universität Berlin

### Dr. T. Tekin

- Sensor Technology

## Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

### M. Bäuscher, M. Hubl

- BioMEMS

### M. Hubl

- Bionik

### Dr. H. Walter

- Werkstoffe der Mikrosystemtechnik

## Technische Universität Berlin

### Dr. P. Mackowiak

- Technologien und Werkstoffe der Mikrosystemtechnik

### Prof. Dr. W. H. Müller

- Hands-on Project to Finite Element Analysis (Projekt)
- Hands-on Project to Finite Element Analysis (Vorlesung)
- Kinematik und Dynamik
- Statik und elementare Festigkeitslehre

### Dr. N. F. Nissen, Dr. A. Middendorf

- Umweltgerechtes Design elektronischer Systeme

### Prof. Dr. M. Schneider-Ramelow

- Technologien der Systemintegration
- Werkstoffe der Systemintegration

### Dr. O. Wittler, Dr. J. Jaeschke

- Zuverlässigkeit integrierter Elektroniksysteme

## Technische Universität Delft

### Prof. Dr. V. Giagka

- Active Implantable Biomedical Microsystems
- Bioelectricity
- Neurostimulation

## Technische Universität Dresden

### Jun.-Prof. Dr. I. Panchenko

- 3D System Integration and 3D Technologies
- Micro-/Nanomaterials and Reliability Aspects (Praktikum)
- Micro-/Nanomaterials and Reliability Aspects (Vorlesung)
- Oberseminar AVT
- Werkstoffe und Zuverlässigkeit

## Universität Aalborg

### Prof. Dr. Eckart Hoene

- Design of Modern Power Semiconductor Devices
- EMC in Power Electronics

# Kooperationen mit Universitäten (Auswahl)

## Eine Auswahl universitärer Forschungspartner

<b>Aalto University, Finnland</b>
<b>AGH University of Science and Technology, Polen</b>
<b>Binghampton University, USA</b>
<b>KU Leuven, Belgien</b>
<b>Michigan State University, USA</b>
<b>Technische Universität Delft, Niederlande</b>
<b>Technische Universität Eindhoven, Niederlande</b>
<b>Tohoku University, Japan</b>
<b>Universität Aalborg, Dänemark</b>
<b>Universität Tokio, Japan</b>
<b>Universität Zürich, Schweiz</b>
<b>Université du Québec à Trois-Rivières, Kanada</b>
<b>University College London, Großbritannien</b>
<b>University of Utah, USA</b>
<b>Albert-Ludwigs-Universität Freiburg</b>
<b>Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg</b>
<b>Humboldt Universität zu Berlin</b>
<b>Johannes-Gutenberg-Universität Mainz</b>
<b>Kunsthochschule Berlin-Weißensee</b>
<b>Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg</b>
<b>Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn</b>
<b>Technische Hochschule Ingolstadt</b>
<b>Technische Universität Chemnitz</b>
<b>Universität Bielefeld</b>
<b>Universität der Bundeswehr München</b>
<b>Universität der Künste Berlin</b>
<b>Universität Heidelberg</b>
<b>Universität Rostock</b>

Zur Umsetzung seiner Forschungsziele hat das Fraunhofer IZM strategische Netzwerke mit Universitäten im In- und Ausland geknüpft. Die enge Zusammenarbeit mit Hochschulen ist eine wichtige Säule des Fraunhofer-Erfolgsmodells. Während die Universitäten ihre Innovationsfähigkeit und Kompetenz in der Grundlagenforschung einbringen, steuert Fraunhofer neben der anwendungsorientierten Forschungsarbeit eine ausgezeichnete technische Ausstattung bei.

## Kooperation mit der Technischen Universität Berlin

Seit seiner Gründung im Jahr 1993 profitiert das Fraunhofer IZM von der erfolgreichen Zusammenarbeit mit dem Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroperipherik der Technischen Universität Berlin. Hier entstand in den 1990er Jahren eine der weltweit ersten wissenschaftlichen Einrichtungen auf dem Gebiet der Aufbau- und Verbindungstechnik. Seit 2021 leitet Professor Martin Schneider-Ramelow nicht nur das Fraunhofer IZM, sondern zusätzlich auch den Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroperipherik.

## Fraunhofer IZM-ASSID kooperiert mit TU Dresden

Im Rahmen der gemeinsamen Juniorprofessur »Nanomaterials for Electronics Packaging« des Fraunhofer IZM-ASSID und der TU Dresden arbeitet Junior-Professorin Iuliana Panchenko mit ihrem Team an neuen Materialien und Technologien für Fine Pitch Interconnects in 3D/2,5D Si-Aufbauten.

## Zusammenarbeit mit der BTU Cottbus-Senftenberg

Das Fraunhofer IZM arbeitet über seine Außenstelle für Hochfrequenz-Sensorsysteme in Cottbus intensiv mit der dortigen BTU zusammen. Seit Anfang Februar 2023 ist IZM-Abteilungsleiter Prof. Ivan Ndip dort Inhaber des Lehrstuhls für Antennen und Hochfrequenz-Systemintegration. Die Forschungsaktivitäten im Rahmen des Innovationscampus iCampus Cottbus konzentrieren sich auf Entwurf, Testverfahren und Charakterisierung von integrierten Antennen, auf das Co-Design von Chip-Package-Antennen sowie Systemintegrationslösungen für die Realisierung von miniaturisierten Hochfrequenz-Sensorsystemen.

## Kooperationen mit der Industrie (Auswahl)

<b>AEMtec GmbH</b>	Berlin	<b>Malvern PANalytical B.V.</b>	Almelo (NL)
<b>Ajinomoto Fine-Techno USA Corporation</b>	Cupertino, CA (USA)	<b>Meltex Inc.</b>	Tokio (JP)
<b>Ajinomoto Group</b>	JP, USA	<b>MENNEKES Elektrotechnik GmbH &amp; Co. KG</b>	Kirchhunden
<b>Amkor Technology, Inc.</b>	Tempe, AZ (USA)	<b>Merck KGaA</b>	Darmstadt
<b>AMO GmbH</b>	St. Peter am Hart (AT)	<b>Micro Systems Engineering GmbH</b>	Berg
<b>ams AG</b>	Premstätten (AT)	<b>Multi Channel Systems MCS GmbH</b>	DE
<b>Amsterdam Scientific Instruments B.V.</b>	Amsterdam (NL)	<b>Nagase ChemteX Corporation</b>	Osaka (JP)
<b>AnSem NV</b>	BE	<b>Nexperia</b>	Nijmegen (NL)
<b>AT&amp;S Austria Technologie &amp; Systemtechnik AG</b>	Leoben (AT)	<b>NEXT FUEL R&amp;D LTD</b>	Neve Yamin (IL)
<b>AUDI AG</b>	Ingolstadt	<b>NKG</b>	JP
<b>Baker Hughes Inteq GmbH</b>	Celle	<b>OSYPKA AG</b>	DE
<b>BASF SE</b>	Ludwigshafen am Rhein	<b>Picosun Oy</b>	Masala (FI)
<b>Berliner Nanotest und Design GmbH</b>	Berlin	<b>Pilz GmbH &amp; Co. KG</b>	Hamburg
<b>BMW AG</b>	München	<b>Plath</b>	Ostfildern
<b>Bosch Semiconductor Manufacturing</b>	Dresden	<b>POSIC S.A.</b>	Colombier (CH)
<b>Brewer Science, Inc.</b>	Rolla, Missouri (USA)	<b>RENA Technologies GmbH</b>	Gütenbach
<b>Carl Zeiss SMT GmbH</b>	Jena	<b>Robert Bosch GmbH Zentrum für Forschung und Voraufwicklung</b>	Renningen
<b>CERN</b>	Meyrin (CH)	<b>Rolls-Royce Deutschland Ltd &amp; Co KG</b>	Cottbus
<b>Contag GmbH</b>	Berlin	<b>Saltec GmbH</b>	Salzhausen
<b>Corning Inc.</b>	Corning, NY (USA)	<b>Schaeffler AG</b>	Herzogenaurach
<b>Delo GmbH</b>	Windach	<b>Schlumberger</b>	Paris (FR)
<b>DeltaHeat GmbH</b>	Berlin	<b>Schmoll Maschinen GmbH</b>	Rödermark
<b>DISCO Corporation</b>	JP	<b>Semsysco GmbH</b>	Salzburg (AT)
<b>DResearch</b>	Berlin	<b>sensiBel AS</b>	Oslo (NO)
<b>DuPont de Nemours, Inc.</b>	Wilmington, DE (USA)	<b>Shōwa Denkō Materials Co. Ltd</b>	Tokio (JP)
<b>DuPont Electronics &amp; Imaging</b>	Marlborough, MA (USA)	<b>Siemens AG</b>	Berlin
<b>DustPhotonics</b>	IL	<b>SLAC National Accelerator Laboratory</b>	Menlo Park, CA (USA)
<b>Evatec AG</b>	Trübbach (CH)	<b>Süss MicroTec SE</b>	Garching, München
<b>FACEBOOK TECHNOLOGIES, LLC</b>	Menlo Park, CA (USA)	<b>Swissbit Germany AG</b>	Berlin, Broschhofen (CH)
<b>FIRST SENSOR</b>	Berlin	<b>TEN Thüringer Energienetze GmbH &amp; Co. KG</b>	Erfurt
<b>Fujifilm Electronic Materials</b>	EU, USA	<b>Texas Instruments</b>	München, London (GB)
<b>GEFRAN S.p.A.</b>	Provaglio d'Iseo (IT)	<b>Thales</b>	FR
<b>GLOBALFOUNDRIES INC.</b>	Dresden	<b>The Chemours Company</b>	Wilmington, DE (USA)
<b>Heraeus</b>	Hanau	<b>United Monolithic Semiconductors (UMS)</b>	Villebon-sur-Yvette (FR)
<b>IMASENIC Advanced Imaging S.L.</b>	Barcelona (ES)		
<b>Intel Corporation</b>	USA		
<b>KSG GmbH</b>	Görnsdorf		
<b>LTB GmbH</b>	Radebeul		

## Mitgliedschaften (Auswahl)

<b>AMA Fachverband Sensorik, Wissenschaftsrat</b>	H. Pötter	Member
<b>Cluster Optik BB, Photonik für Kommunikation und Sensorik</b>	Dr. H. Schröder	Spokesman
<b>Deutsche Keramische Gesellschaft</b>	Dr. M. Junghähnel	Member
<b>Deutscher Verband für Schweißtechnik DVS</b>	Prof. Dr. M. Schneider-Ramelow	Representative of Fraunhofer IZM
<b>Deutscher Verband für Schweißtechnik DVS</b>	Prof. Dr. M. Schneider-Ramelow	Chairman
<b>Arbeitsgruppe »Bonden«</b>		
<b>ECPE Competence Centre</b>	Prof. M. Schneider-Ramelow	Member
<b>EFDS – Europäische Forschungsgesellschaft Dünne Schichten e.V.</b>	Dr. M. Junghähnel	Member
Wissenschaftlicher Beirat des EFDS	Dr. M. Junghähnel	Elected Member
Fachausschuss »Beschichtungstechnologien für optische und elektronische Funktionalisierung – FABF	Dr. M. Junghähnel	Member
<b>European Network High Performance Integrated Microwave Photonics</b>	Dr. T. Tekin	German Representative
<b>European Photonic Industrial Consortium (EPIC)</b>	Dr. H. Schröder	Representative of Fraunhofer IZM
<b>European Technology Platform on Smart Systems Integration (EPoSS)</b>	H. Pötter	Member Executive Committee, Board Member
<b>FED Fachverband Elektronik-Design e.V.</b>	Dr. N. F. Nissen	Member
<b>Heterogeneous Integration Roadmap (HIR)</b>	R. Aschenbrenner	Chair Technical Working Group SiP
<b>IEEE Electronics Packaging Society</b>	R. Aschenbrenner	Fellow
IEEE EPS Region 8 Program Director	Dr. T. Braun	Senior Member
IEEE EPS TC Material & Processes	Dr. T. Braun	Member
IEEE EPS to Board of Governors	Dr. T. Braun	Elected Member-at-Large
<b>IMAPS International Microelectronics Assembly and Packaging Society</b>	Prof. Dr. M. Schneider-Ramelow	Fellow
IMAPS Deutschland	Prof. Dr. M. Schneider-Ramelow	President
IMAPS Signal/Power Integrity Committee	Prof. Dr. I. Ndip	Chair
IMAPS Europe ELC	Prof. Dr. M. Schneider-Ramelow	Member
<b>International Conference on Coatings on Glass and Plastics (ICCG)</b>	Dr. M. Junghähnel	Board Member
<b>IVAM Fachgruppe Wearables</b>	E. Jung	Technical Chair
<b>Organic Electronics Saxony (OES)</b>	j. Haberland, E. Jung	Representatives of Fraunhofer IZM
<b>Photonics 21</b>	Dr. R. Jordan	Board of Stakeholders
<b>Photonics West Optical Interconnects Conference</b>	Dr. H. Schröder	Chair
<b>PLASMA GERMANY</b>	Dr. M. Junghähnel	Elected Expert
<b>SEMI ESiPAT Group</b>	Dr. T. Braun	Member
<b>Silicon Saxony e.V.</b>	Dr. M. Junghähnel	Member
<b>Strategischer Arbeitskreis Silicon Germany</b>	Prof. Dr. M. Schneider-Ramelow	Member
<b>Wissenschaftlich-technischer Rat der Fraunhofer-Gesellschaft</b>	Dr. M. Hampicke	Representative of Fraunhofer IZM

## Publikationen (Auswahl)

Bakhshae Babaroud, N.; Palmar, M.; Velea, A. I.; Coletti, C.; Weingaertner, S.; Vos, F.; Serdijn, W. A.; Vollebregt, S.; Giagka, V.

**Multilayer CVD Graphene Electrodes Using a Transfer-free Process for the Next Generation of Optically Transparent and MRI-compatible Neural Interfaces**

Microsystems & Nanoengineering, Vol. 8, 2022, DOI: 10.1038/s41378-022-00430-x, Art. 107, S. 1-14.

Bickel, S.; Panchenko, I.; Wolf, M. J.

**Metallurgical Aspects and Joint Properties of Cu-Ni-In-Cu Fine-pitch Interconnects for 3D Integration**

Proceedings of ESTC 2022, Sibiu, Rumänien, DOI: 10.1109/ESTC55720.2022.9939411.

Bickel, J.; Schneider-Ramelow, M.; Lang, K.-D.; Gesche, R.; Ngo, H.-D.

**Platinum Interconnections for Harsh Environment Applications Using Atmospheric Pressure Sputtering**

Proceedings of ICEP 2022, Sapporo, Japan, DOI: 10.23919/ICEP55381.2022.9795437.

Braun, T.; Hölck, O.; Obst, M.; Voges, S.; Kahle, R.; Böttcher, L.; Billaud, M.; Töpfer, M.; Becker, K.-F.; Aschenbrenner, R.; Voitel, M.; Schneider-Ramelow, M.

**Panel Level Packaging – Where are the Technology Limits?**

Proceedings of ECTC 2022, San Diego, USA.

Brockmann, C.; Rezaei, A.; Hefer, J.; Al-Magazachi, S.; Hager, J.; Gerstner, H.; Matlok, S.; Eckardt, B.; Eppel, M.; Milosiu, H.; Oehler, F.

**Modular Ultra-low-power IoT-core – Bridging the Gap Between Power Electronics and Distributed Sensor Networks**

Proceedings of PCIM Europe 2022, Nürnberg, DOI:10.30420/565822008.

Dehkordi, S. K.; Schwanitz, O.; Marandi, M. K.; Kaiser, M. P.; Le, T. H.; Caire, G.

**Sub-TeraHertz Modular Array Layout Optimization under Fabrication Constraints**

Proceedings of EuCNC/6G Summit 2022, Grenoble, Frankreich, DOI: 10.1109/EuCNC/6GSummit54941.2022.9815808, S. 31-36.

Dietrich, L.; Oppermann, H.; Lopper, C.; Mackowiak, P.

**Fabrication and Characterization of Nanoporous Gold (NPG) Interconnects for Wafer Level Packaging**

Proceedings of ECTC 2022, San Diego, USA, DOI: 10.1109/ECTC51906.2022.00143.

Dobs, T.; Elsothy, M.; Jaeschke, J.; Sehr, F.; Strogies, J.; Wilke, K.

**Multi-domain System Level Modeling Approach for Assessment of Degradation Behaviour under Thermal and Thermo-mechanical Stress**

Microelectronics Reliability, Vol. 138, 2022, DOI: 10.1016/j.microrel.2022.114710.

Dreissigacker, M.; Wöhrmann, M.; Braun, T.; Becker, K.-F.; Schneider-Ramelow, M.

**A Novel Hybrid Method to Integrate Delicate MEMS Components into a FOWLP**

Proceedings of the 55<sup>th</sup> International Symposium on Microelectronics (IMAPS 2022), Boston, USA.

Erbacher, K.; Alves Marques, J.; v. Krshiwoblozki, M.; Wu, L.; Ngo, H.-D.; Schneider-Ramelow, M.

**Aero Acoustic MEMS Microphone Integration in Ultra-thin and Flexible Substrate**

Proceedings of EPTC 2022, Singapur, Singapur, DOI: 10.1109/EPTC56328.2022.10013281.

Erbacher, K.; Ngo, H.-D.; Mackowiak, P.; Wu, L.; Julliard, E.; Spehr, C.

**Design and Modeling of a Novel Piezoresistive Microphone for Aero Acoustic Measurements in Laminar Boundary Layers Using FEM and LEM**

AIAA SCITECH 2022 Forum, San Diego, USA, DOI: 10.2514/6.2022-1023.

Fritzsich, T.; Huegging, F.; Mackowiak, P.; Zoschke, K.; Rothermund, M.; Owtscharenko, N.; Pohl, D.-L.; Oppermann, H.; Wermes, N.

**3D TSV Hybrid Pixel Detector Modules with ATLAS FE-I4 Readout Electronic Chip**

Journal of Instrumentation, Vol. 17, 2022, DOI: 10.1088/1748-0221/17/01/C01029.

Gupta, P.; Morrissey, P. E.; O'Brien, P.; Kröhnert, K.; Wöhrmann, M.; Schiffer, M.; Kelb, C.; Ambrosius, N.; Schneider-Ramelow, M.

**Impact of Through Glass Vias Filling on the Performance of Passive Thermal Cooling in Photonic Packages**

Proceedings of ESTC 2022, Sibiu, Rumänien, DOI: 10.1109/ESTC55720.2022.9939531.

Kanitkar, A.; Chernobryvko, M.; Ndip, I.; Kaiser, M. P.; Böttcher, M.; Scheibe, P.; Schneider-Ramelow, M.; Wieland, M.; Goetze, C.; Trewhella, J.

**Temperature Dependent RF Characterization of Thin-film Polyimide for 5G mmWave Antenna-in-package Modules**

Proceedings of EuCAP 2022, Madrid, Spanien, DOI: 10.23919/EuCAP53622.2022.9769217, S. 1-5.

Kolovou-Kouri, K.; Rashidi, A.; Varkevisser, F.; Serdijn W. A.; Giagka, V.

**Energy Savings of Multi-channel Neurostimulators with Non-rectangular Current-mode Stimuli Using Multiple Supply Rails**

Proceedings of EMBC 2022, Glasgow, Vereinigtes Königreich, DOI: 10.1109/EMBC48229.2022.9871145, S. 3443-3446.

Kröhnert, K.; Wöhrmann, M.; Schiffer, M.; Kelb, C.; Ambrosius, N.; Gupta, P.; Morrissey, P. E.; O'Brien, P.; Schneider-Ramelow, M.

**High Aspect Ratio Through-glass Vias as Heat Conductive Element**

Proceedings of IMAPS NordPac 2022, Göteborg, Schweden, electronic ISBN: 978-91-89711-39-6.

Kyeremateng, A.; Elia, G.; Hahn, R.; Slater, P.

**Lithium-ion Batteries: Nomenclature of Interphases with Liquid or Solid-state Electrolytes**

Batteries & Supercaps, Weinheim, 2023, Wiley-VCH, ISSN 25666223.

Le, T. H.; Ndip, I.; Schwanitz, O.; Kosmider, S.; Murugesan, K.; Maass, U.; Schneider-Ramelow, M.

**Compact Wideband Antenna-in-package Based on PCB Technology for 39 GHz 5G mmWave Applications**

Proceedings of EuCAP 2022, Madrid, Spanien, DOI: 10.23919/EuCAP53622.2022.9769323, S. 1-4.

Leese, H. S.; Hahn, R. et al.

**High-K Dielectric Screen-printed Inks for Mechanical Energy Harvesting Devices**

Material Advances, Issue 3, 2022, DOI: 10.1039/D1MA00661D, S. 1780-1790.

Mackowiak, P.; Erbacher, K.; Bäuscher, M.; Höppner, K.; Ngo, H.-D.; Schiffer, M.; Schneider-Ramelow, M.

**Herstellung eines piezoresistiven Drucksensors aus Siliziumcarbid mittels reaktiven Ionenätzen**

Proceedings of Sensoren und Messsysteme 2022, Nürnberg, ISBN 978-3-8007-5835-7.

Mackowiak, P.; Erbacher, K.; Schiffer, M.; Manier, C.-A.; Töpfer, M.; Ngo, H.-D.; Schneider-Ramelow, M.; Lang, K.-D.

**Investigation and Modeling of Etching Through Silicon Carbide Vias (TSiCV) for SiC Interposer and Deep SiC Etching for Harsh Environment MEMS by DoE**

IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, Vol. 12 (3), 2022, DOI: 10.1109/TCPMT.2021.3123384.

Mackowiak, P.; Wittler, O.; Braun, T.; Conrad, J.; Schiffer, M.; Schneider-Ramelow, M.

**Potentials of a SiC Fan-out Wafer Level Package for High Power Application**

Proceedings of ESTC 2022, Sibiu, Rumänien, DOI: 10.1109/ESTC55720.2022.9939379.

Mackowiak, P.; Wittler, O.; Braun, T.; Erbacher, K.; Conrad, J.; Schiffer, M.; Schneider-Ramelow, M.

**SiC Fan-out Wafer Level Package for High Power Application**

Proceedings of EPTC 2022, Singapur, Singapur, DOI: 10.1109/EPTC56328.2022.10013212.

Pak, A.; Nanbakhsh, K.; Hölck, O.; Ritasalo, R.; Sousa, M.; van Gompel, M.; Pahl, B.; Wilson, J.; Kallmayer, C.; Giagka, V.

**Thin Film Encapsulation for LCP-based Flexible Bioelectronic Implants: Comparison of Different Coating Materials Using Test Methodologies for Life-time Estimation**

Micromachines, Vol. 13 (4), 2022, DOI: 10.3390/mi13040544, S. 544.

Panchenko, I.; Wenzel, L.; Mueller, M.; Rudolph, C.; Hanisch, A.; Wolf, M. J.

**Microstructure Development of Cu/SiO<sub>2</sub> Hybrid Bond Interconnects after Reliability Tests**

IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, Vol. 12 (3), 2022, DOI: 10.1109/TCPMT.2022.3149788.

Pötter, H.; Stobbe, L.; Schischke, C.

**The Journey Towards Green and Carbon Neutral Electronics**

ADTC & EDA Workshop 2022, Dresden.

Proske M.

**How to Address Obsolescence in LCA Studies – Perspectives on Product Use-time for a Smartphone Case Study**

Journal of Cleaner Production, Vol. 376, 2022, DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.134283.

Rückschloss, J.; Schischke, K.; Berwald, A.; Schlegel, M.-C.

**Pandemic-related Behavioural Changes – Does EU Ecodesign Policy Making Need to React?**

eccee Summer Study Proceedings 2022, Hyères, Frankreich, S.1237-1244.

Rudolph, C.; Wachsmuth, H.; Gansauer, P.; Werner, T.; Junghähnel, M.; Fountain, G.; Theil, J. A.; Mirkarimi, L.

**HVM CMP Process Development for Advanced Direct Bond Interconnect (DBI)**

Proceedings of ICPT 2022, Portland, USA.

Saccher, M.; Kawasaki, S.; Proietti Onori, M.; van Woerden, G. M.; Giagka, V.; Dekker, R.

**Focused Ultrasound Neuromodulation on a Multiwell MEA**

Bioelectronic Medicine, Vol. 8 (2), 2022, DOI: 10.1186/s42234-021-00083-7, S. 1-10.

Schischke, K.; Berwald, A.; Dimitrova, G.; Nissen, N. F.; Schneider-Ramelow, M.

**Durability, Reparability and Recyclability: Applying Material Efficiency Standards EN 4555x to Mobile Phones and Tablet Computers**

Procedia CIRP, Vol. 105, 2022, S. 619–624.

Schröder, H.; Lewoczko-Adamczyk, W.; Weber, D.

**Enabling Photonic System Integration by Applying Glass Based Microelectronic Packaging Approaches**

Proceedings of EOSAM 2022, Porto, Portugal.

Schröder, H.; Schwietering, J.; Kirsch, O.; Wachholz, P.; Lewoczko-Adamczyk, W.

**Low-loss Optical Single-mode Waveguide Platform in Thin Glass with Wide Spectral Range**

Proceedings of SPIE Photonics West 2022, San Francisco, USA.

Schwantuschke, D.; Ture, E.; Braun, T.; Nguyen, T. D.; Wöhrmann, M.; Pretl, M.; Engels, S.

**Fan-out Wafer Level Packaging of GaN Traveling Wafer Amplifier**

Proceedings of IMS 2022, Denver, USA, DOI: 10.1109/IMS37962.2022.9865579.

Shehzad, A.; Yin, R.; Panchenko, I.; Müller, M.; Bickel, S.; Birlem, O.; Quednau, S.; Wolf, M. J.

**Novel Cu-nanowire-based Technology Enabling Fine Pitch Interconnects for 2.5D/3D Integration**

Proceedings of ESTC 2022, Sibiu, Rumänien, DOI: 10.1109/ESTC55720.2022.9939420.

Thomas, T.; Rämmer, O.; Nguyen, T. D.; Hoene, E.; Braun, T.; Liu, C.; Pavliček, N.

**Presentation of a Reliable Molded Power-PrePackage**

Proceedings of CIPS 2022, Berlin.

Tschoban, C.; Schwanitz, O.; Le, T. H.; Thomas, T.; Becker, K.-F.; Braun, T.; Ndip, I.; Pötter, H.; Schneider-Ramelow, M.

**Development of a PCB-embedding Technology Based-79GHz MIMO Radar Fronted Module for Autonomous Driving**

Proceedings of EPTC 2022, Singapur, Singapur, S. 40-46.

Tschoban, C.; Schwanitz, O.; Schmied, M.; Ndip, I.; Pötter, H.; Fiehler, R.; Schneider-Ramelow, M.

**HF-Charakterisierung der Embedding-PCB-Technologie-Toleranzen für Radar-Anwendungen**

11. DVS/GMM-Fachtagung, EBL 2022, Fellbach, S. 92-95.

Van Dijk, M.; Wittler, O.; Hung, P.-C.; Lai, W.-H.; Hsieh, C.-Y.; Wang, T.; Schneider-Ramelow, M.

**Finite Element Influence Analysis of Power Module Design Options**

Proceedings of ECTC 2022, San Diego, USA, S. 1770-1776.

Van Dijk, M.; Huber, S.; Walter, H.; Wittler, O.; Schneider-Ramelow, M.

**Numerical Simulation of Transient Thermomechanical Ageing Effects**

Proceedings of EuroSimE 2022, St. Julian, Malta.

Varkevisser, F.; Rashidi, A.; Costa, T. L.; Giagka, V.; Serdijn, W. A.

**Pre-filtering of Stimuli for Improved Energy Efficiency in Neuronal Electrical Stimulation**

Proceedings of BioCAS 2022, Taipei, Taiwan,  
DOI: 10.1109/BioCAS54905.2022.9948643.

Wenzel, L.; Mueller, M.; Panchenko, I.; Steller, W.; Wolf, M. J.  
**Corrosion Study on Cu/Sn-Ag Solid-liquid Interdiffusion Microbumps by Salt Spray Testing with 5 wt.% NaCl Solution**

Proceedings of ESTC 2022, Sibiu, Rumänien,  
DOI: 10.1109/ESTC55720.2022.9939408.

Wietstruck, M.; Mausolf, T.; Lehmann, J.; Cao, Z.; Nguyen, T. D.; Wöhrmann, M.; Braun, T.

**BiCMOS Integrated Temperature Sensor for Thermal Evaluation of Fan-out Wafer-level Packaging (FOWLP) Including Hot Spot Analysis**

Proceedings of NordPac 2022, Göteborg, Schweden, ISBN: 978-1-6654-9177-8.

Windrich, F.; Jehle, A.; Preuß, S.

**Maskless Direct Write Lithography for 3D Wafer-level-system-integration**

Proceedings of the 55<sup>th</sup> International Symposium on Microelectronics (IMAPS 2022), Boston, USA.

Woehrmann, M.; Mackowiak, P.; Schiffer, M.; Lang, K.-D.; Schneider-Ramelow, M.

**A Novel Quantitative Adhesion Measurement Method for Thin Polymer and Metal Layers for Microelectronic Applications**

Proceedings of ECTC 2022, San Diego, USA,  
DOI: 10.1109/ECTC51906.2022.00125.

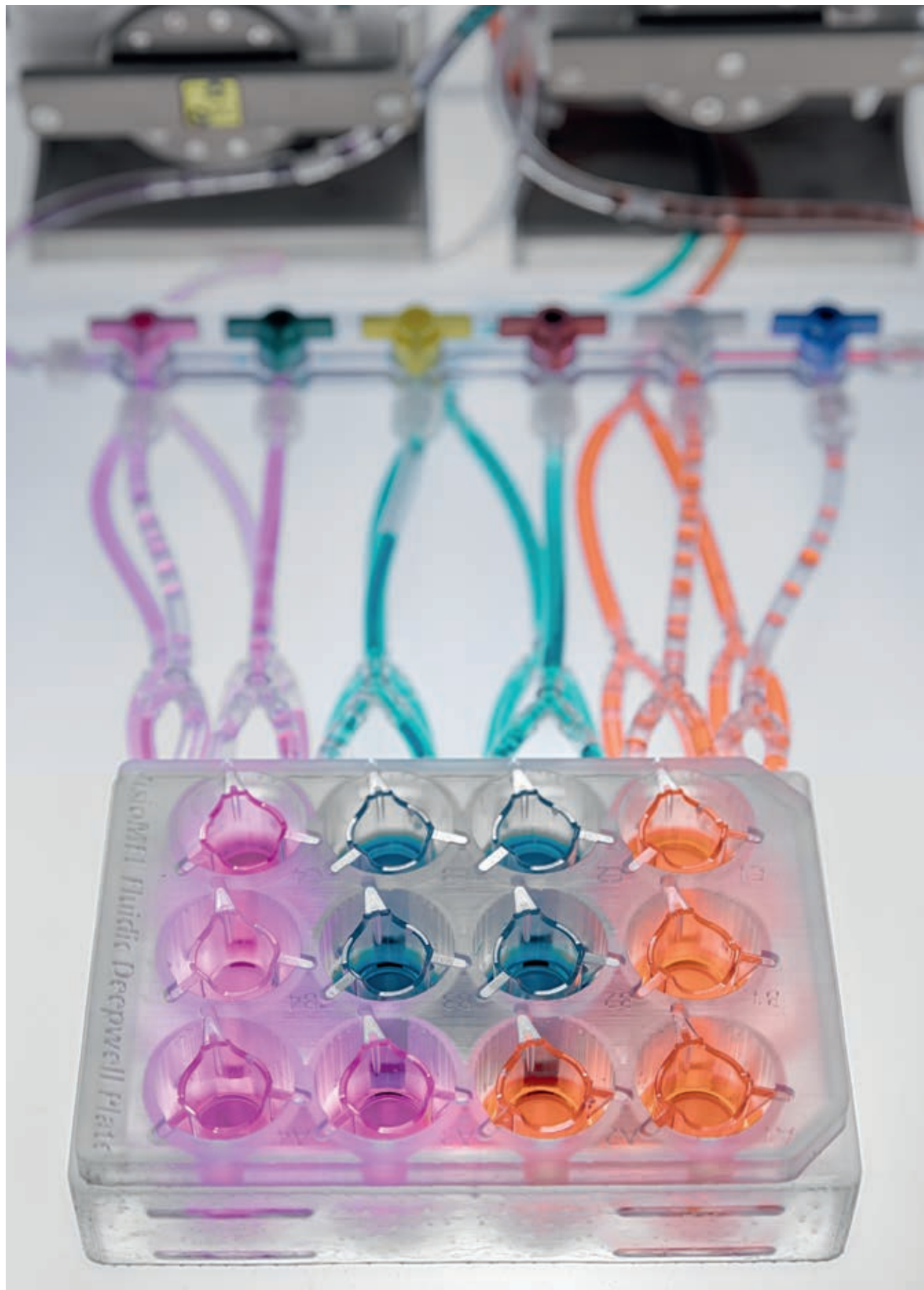
Zoschke, K.; Oppermann, H.; Wöhrmann, M.; Kallmayer, C.; Tschoban, C.; Kröhnert, K.; Lopper, C.; Jaeger, D.; Lutz, M.; Wunsch, O.

**High Density Thin Film Flex Technology for Advanced Packaging Applications**

Proceedings of ECTC 2022, San Diego, USA,  
DOI: 10.1109/ECTC51906.2022.00165, S. 1010-1018.

*Elektroniksteuerung für eine In-vitro-Testplattform zur Abschätzung der Therapiewirkung gegen das Maligne Melanom*





## Patente & Erfindungen

---

Dietrich, Lothar; Brink, Morten; Oppermann, Hermann  
**Formulierung und Verfahren zur Herstellung von Legierungsdepots aus Silber und Gold**  
US 11,255,021 B2

Lang, Klaus-Dieter; Ndip, Ivan; Engin, Arif Ege; Aguirre, Gerardo  
**Non-overlapping Power/Groun Planes for Localized Power Distribution Network Design**  
US 11,330,699 B2

Ndip, Ivan  
**Antennenvorrichtung, Antennenarray, elektrische Schaltung mit einer Antennenvorrichtung und Bändchenbondantenne**  
EP 3 346 550 A1

Ndip, Ivan  
**Bändchenbondantennen**  
EP 3 346 545 A1

Ndip, Ivan; Braun, Tanja; Lang, Klaus-Dieter  
**Modul auf Basis von Waver-Level-Packaging und Verfahren zu dessen Herstellung**  
US 11,328,987 B2

Ndip, Ivan; Kallmayer, Christine; Lang, Klaus-Dieter  
**Dreidimensionale Antennenvorrichtung**  
US 11,271,297 B2

Ndip, Ivan; Ostmann, Andreas  
**Modulanordnung mit eingebetteten Komponenten und einer integrierten Antenne, Vorrichtung mit Modul-anordnungen und Verfahren zur Herstellung**  
US 11,394,109 B2

Ndip, Ivan; Zoschke, Kai; Lang, Klaus-Dieter  
**Moduleinheit mit integrierten Antennen**  
DE 10 2018 202 364 A1, US 11,283,166 B2

Oppermann, Hermann; Tekin, Tolga; Stockmeyer, Jörg; Fröhlich, Juliane  
**Genauere Komponenten-Justage auf planare Grundplatte**  
US 11,402,583 B2

Wöhrmann, Markus; Zoschke, Kai  
**Modulares Verdrahtungshalbzeug, Verdrahtungsmodul und Verdrahtungsbaulement**  
DE 10 2020 208 591 A1

# Kuratorium

---

## Vorsitzender

**Dr. Franz Richter**



## Mitglieder

**Ministerialrätin Dr. Annerose Beck**

Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst,  
Dresden

**Paradiso Coskina**

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin

**Robert Giertz** (seit 2022)

AEMtec GmbH, Berlin

**Gabi Grützner**

Micro resist technology GmbH, Berlin

**Dr. Michael Hosemann** (seit 2022)

Siemens Healthcare GmbH, Erlangen

**Prof. Dr. Gerhard Kahmen** (seit 2022)

IHP GmbH, Leibniz-Institut für innovative  
Mikroelektronik, Frankfurt (Oder)

**Ministerialrat Bernd Lietzau**

Der Regierende Bürgermeister von Berlin, Senatskanzlei  
Wissenschaft und Forschung

**Prof. Dr. Regine Mallwitz** (seit 2022)

TU Braunschweig, Braunschweig

**Jörg Muchametow** (seit 2022)

eagleyard Photonics GmbH, Berlin

**Prof. Dr. Geraldine Rauch** (seit April 2022)

Technische Universität Berlin

**Johannes Stahr**

AT&S AG, Leoben (A)

**Dr. Markus Ulm**

Bosch Sensortec GmbH, Reutlingen

**Prof. Dr. Stephan Völker** (seit April 2022)

Technische Universität Berlin

**Christian Wiebus**

NXP Semiconductors Germany GmbH, Hamburg

**Marcel Wieland** (seit 2022)

GlobalFoundries, Dresden

**Ministerialrat Christoph Zimmer-Conrad**

Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und  
Verkehr, Referat Industrie, Dresden

**Dr. Tina Züchner**

Bundesministerium für Bildung und Forschung,  
Referat Elektronik und autonomes Fahren, Bonn

# Kontakt

## FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ZUVERLÄSSIGKEIT UND MIKROINTEGRATION IZM

Gustav-Meyer-Allee 25 | 13355 Berlin  
Telefon +49 30 46403-100  
info@izm.fraunhofer.de



### Institutsleiter

Prof. Dr.-Ing. Martin Schneider-Ramelow  
Telefon +49 30 46403-172  
martin.schneider-ramelow@izm.fraunhofer.de



### Stellvertretender Institutsleiter

Dipl.-Phys. Rolf Aschenbrenner  
Telefon +49 30 46403-164  
rolf.aschenbrenner@izm.fraunhofer.de



### Referent der Institutsleitung

Dr.-Ing. Maik Hampicke  
Telefon +49 30 46403-683  
maik.hampicke@izm.fraunhofer.de



### Leitung Administration

Dipl.-Wirt.-Ing. (FH) Jürgen Rahn  
Telefon +49 30 46403-105  
juergen.rahn@izm.fraunhofer.de



### Leitung Administration

Dipl.-Ing. Carsten Wohlgemuth  
Telefon +49 30 46403-114  
carsten.wohlgemuth@izm.fraunhofer.de

## FACHABTEILUNGEN



### Wafer Level System Integration

Leitung: Dr. Manuela Junghähnel  
Telefon +49 0351 795572-0  
manuela.junghaehnel@izm.fraunhofer.de



Leitung: Dr.-Ing. Michael Schiffer  
Telefon +49 30 46403-234  
michael.schiffer@izm.fraunhofer.de



### System Integration and Interconnection Technologies

Leitung: Dipl.-Phys. Rolf Aschenbrenner  
Telefon +49 30 46403-164  
rolf.aschenbrenner@izm.fraunhofer.de



Leitung: Dr.-Ing. Andreas Ostmann  
Telefon +49 30 46403-187  
andreas.ostmann@izm.fraunhofer.de



### Environmental and Reliability Engineering

Leitung: Dr.-Ing. Nils F. Nissen  
Telefon +49 30 46403-132  
nils.nissen@izm.fraunhofer.de



### RF & Smart Sensor Systems

Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Ivan Ndip  
Telefon +49 30 46403-679  
ivan.ndip@izm.fraunhofer.de



Leitung: Dipl.-Ing. Harald Pötter  
Telefon +49 30 46403-742  
harald.poetter@izm.fraunhofer.de

## STANDORT DRESDEN ASSID

### All Silicon System Integration Dresden (ASSID)

Ringstraße 12, 01468 Moritzburg



Leitung: Dr. Manuela Junghähnel  
Telefon +49 0351 795572 -0  
manuela.junghaehnel@izm.fraunhofer.de



Leitung: Dr.-Ing. Michael Schiffer  
Telefon +49 30 46403 -234  
michael.schiffer@izm.fraunhofer.de

## STANDORT COTTBUS

### Außenstelle Hochfrequenz-Systeme

Karl-Marx-Straße 69, 03044 Cottbus



**RF & Smart Sensor Systems**  
Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Ivan Ndip  
Telefon +49 30 46403 -679  
ivan.ndip@izm.fraunhofer.de

## GESCHÄFTSFELDENTWICKLUNG / MARKETING & PR



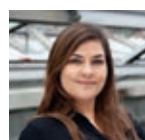
### Business Development Team

Dipl.-Phys. Erik Jung  
Telefon +49 30 46403-230  
bdt@izm.fraunhofer.de



### Marketing & PR

Georg Weigelt  
Telefon +49 30 46403 -279  
georg.weigelt@izm.fraunhofer.de



### Start-A-Factory

Alexandra Rydz  
Telefon +49 30 46403 -203  
alexandra.rydz@izm.fraunhofer.de

# Impressum

---

## Herausgeber

Prof. Dr.-Ing. Martin Schneider-Ramelow  
Fraunhofer IZM  
[www.izm.fraunhofer.de](http://www.izm.fraunhofer.de)

## Redaktionelle Bearbeitung

mcc Agentur für Kommunikation GmbH  
Georg Weigelt, Fraunhofer IZM

## Layout / Satz

mcc Agentur für Kommunikation GmbH  
[www.mcc-events.de](http://www.mcc-events.de)

© Fraunhofer IZM 2023

## Fotografie

Fraunhofer Mikroelektronik (17), Christian Schneider-Bröcker (35), Mesago | Mathias Kutt (37),  
Fachverband Elektronikdesign und -fertigung e. V. (44)

Sämtliche anderen Bildrechte Fraunhofer IZM oder Fraunhofer IZM zusammen mit:  
Volker Mai (Titel, 6, 8, 9, 11, 15, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 28, 29, 30, 31, 34, 42, 55);  
MIKA Berlin (58, 59); Erik Müller (58)

## Titel

Optische Analyse eines komplexen Chipaufbaus der Consumer-Elektronik



## Kontakt

---

Fraunhofer-Institut für  
Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM

Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin

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

© Fraunhofer IZM 2023