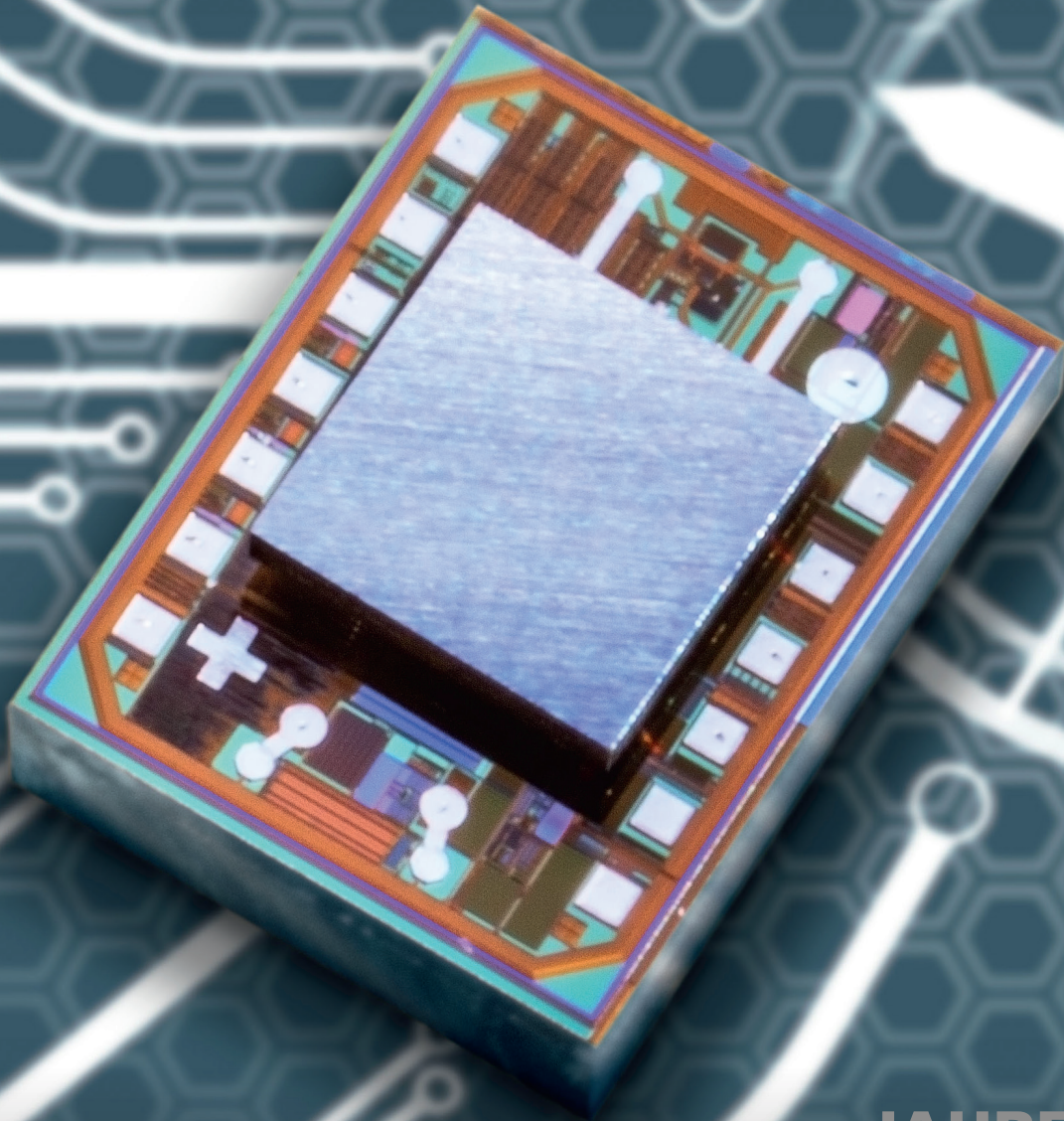




Fraunhofer

IZM

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR ZUVERLÄSSIGKEIT UND MIKROINTEGRATION IZM



JAHRESBERICHT
15/16

JAHRESBERICHT
15/16

INHALT

Vorwort	Seite 4
---------	---------

FRAUNHOFER IZM

Fraunhofer – Ein starkes Netzwerk	Seite 8
Fraunhofer IZM – Vom Wafer zum System	Seite 9
Das Fraunhofer IZM als Partner	Seite 10
Zusammenarbeit mit Universitäten	Seite 12
Internationale Forschungskooperationen	Seite 14

GESCHÄFTSFELDER & ZUSAMMENARBEIT

Geschäftsfelder	Seite 18
Ausstattung & Leistungen	Seite 30
Innovationszentrum AdaptSys	Seite 32

FORSCHUNGS-CLUSTER INTEGRATION AUF SUBSTRATEBENE

Highlight 2015: W-Band-Projekt – Radar Packaging für 94 GHz	Seite 36
Systemintegration & Verbindungstechnologien	Seite 38
Mikromechatronik & Leiterplattentechnologie	Seite 42

FORSCHUNGS-CLUSTER INTEGRATION AUF WAFEREBENE

Highlight 2015: Intelligente Lichtquellen für adaptive Frontscheinwerfersysteme	Seite 44
Wafer Level System Integration – All Silicon System Integration Dresden ASSID	Seite 46

FORSCHUNGS-CLUSTER MATERIALIEN & ZUVERLÄSSIGKEIT

Highlight 2015: Aufbautechnik und Zuverlässigkeit für Temperaturen bis 300°C	Seite 50
Environmental & Reliability Engineering	Seite 52

FORSCHUNGS-CLUSTER SYSTEMDESIGN

Highlight 2015: Wireless Power Systems	Seite 54
RF & Smart Sensor Systems	Seite 56

VERANSTALTUNGEN

Events & Workshops	Seite 60
Veranstaltungen 2016	Seite 66
Nachwuchsförderung am Fraunhofer IZM	Seite 68

FACTS & FIGURES

Das Fraunhofer IZM in Fakten und Zahlen	Seite 72
Auszeichnungen	Seite 74
Best Paper, Editorials	Seite 76
Vorlesungen	Seite 77
Mitgliedschaften	Seite 78
Kooperation mit der Industrie	Seite 80
Publikationen	Seite 82
Patente und Erfindungen	Seite 88
Kuratorium	Seite 89
Kontaktadressen	Seite 90
Impressum	Seite 93

VORWORT



LIEBE FREUNDE UND PARTNER DES FRAUNHOFER IZM, LIEBE LESERINNEN UND LESER!

Wie baut man einen der kleinsten Solarwechselrichter der Welt? Wie sieht eine Technologie aus, die Daten per Licht sicher und an verschiedenste Anwendungsebenen versenden kann? Können wir kritische Rohstoffe in Produkten wie LED-Systemen weiter reduzieren? An diesen anspruchsvollen Themen haben unsere Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im vergangenen Jahr gearbeitet – und zwar mit Erfolg! Ein extrem miniaturisierter Wechselrichter schaffte es beispielsweise bis in die Finalrunde der »Little Box Challenge«, einem internationalen Wettbewerb, zu dem Google aufgerufen hatte. Auch in Kooperationsprojekten wie »PhoxTroT« oder »cycLED« hat sich das Fraunhofer IZM als Initiator in den Bereichen Photonik, Nachhaltigkeit und Recycling engagiert.

Wir setzen auf Fortschritt! Das zeigt sich insbesondere in unseren Aktivitäten zu den Technologien der Systemintegration. Ein zukunftsorientierter Meilenstein des vergangenen Jahres war daher die Eröffnung des neuen Zentrums für adaptive Systemintegration (AdaptSys). Damit haben wir unser Technologieangebot umfangreich erweitert und besitzen jetzt höchste Flexibilität und modernste Prozesstechniken bei der Realisierung von Wafer- und Panellevel-Systemen.

Was das bedeutet? Wir können die gesamte Wertschöpfungskette bei der Systemintegration unterstützen, große Formate bearbeiten und damit auch kostengünstige Fertigungen bei kleinen Stückzahlen qualifizieren und sogar Entwicklungen bis zur Kleinserie begleiten. Damit unterstützen wir vor allem kleine und mittelständische Unternehmen.

Doch noch eine weitere Wegmarke hat im letzten Jahr die internationale Forschungs- und Industrielandschaft bereichert: die hervorragende Entwicklung des Dresdner Zentrums IZM-ASSID im Fraunhofer-Modell. Das ASSID hat sich dabei als eine führende Forschungseinheit für das Wafer Level Packaging und die 3D-Integration auf Basis von 300mm-Si-Technologien etabliert. Im April 2015 erfolgte zudem die äußerst erfolgreiche Zertifizierung nach dem ISO 9001-Standard.

Die Zusammenarbeit mit der Industrie, ein wichtiger Eckpfeiler unseres Instituts, war auch im letzten Jahr wieder von großer Intensität geprägt. Nicht zuletzt das neu eingesetzte Business Development Team fungiert als effiziente Brücke zu unseren Partnern. Erfahrene Wissenschaftler mit einem ausgeprägten Gespür für Trends und Industriebedarfe bilden Kommunikationsknotenpunkte, entwickeln erweiterte Businessmodelle und unterstützen die strategische Ausrichtung unseres Instituts.

Doch was ist exzellente Forschung ohne einen Nachwuchs, der sie fortsetzt? Das Fraunhofer IZM fördert die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler von morgen und hat erneut die Kooperationen mit Universitäten und Hochschulen intensiviert. Mit der Berliner Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW) beispielsweise wird über ein Programm der Fraunhofer-Gesellschaft der Aufbau einer gemeinsamen Forschergruppe zur Entwicklung von Hochleistungs-Mikrosensoren vorangetrieben. Hier geht es u.a. um neuartige Hochtemperatur- und Gassensoren sowie um smarte Sensorsysteme auf der Basis verschiedener Halbleitermaterialien.

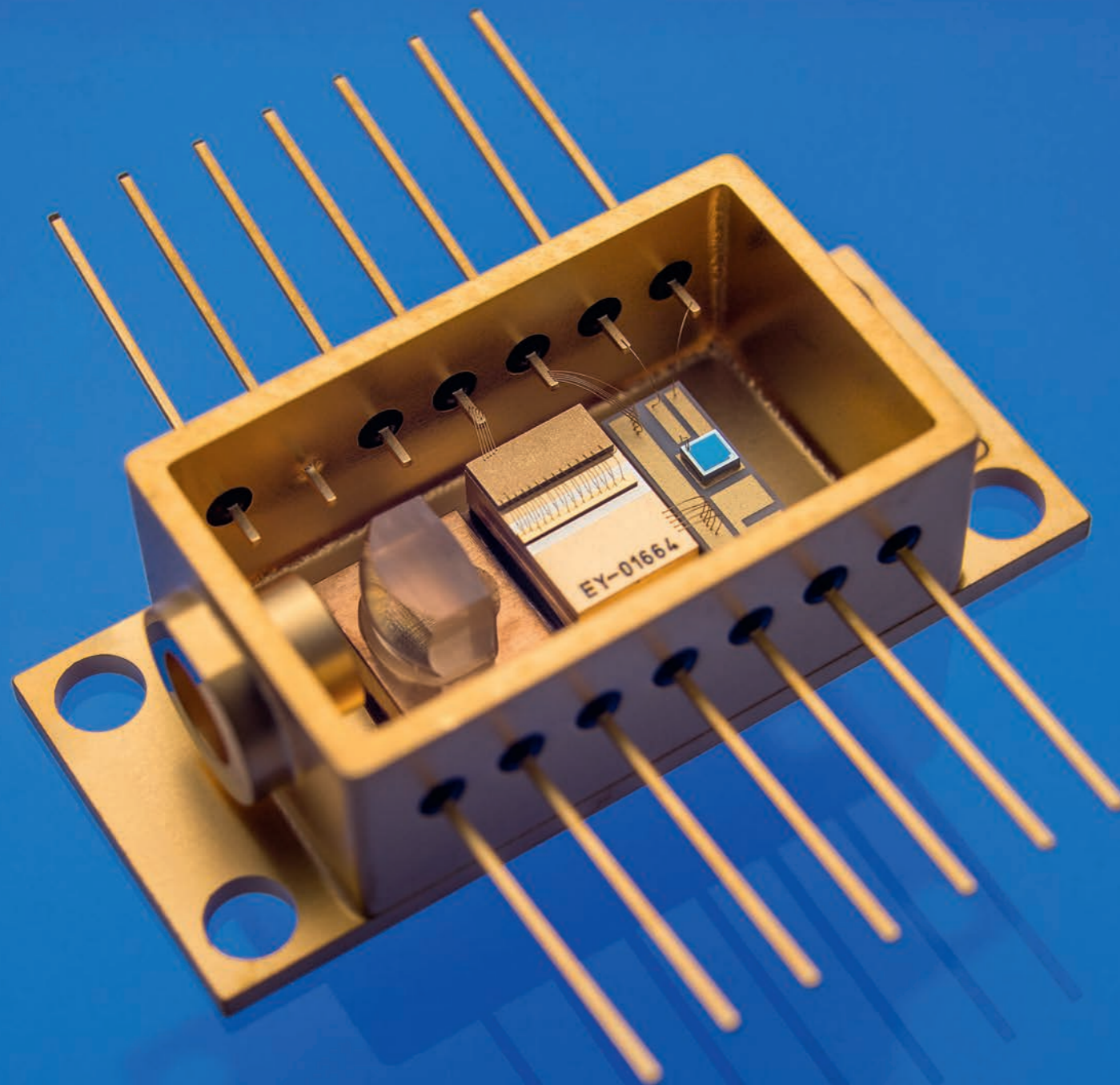
Mein Resümee lautet also: Wir blicken auf ein anstrengendes, aber erfolgreiches Jahr zurück, geprägt durch eine enorme Weiterentwicklung des Instituts – und dieser Erfolg ist eine Gesamtleistung. Daher möchte ich mich bei allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern bedanken: für ihre Innovationskraft und ihren hervorragenden Einsatz, auch wenn ihnen das manchmal viel abverlangte. Ich bedanke mich ebenfalls herzlich für die fruchtbare Zusammenarbeit mit den Kolleginnen und Kollegen der TU Berlin und bei unseren Kooperationspartnern aus der Industrie und der Wissenschaft, an deren Seite wir auch 2016 mit gleichem Engagement stehen möchten. Danke auch unseren Projektträgern und den Ministerien von Bund und Ländern für eine Zusammenarbeit, die stets von Vertrauen geprägt war. Hier setzen wir auf zukunftsorientierte Forschungsprogramme und bei den Ländern auf die erfolgreiche Installation der von uns mitgetragenen Leistungszentren.

Am Ende bleibt mir noch, Ihnen viel Vergnügen beim Lesen unseres Jahresberichts zu wünschen. Verfolgen Sie auf den nächsten Seiten eine Auswahl unserer Ergebnisse des vergangenen Jahres – und vielleicht sehen wir uns ja demnächst zu einem Gespräch bei uns.

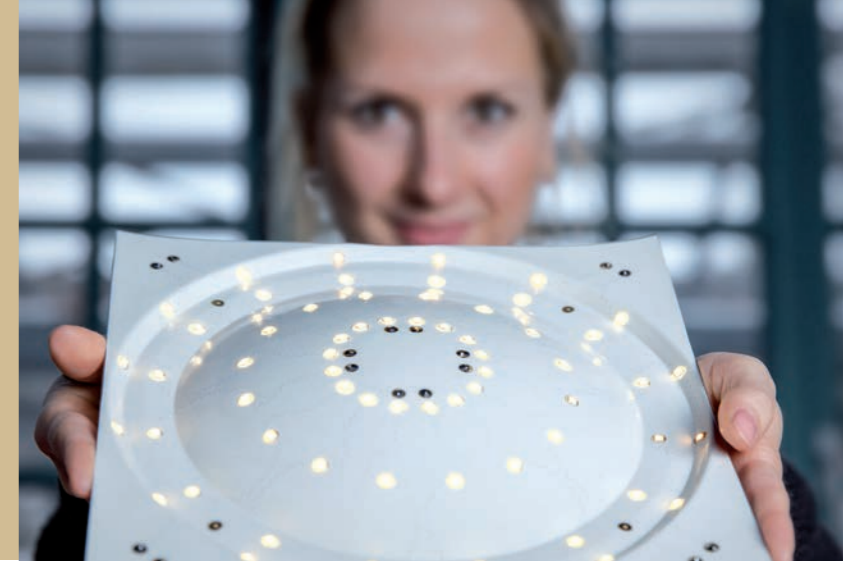
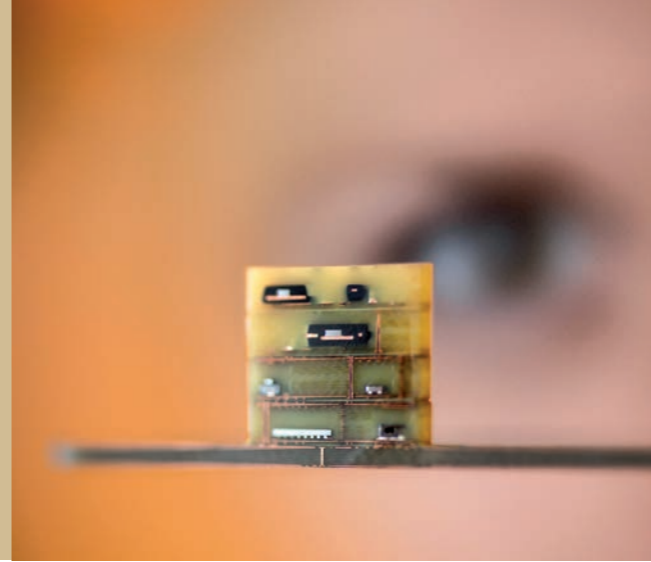
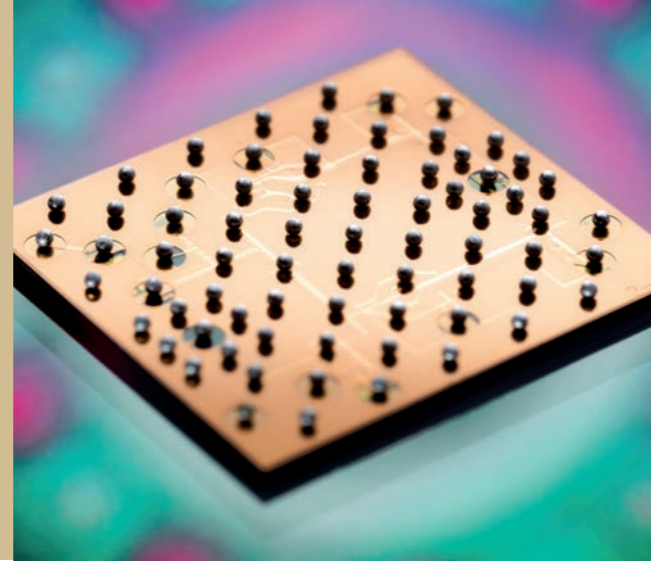
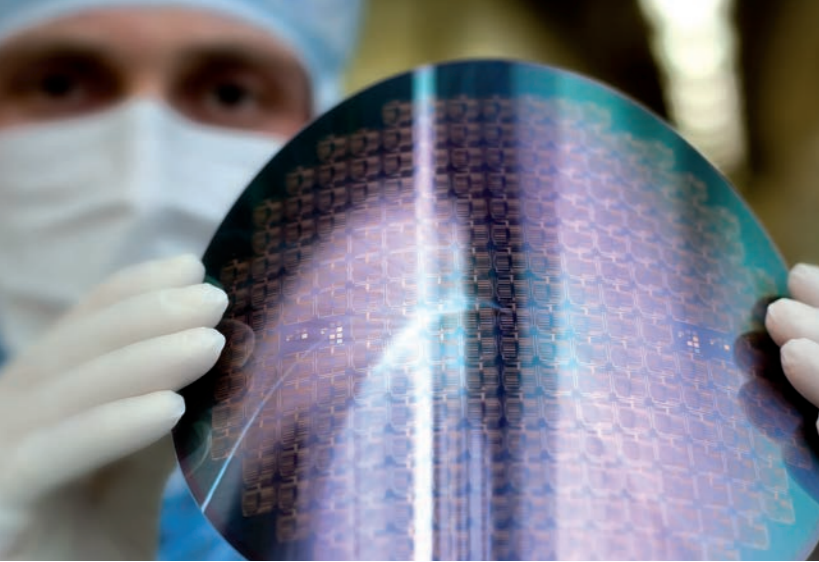
Ihr

Prof. Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Klaus-Dieter Lang

FRAUNHOFER IZM



Fraunhofer – Ein starkes Netzwerk	Seite 08
Fraunhofer IZM – Vom Wafer zum System	Seite 09
Das Fraunhofer IZM als Partner	Seite 10
Zusammenarbeit mit Universitäten	Seite 12
Internationale Forschungsk Kooperationen	Seite 14



FRAUNHOFER – EIN STARKES NETZWERK

Fraunhofer-Gesellschaft

Das Fraunhofer IZM ist eines von 67 Fraunhofer-Instituten, die sich mit überwiegend natur- und ingenieurwissenschaftlichen Themen der angewandten Forschung verschrieben haben. Denn Forschen für die Praxis ist die zentrale Aufgabe der Fraunhofer-Gesellschaft. Vertragspartner und Auftraggeber sind Industrie- und Dienstleistungsunternehmen sowie die öffentliche Hand.

Knapp 24.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter bearbeiten das jährliche Forschungsvolumen von mehr als 2,1 Milliarden Euro. Davon fallen rund 1,8 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Über 70 Prozent dieses Leistungsbereichs erwirtschaftet die Fraunhofer-Gesellschaft mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Knapp 30 Prozent werden von Bund und Ländern als Grundfinanzierung beigesteuert, damit die Institute Problemlösungen entwickeln können, die erst in fünf oder zehn Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft aktuell werden.

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

Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik

Der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik – 1996 gegründet – ist der größte europäische Forschungs- und Entwicklungsdienstleister für Smart Systems. Hier werden langjährige Erfahrung und die Expertise von mehr als 3.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern aus derzeit 16 Mitgliedsinstituten gebündelt. Das jährliche Budget beträgt etwa 345 Millionen Euro.

Die institutsübergreifenden Kernkompetenzen liegen in den Bereichen intelligenter Systementwurf, Halbleitertechnologien, Leistungselektronik und Systemtechnologien für die Energieversorgung, Sensorik, Systemintegration, HF- und Nachrichtentechnik sowie Qualität und Zuverlässigkeit. Die Bündelung der Kernkompetenzen der Mitgliedsinstitute ermöglicht branchenspezifische, ganzheitliche und maßgeschneiderte Systementwicklungen in den folgenden Geschäftsfeldern, die sowohl auf More-Moore- als auch auf More-than-Moore-Technologien basieren:

- Ambient Assisted Living, Health and Well-being – elektronische Assistenz für individuelle Bedürfnisse
- Energy Efficient Systems – auf dem Weg zur »All Electric Society«
- Mobility and Urbanization – Lebensqualität in urbanen Räumen
- Smart Living – Leben und Arbeiten in der Wissensgesellschaft

www.mikroelektronik.fraunhofer.de

FRAUNHOFER IZM – VOM WAFER ZUM SYSTEM

Das Fraunhofer IZM steht für anwendungsorientierte, industriennahe Forschung. Mit den vier Technologie-Clustern

- Integration auf Wafer Ebene
- Integration auf Substratebene
- Materialien und Zuverlässigkeit
- Systemdesign

wird die gesamte Bandbreite abgedeckt, die für die Realisierung zuverlässiger Elektronik und deren Integration in die Anwendung benötigt wird. Die am Fraunhofer IZM entwickelten Technologien und Produktlösungen lassen sich ohne weiteres industriell umsetzen. Dafür sorgen die allen Kunden gleichermaßen zur Verfügung stehende fertigungsnahe Ausstattung und das Angebot, die Technologien bei Bedarf auch persönlich vor Ort einzufahren.

Die Branchenherkunft unserer Kunden ist so vielfältig wie die Anwendungsmöglichkeiten von Elektronik. Zu unseren Kunden gehören natürlich die großen Halbleiter-Elektronikunternehmen ebenso wie die Zulieferer entsprechender Materialien, Maschinen und Anlagen. Das Fraunhofer IZM entwickelt aber in gleichem Maße auch für die Anwender von Elektronik und Mikrosystemen, etwa in der Automobilindustrie, der Medizin- und Sicherheitstechnik, oder selbst in der Beleuchtungs- und Textilindustrie. Diesen Kunden steht seit 2015 abteilungs- und damit technologieübergreifend ein vierköpfiges Business Development Team als kompetenter Ansprechpartner zur Verfügung.

Das Fraunhofer IZM beobachtet intensiv die Entwicklungen in den verschiedenen Anwendungsfeldern, um so den Vorlauf für zukünftige Projekte mit der Industrie zu bereiten. Dabei kommt dem Fraunhofer IZM die enge Kooperation mit der Technischen Universität Berlin und wissenschaftlichen Einrichtungen weltweit zugute. Mit der TU Berlin besteht seit der Gründung eine fruchtbare Kooperation im Bereich der Vorlufforschung.

Mit mehr als 350 Mitarbeitern wurde 2015 ein Umsatz von 28,1 Millionen Euro erwirtschaftet, davon 76,6 Prozent mit Vertragsforschung. Das Fraunhofer IZM ist deutschlandweit an drei Standorten vertreten, neben dem Hauptsitz nahe der Berliner Mitte ist das Fraunhofer IZM in den für die Elektronik wichtigen Großräumen von Dresden und München präsent.

Forschung

Konzeption
& Design

Machbarkeit

Technologie-
entwicklung

Prozessent-
wicklung

Aufbau von
Prototypen

Zuverlässig-
keitsbewer-
tung

Qualifikation
& Test

DAS FRAUNHOFER IZM ALS PARTNER

Unsere Kunden profitieren von den Vorteilen der Vertragsforschung: Wir erarbeiten für sie exklusiv und zielorientiert neue Packaging-Technologien und produktorientierte Lösungen für die Integration von Elektronik und Mikrosystemtechnik in ihre Produkte. Mit dem direkten Zugriff auf ein hochqualifiziertes, interdisziplinäres Forschungsteam sowie modernste Laborausstattung erhalten unsere Kunden Ergebnissicherheit und sparen Zeit und damit Kosten.

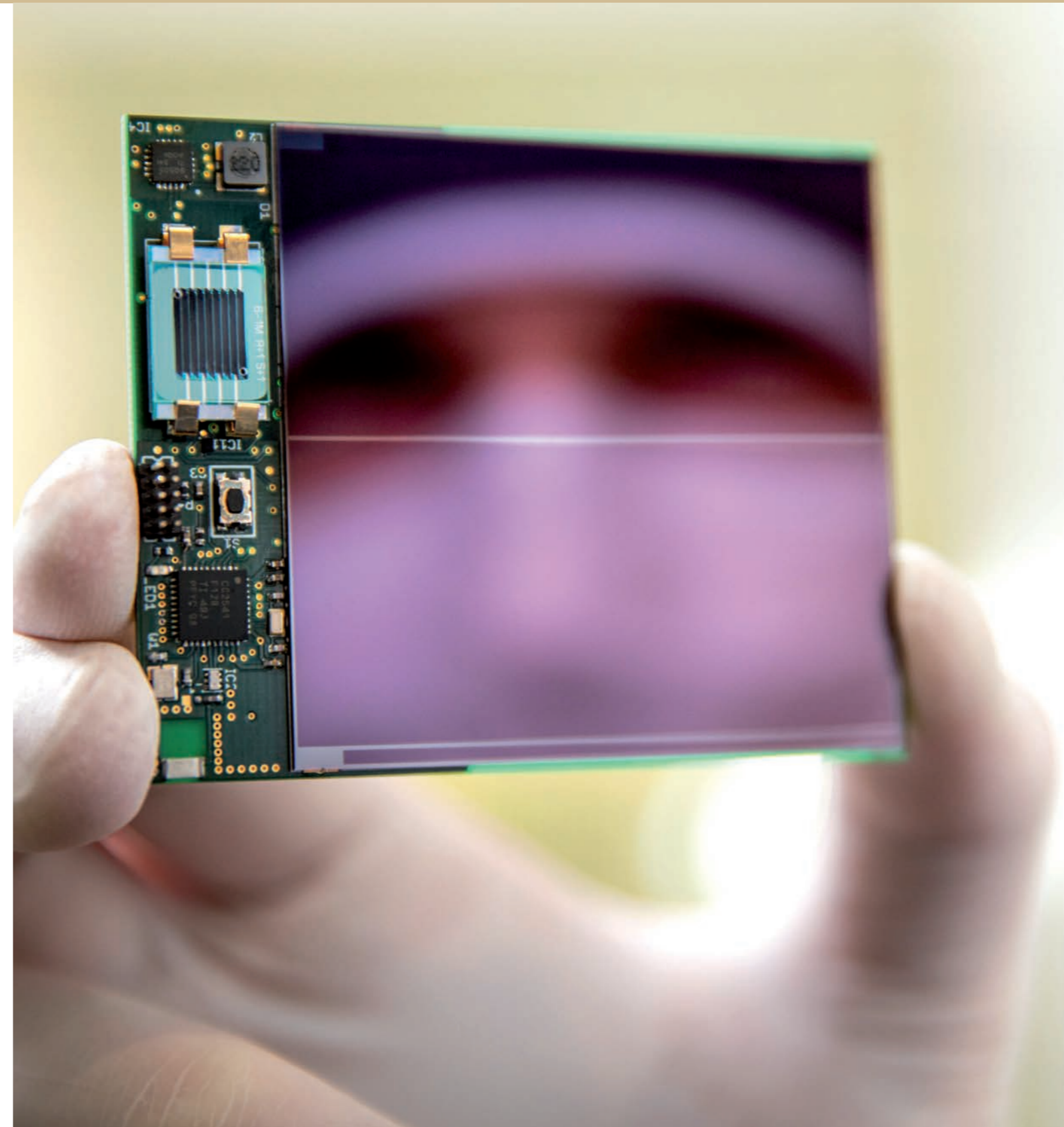
Auftragsforschung für den Technologietransfer

Einzelaufträge stellen den klassischen Fall einer Kooperation dar. Unser Kunde will etwa eine Produktinnovation auf den Markt bringen, ein Verfahren verbessern oder einen Prozess prüfen und zertifizieren lassen. Ein Gespräch mit Fraunhofer zeigt, welche Lösungswege es gibt, welche Kooperation sich anbietet und mit welchem Aufwand zu rechnen ist. Häufig beginnt eine erfolgreiche Zusammenarbeit mit einer ersten, in der Regel kostenlosen Beratungsphase. Erst wenn der Umfang der Kooperation definiert ist und die entsprechenden Vereinbarungen getroffen wurden, stellt Fraunhofer seine Forschungs- und Entwicklungsarbeit in Rechnung. Der Auftraggeber erhält das Eigentum an den materiellen Projektergebnissen, die in seinem Auftrag entwickelt wurden. Darüber hinaus bekommt er die notwendigen Nutzungsrechte an den von Fraunhofer dabei geschaffenen Erfindungen, Schutzrechten und entstehendem Know-how.

Projektförderung

Manche Problemstellungen bedürfen vorwettbewerblicher Forschung. Hier bietet es sich an, die Lösung gemeinsam mit mehreren Partnern unter Zuhilfenahme von öffentlichen Fördergeldern zu erarbeiten. Auch externe Partner und weitere Unternehmen können hinzugezogen werden.

Ganz gleich, ob unsere Kunden bereits im Bereich des Electronic Packaging zu Hause sind oder neu in die Technologie investieren wollen – das Fraunhofer IZM unterstützt seine Kunden bei deren Fragestellungen und begleitet sie auf dem Weg von der Idee zum Produkt. In all diesen Fällen ist das Marketing des Fraunhofer IZM der richtige Ansprechpartner für Ihr Unternehmen. Wir leiten Sie an die entsprechende Fachabteilung weiter, nennen Ihnen Ansprechpartner oder organisieren Fachgespräche und Workshops mit unseren Experten. Dabei können Sie insbesondere von unserem umfangreichen Dienstleistungsangebot in der Aufbau- und Verbindungstechnik und der Vielzahl der am Fraunhofer IZM ständig weiterentwickelten Technologien profitieren.





ZUSAMMENARBEIT MIT UNIVERSITÄTEN

Zur effektiven Umsetzung seiner Forschungsziele hat das Fraunhofer IZM strategische Netzwerke mit Universitäten im In- und Ausland geknüpft. Die folgenden Seiten geben einen Überblick der wichtigsten Kooperationen. Die enge Zusammenarbeit mit Hochschulen ist eine wichtige Säule des Fraunhofer-Erfolgsmodells. Während die Universitäten ihre Innovationsfähigkeit und Kompetenz in der Grundlagenforschung in die Kooperation einbringen, steuert Fraunhofer neben der anwendungsorientierten Forschungsarbeit eine ausgezeichnete technische Ausstattung, hohe Personalkonstanz und große Erfahrung in der Bearbeitung internationaler Projekte bei.

Kooperation mit der Technischen Universität Berlin

Seit seiner Gründung im Jahr 1993 profitiert das Fraunhofer IZM von einer derartigen erfolgreichen Zusammenarbeit mit dem Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroperipherik der Technischen Universität Berlin. Unter der Leitung von Professor Herbert Reichl entstand so in den 90er Jahren eine der weltweit ersten wissenschaftlichen Einrichtungen auf dem Gebiet der Aufbau- und Verbindungstechnik.

Mit Professor Klaus-Dieter Lang gibt es seit 2011 in guter Tradition eine gemeinsame Leitung vom Forschungsschwerpunkt Technologien der Mikroperipherik und dem Fraunhofer IZM. Beide Partner verfolgen mit der Smart System Integration das gleiche Ziel: Komponenten, die in unterschiedlichsten Technologien gefertigt sein können, auf oder in einem Trägersubstrat zu integrieren. Höhere Flexibilität, größere Ausbeuten und niedrigere Kosten bei hohen Integrationsdichten sind die Vorteile.

Bei der Verfolgung der gemeinsamen Ziele übernimmt der Forschungsschwerpunkt in Kooperation mit dem Fraunhofer IZM vermehrt den Part der Grundlagenforschung zur Aufbau- und Verbindungstechnik von Sensoren, Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik. Schwerpunkte der wissenschaftlichen Arbeit sind:

- Materialien und Prozesse für Integrationstechniken auf Wafer-, Chip- und Substratebene
- Nano Interconnect Technologies
- Zuverlässigkeit von der Nanostruktur bis zum System
- Nachhaltige Technologien
- Systemdesign und -modellierung

In der Lehre unterstützt das Fraunhofer IZM die Technische Universität Berlin durch das Angebot von zusätzlichen Lehrveranstaltungen und der Möglichkeit für Studenten, an anwendungsorientierten Forschungsprojekten mitzuarbeiten.

Neue Kooperation zwischen dem Fraunhofer IZM und der Berliner Hochschule für Wirtschaft und Technik

Die Berliner Hochschule für Technik und Wirtschaft (HTW) und das Fraunhofer IZM bündeln künftig Kompetenzen und Infrastruktur, um die Forschung auf dem Gebiet der Mikrosensorik zu intensivieren. Prof. Semlinger, Präsident der HTW, und IZM-Institutsleiter Prof. Lang vereinbarten dazu am 1. Juli eine zunächst dreijährige Kooperation mit dem Ziel des Aufbaus einer gemeinsamen Forschungsgruppe »Silizium-Mikrosensoren«. Diese Arbeitsgruppe treibt am Fraunhofer IZM unter der Leitung von Prof. Ngo die Entwicklung neuartiger, mikromechanischer Hochtemperatur- und Gassensoren sowie smarter Sensorensysteme auf Siliziumbasis voran.

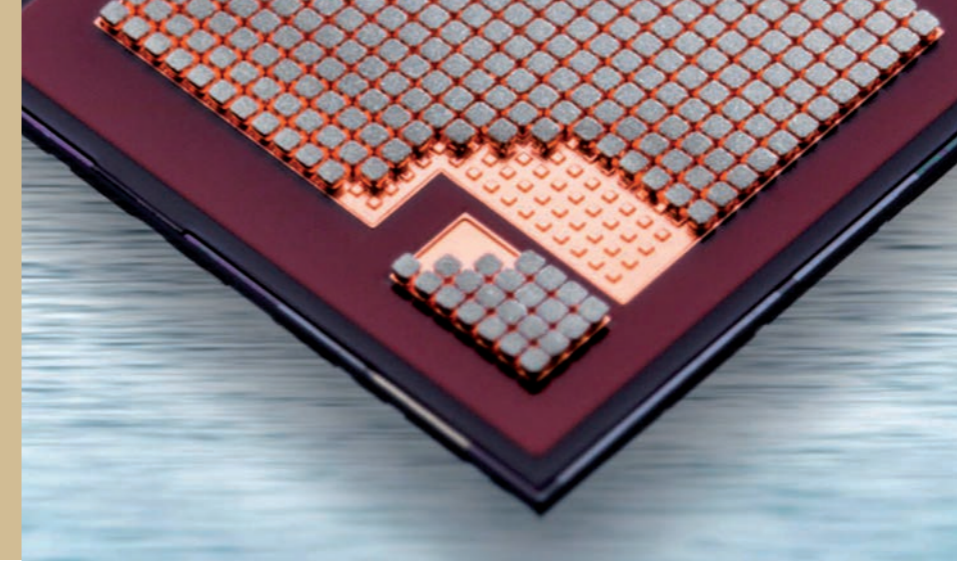
Ziel der Zusammenarbeit ist die Realisierung von Produkten mit konkreten Anwendungen für interessierte Auftraggeber aus Industrie und Wirtschaft. Die Studierenden der HTW werden dabei voll in die praxisnahen Forschungsaktivitäten eingebunden. Die Ergebnisse der Arbeit werden neue, attraktive Lösungen und Produkte für die Wirtschaft bieten, und das Programm wird somit die Vernetzung mit der regionalen Industrie intensivieren.

Im Rahmen der zunächst bis zum Jahr 2018 vereinbarten Kooperation wird das Fraunhofer IZM mit 1,2 Mio. Euro durch die Fraunhofer-Gesellschaft und die Bundesländer gefördert werden.

V.l.n.r.: Prof. Ha Duong Ngo (Fraunhofer IZM), IZM-Institutsleiter Prof. Klaus-Dieter Lang, HTW-Präsident Prof. Klaus Semlinger, IZM-Abteilungsleiter Oswin Ehrmann, und Prof. Matthias Knaut (HTW)

Eine Auswahl weiterer universitärer Forschungspartner des Fraunhofer IZM

Imperial College London, Großbritannien
KU Leuven, Belgien
San Diego State University, Vereinigte Staaten
Technische Universität Delft, Niederlande
Technische Universität Eindhoven, Niederlande
Technische Universität Tampere, Finnland
Universität Bologna, Italien
Universität Cádiz, Spanien
Universität Tokio, Japan
Universität Twente, Niederlande
Universität Uppsala, Schweden
Universität Wien, Österreich
University College London, Großbritannien
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Brandenburgische Technische Universität Cottbus
Christian-Albrechts-Universität, Kiel
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Humboldt Universität zu Berlin
Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
Technische Universität Chemnitz
Technische Universität Darmstadt
Universität der Künste Berlin
Universität Heidelberg
Universität Paderborn
Universität Potsdam
Universität Rostock



INTERNATIONALE FORSCHUNGSKOOPERATIONEN

SmartPower – Neue Technologien zur Integration Galliumnitrid-basierter Leistungsmodule

Im europäischen Verbundprojekt SmartPower entwickelt das Fraunhofer IZM in Kooperation mit europäischen Firmen wie Thales, Schneider Electric und Infineon und mit europäischen Forschungsinstituten neue Modultechnologien für IGBT- und Siliziumkarbid-Bauelemente. Die Tests der doppelseitig gekühlten Module bei den Partnern ergaben extrem niedrige Widerstände ($< 0,2 \text{ K/W}$) und eine lange Lebensdauer beim aktiven Power-Zyklus mit 125K Temperaturhub.

In einem zweiten Modulkonzept für ein Wetter-Radar im X-Bandbereich (10 GHz) wurden Galliumnitrid-Bauelemente planar in Siliziumsubstrate eingebettet. Während die Modulrückseite für die hohen Kühlanforderungen zur Verfügung steht, wurden Treiber, Leistungsverstärker und eingebettete Kondensatoren auf der Vorderseite des Moduls mit einer hochfrequenzgeeigneten Umverdrahtungstechnik verschaltet und als BGA-Bauelement ausgeführt. Bei Thales wurde eine Zusammenschaltung mehrerer BGA-Module zu einer Phased Array Antenne mit Signalverstärkung erfolgreich demonstriert.

www.project-smartpower.com

EU Flagship-Projekt Human Brain

Im »Human Brain Project« (HBP) arbeiten rund 250 Forscher aus 23 Ländern gemeinsam an der Vision, das menschliche Gehirn zu simulieren. Davon profitieren auch die Robotik und das sogenannte »Neuromorphic Computing«. Das Fraunhofer IZM entwickelt in diesem Zusammenhang Technologien, die hochdichte Verdrahtungssysteme auf und zwischen Siliziumwafern für hochkomplexe neuromorphe Rechner ermöglichen.

Die langjährige Erfahrung des Instituts bei der Entwicklung von 3D-Packaging-Technologien ist hierfür eine wesentliche Voraussetzung.

www.humanbrainproject.eu

CarrlCool – Interposer-basierte 3D-Systemlösungen

Im Rahmen des Europäischen Forschungsprojektes CarrlCool werden Prozesse und Technologien für die »smarte« Implementierung und stabile Herstellung von hochentwickelten More-than-Moore-Komponenten in modulare und skalierbare Interposer entwickelt, die auch die Weiterentwicklung von System-on-Chip und System-in-Package vorantreiben. Diese neuen Packaging-Lösungen sind entscheidend, um hochperformante Systeme mit höchster Integrationsdichte zu realisieren, um Systemeigenschaften wie Energieeffizienz, Zuverlässigkeit und Rechenleistung gerecht zu werden. Die neun Projektpartner aus Industrie und Forschung kommen aus sechs europäischen Ländern. Das Projekt wird von der Europäischen Union mit rund vier Millionen Euro gefördert und läuft noch bis Ende 2016.

www.carricool.eu

Eine More-than-Moore (MtM)-Pilotlinie für Europa

Das Europäische Forschungsprojekt ADMONT – »Advanced Distributed Pilot Line for More-than-Moore Technologies« (ECSEL JU) bietet eine neuartige Plattform für Innovationen in allen Sektoren. Das Projekt hat keinen spezifischen Fokus auf spezielle Märkte, so dass neben Automotive, Raumfahrt, Industrie, Lebensmittelverarbeitung, Gesundheit, Sicherheit und IuK auch diverse andere Märkte davon profitieren können. ADMONT bietet Systemintegratoren in einem modularen Sys-

tem, um einzelne Technologien auf Wafer Ebene verbinden und gleichzeitig eine vitale und notwendige Plattform für neue Produkte bieten zu können. Dies umfasst nicht nur die Prozesstechnologie, sondern auch das Design und Modellierungsfertigkeiten. Im Rahmen von ADMONT soll die aktuelle Herstellungszeit von Basiskomponenten um 75 Prozent gesenkt werden, während für die Systemkosten eine Reduzierung um 70 Prozent angestrebt wird. Elektronische Produkte werden von diesem schnelleren Innovationstempo und dem kürzeren Time-to-Market profitieren. An dem Projekt sind 14 Partner aus sechs europäischen Ländern beteiligt. Das Fraunhofer IZM ist verantwortlich für die Systemintegration mit Schwerpunkt auf TSV-Integration und Silizium-Interposern. Das Projekt läuft seit Mai 2015 über einen Zeitraum von vier Jahren und wird von der Europäischen Union gefördert.

www.admont-project.eu

Green Economy: Hocheffiziente Leistungselektronik auf Basis von GaN

Galliumnitrid (GaN)-Bauelemente sind geeignet, Energieverluste deutlich zu reduzieren, die etwa beim Laden der Batterie von Elektroautos oder beim Einspeisen von Solarstrom ins Netz entstehen. Im Verbundprojekt »E2COGaN – Energieeffiziente Umrichter auf Basis von GaN-Halbleitern« untersuchen Industriepartner wie OnSemi, NXP, STMicroelectronics, Bosch, Epi-Gap, Schneider Electric, Audi und Airbus Group sowie mehrere Forschungsinstitute Materialien und Schaltungen, die als Grundlage für energieeffiziente und kostengünstige GaN-Leistungselektronik dienen sollen.

Das Fraunhofer IZM entwickelt in diesem Projekt eine neuartige planare Einbett-Technologie in Siliziumwafer für eine äußerst kompakte Modulintegration. Kennzeichnend für die Halb- und Vollbrückenschaltungen sind niedrige Induktivitäten, geringe thermische Widerstände und ihre Hochtemperaturbe-

ständigkeit. Der planare Aufbau der Module erlaubt eine effektive Entwärmung und kann auch für doppelseitige Kühlung verwendet werden.

www.e2cogan.eu

Vertiefung der Kooperation mit der Universität Tokio

Die seit Langem bestehende Kooperation mit Prof. Tadatomo Suga, der das Labor für Mikrosystemintegration und Packaging an der Universität Tokio leitet, erreicht derzeit eine neue Qualität. Neben der Fortführung des Wissenschaftleraus-tauschs und der gemeinsamen Bearbeitung von Industrieauf-gaben wird jetzt eine neue Verbindungstechnik entwickelt, die die einmalige Labortechnik auf beiden Seiten des Globus als eine virtuelle Forschungswertschöpfungskette nutzt. Mit ersten Testmustern wird bereits in etwa einem Jahr gerechnet.

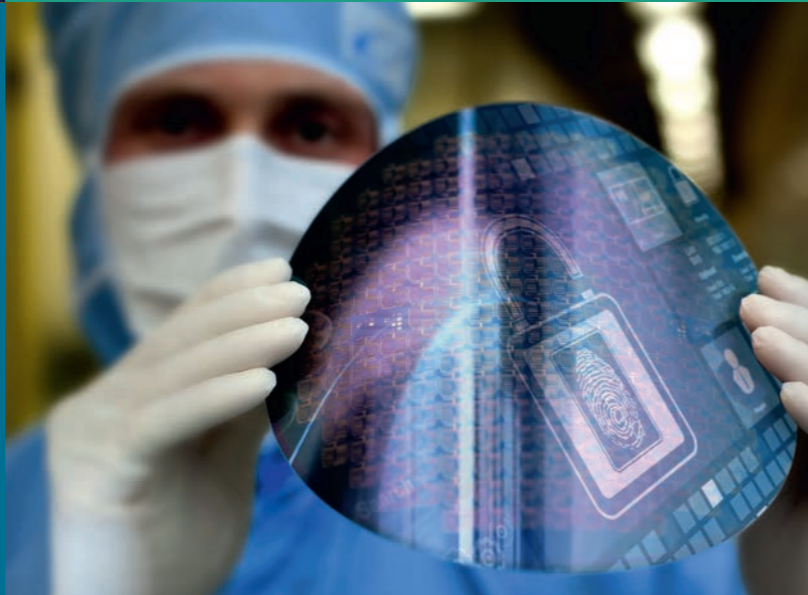
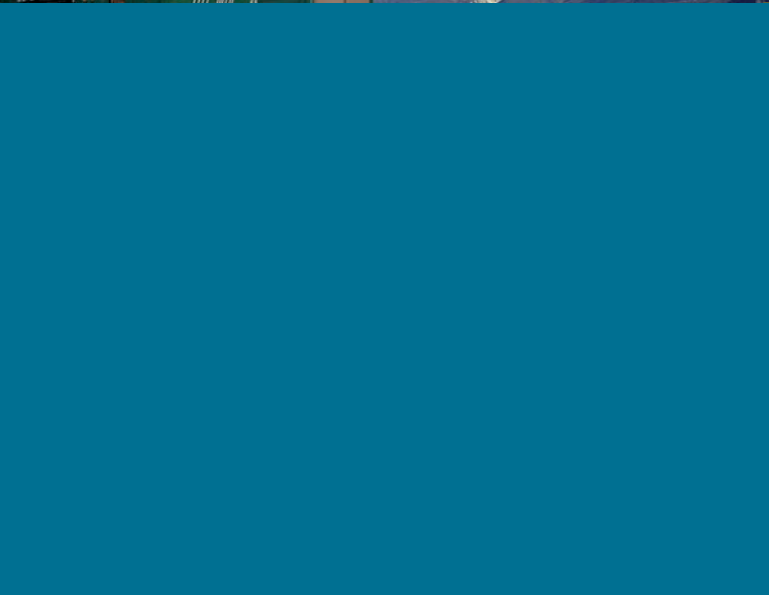
Langjährige Kooperation mit der Universität Utah

Seit 2005 kooperieren das Fraunhofer IZM und die Universität Utah in mehreren Projekten zur Miniaturisierung von Neuroprothesen (Brain Computer Interfaces – BCI) und innovativen Ansätzen der Neurostimulation. Aufbauend auf zwei Projekten zum Thema »neurale Prothese«, die mit den Kompetenzen des Fraunhofer IZM erstmalig eine drahtlose Verbindung der BCI-Module ermöglichten, konnte mit weiterführenden Arbeiten zu langzeitbeständigen Neuronalimplantaten, optischer Stimulation und Mikrointegration von komplexen Signalprozessoren die Kooperation ausgebaut werden. Diese transatlantische Forschungskooperation erlaubt es dem Fraunhofer IZM auch, mit US-amerikanischen Firmen im Umfeld der Neuropro-thetik deren Technologieportfolio für kommerzielle Produkte zu stärken und – in Kooperation mit dem Technology Commercialization Office (TCO) der Universität Utah – die Patentverwertung zu verbessern.

SmartPower – SiC Halbleiter mit Cu-Kontaktstruktur und dünner Zinnschicht auf der Chipvorderseite: TLP-Bonden geeignet für die doppelseitige Kühlung

GESCHÄFTSFELDER & ZUSAMMENARBEIT

// UNSICHTBAR ABER UNVERZICHTBAR – UNSERE TECHNOLOGIEN IN DER ANWENDUNG



Automobil- und Verkehrstechnik	Seite 18
Medizintechnik	Seite 20
Photonik	Seite 22
Industrieelektronik	Seite 24
Energie	Seite 26
Semiconductors & Sensors	Seite 28
Ausstattung & Leistungen	Seite 30
Highlight Innovationszentrum AdaptSys	Seite 32

Das Business Development Team am Fraunhofer IZM

Für komplexe, kompetenzvereinende Projektinitiativen steht Geschäftspartnern das Business Development Team des Fraunhofer IZM zur Verfügung, das den branchenspezifischen Bedarf in alle Abteilungen des Instituts hinein trägt und den innovativen Lösungsweg koordiniert. Sprechen Sie uns an, wenn Sie neue Themenfelder mit anspruchsvollen Zukunftstechnologien strategisch weiterentwickeln möchten.

Kontakt: BDT-Team@izm.fraunhofer.de



Dr. rer. nat. Michael Töpper
michael.toepper@izm.fraunhofer.de



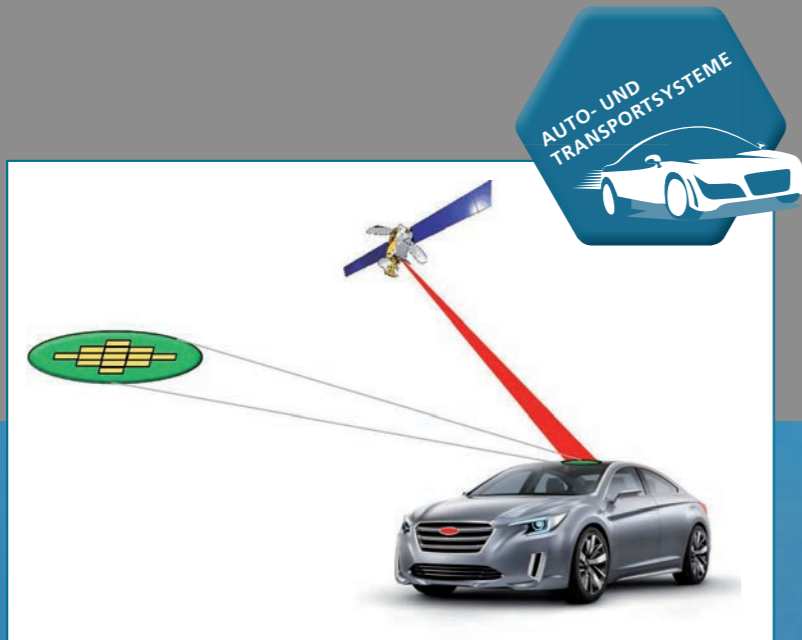
Dr.-Ing. Rafael Jordan
rafael.jordan@izm.fraunhofer.de



Erik Jung
erik.jung@izm.fraunhofer.de



Dr.-Ing. Andreas Middendorf
andreas.middendorf@izm.fraunhofer.de



AUTOMOBIL- UND VERKEHRSTECHNIK

Mobilität zu bestmöglichen Bedingungen

Moderner Verkehr muss sicher, umweltfreundlich und kostenoptimiert gestaltet werden. Für innovative Verkehrsträger und Prozesse sorgen leistungsfähige, zuverlässige und bei Bedarf hochminiaturisierte elektronische Systeme auf Straße, Schiene, zu Wasser und in der Luft.

Seit Gründung des Fraunhofer IZM vor über 20 Jahren gehören diese Applikationsfelder zu den Kernkompetenzen jeder Abteilung. Das Institut unterstützt seitdem OEM, Tier 1 und deren Zulieferer bei der rasanten Elektronifizierung des Automobils auf allen Ebenen. Sowohl für konventionelle, hybride oder elektrische Antriebstechnologien als auch für Systeme zur Gewährleistung von Sicherheit und Komfort werden zukunftssträchtige und zuverlässige Lösungen entwickelt und bedarfsweise prototypisch realisiert. Dies gilt – mit den entsprechenden Randbedingungen, insbesondere den viel niedrigeren Stückzahlen – auch für die Eisenbahntechnik.

Luftfahrtanwendungen müssen extrem zuverlässig und vorhersagbar funktionieren und dies unter besonderer Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Bauraums und des Gewichts. Bei Applikationen für Schiffe sind geeignete Maßnahmen gegen eindringende Feuchte, oft auch in Kombination mit dem Auftreten von Salz, zu treffen.

Die Expertinnen und Experten des Fraunhofer IZM verstehen sich in all diesen Feldern als kompetente Ansprechpartner für alle Stufen der Produktentwicklung von der ersten Idee über den Anlauf der Serie bis zur Absicherung der Verfügbarkeit in der Nutzungsphase.

Satellitenkommunikation der nächsten Generation

In dem von dem Zentrum der Deutschen Luft und Raumfahrt (DLR) geförderten Projekt AVISAT wird zusammen mit den Industriepartnern IMST GmbH und Hisatec ein innovatives Terminal für mobile Satellitenkommunikation im K/Ka-Frequenzband entwickelt.

Die Realisierung eines kompakten Terminals, welches mithilfe eines hybriden Ansatzes aus mechanischer und elektronischer Strahlsteuerung ausgerichtet werden kann, erfordert eine detaillierte Evaluierung der verwendeten Technologien und Materialien der Aufbau- und Verbindungstechnik. Ziel ist dabei die Leistungsfähigkeit und Integrationsdichte des Hochfrequenz-Front-Ends zu optimieren und gleichzeitig eine hohe thermo-mechanische Zuverlässigkeit zu erreichen.

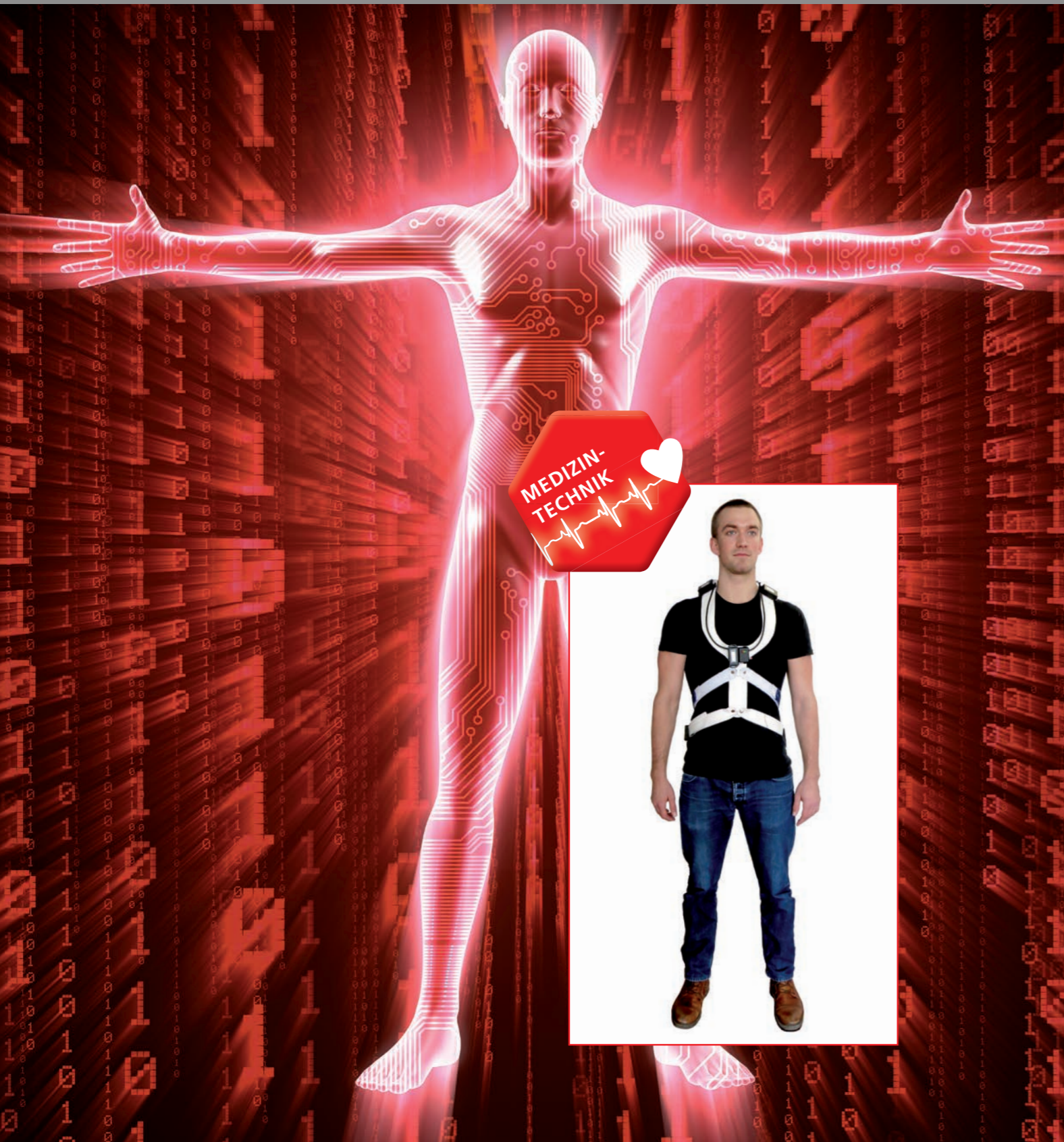
Zusätzlich wird ein Demonstrator für das V-Frequenzband entwickelt um Aufbau- und Verbindungstechniken für Satellitenkommunikation der nächsten Generation zu untersuchen.

Leistungsangebot:

Neben der Leistungselektronik ist das Fraunhofer IZM in folgenden Technologiebereichen aktiv:

- Sensorik und Aktorik
- Aufbau- und Verbindungstechnik für raue Umgebungen
- Zuverlässigkeitsmanagement und -absicherung
- Robustes Design

MEDIZINTECHNIK



Kleiner, feiner, leistungsstärker!

Hörgeräte sind heute so klein, dass sie komplett in den Gehörgang eingeführt werden können. Schmerztherapien basieren nicht mehr nur auf Medikamenten, sondern lassen sich schonend und effektiv mit Neurostimulatoren durchführen. Herzschrittmacher haben inzwischen die Größe einer Bohne und lassen sich minimalinvasiv an den Stimulationsort setzen. Viele Innovationen, die das Leben der Patienten erleichtern, basieren auf fortschrittlichen Mikrointegrationstechnologien. Auch die Diagnostik profitiert erheblich davon. Schnelltests auf eine Vielzahl von Erkrankungen bereits im heimischen Umfeld, Mikrokameras in der Endoskopie, Biosensoren in Kontaktlinsen oder im Armband wie auch Kapsel-Endoskope zum Schlucken vergleichbar einer Pille sind ohne Miniaturisierung nicht vorstellbar.

Das Fraunhofer IZM begleitet diese Entwicklung schon seit vielen Jahren und unterstützt die Hersteller von innovativen medizintechnischen Geräten durch Zugang zu dem breiten Erfahrungsschatz in der Mikrointegration, entsprechenden Fertigungstechnologien und dem Know-how zur Umsetzung von solchen Systemen in hochzuverlässige Geräte.

Im Geschäftsfeld »Medizintechnik« unterstützt das Fraunhofer IZM Anwender bei der optimalen Auswahl und Abstimmung der passenden Technologie. Daneben gehören auch Zuverlässigkeitsbetrachtungen, Usability-Prüfungen sowie die für eine Produktentwicklung notwendige Risikobetrachtung nach ISO 14971 und Bewertungen entsprechend ISO 10993-5 zum Dienstleistungsspektrum des Instituts, das sich dabei auf die Kenntnisse der Prozesse, der Materialien und applikationsabhängigen Fehlerbilder sowie der auf diesen Kompetenzen aufbauenden Simulationsmodelle stützt.

Die Einbindung in die Fraunhofer-Allianz Ambient Assisted Living und das institutsübergreifende Netzwerk für das Medical Engineering gewährleistet einen schnellen Zugang zu Synergien aus diesen Kooperationen.

Projektbeispiele

Das Fraunhofer IZM arbeitet sowohl in öffentlichen Projekten wie auch in bi- und trilateralen Kooperationen mit medizintechnischen Partnern aus Europa und Übersee. So wurde im europäischen Projekt Cajal4EU die Realisierung einer komplett integrierten Diagnoseplattform unter Nutzung nanoelektronischer Komponenten unterstützt und für den BMBF-Strategieprozess »Biotechnologie 2020+« im Leitprojekt der Fraunhofer-Gesellschaft zur zellfreien Proteinsynthese eine mikrofluidische Plattform zur schnellen Darstellung bislang nicht synthetisierbarer Proteine realisiert.

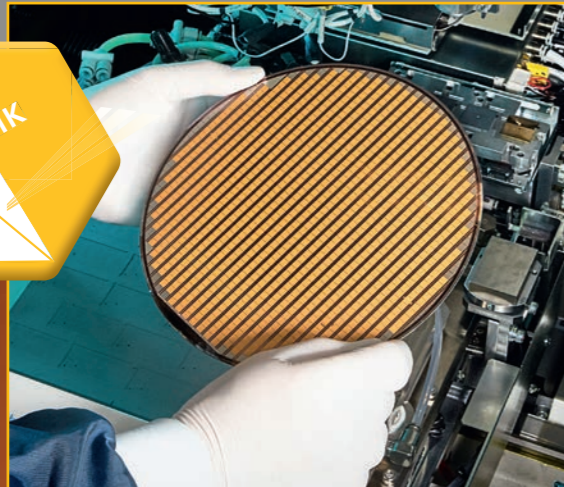
Sensoren, die muskuläre Anstrengungen mittels textil-integrierter Messaufnehmer erfassen, wurden im Projektvorhaben CAREJack entwickelt und werden nun in dem Vorhaben PowerGrasp weitergeführt, wobei die Zielstellung sich hin zu präventiven Unterstützungsverfahren zur Vermeidung von Spätschäden wandelt. Im Projekt wird eine intelligente Kraftunterstützung aus dem Schulterbereich bis hin zur Hand realisiert.

Ziel des Projekts ALUBAR ist es, den Arbeitsalltag Know-how-lastiger Berufsgruppen durch die Einbindung von »Augmented Reality« zu erleichtern, hierbei auch physiologische Belastungen zu erfassen und somit der Gefahr eines Burnouts entgegenzuwirken. Hier beteiligt sich das Fraunhofer IZM an der Umsetzung und Systemintegration von Eye-Tracking- und Stress-Sensoren in ein Brillengestell.

Leistungsangebot:

- AVT und Zuverlässigkeitsanalysen für miniaturisierte medizinische Systeme für körpernahe und implantierte Geräte
- Lab-on-Substrate für patientennahe Diagnostik
- Body Area Network Konzepte und Implementierungen für eine vernetzte Diagnose und Therapie
- Verbesserte Funktionalitäten für intelligente Prothesen

Die Weste »Care-Jack« stützt den Rücken, ohne die Bewegungsfreiheit einzuschränken (mit Orthopädietechnik Winkler, Minden)



PHOTONIK

Photonische Systeme für erhöhte Funktionalität

Die Photonik spielt eine zentrale Rolle für moderne, effiziente Beleuchtung, ultraschnelle Datenkommunikation und -verarbeitung sowie für moderne Sensoren in den Bereichen Umwelt, Verkehr, Industrie und Medizin. Die Expertise des Fraunhofer IZM liegt im Bereich der Aufbau- und Verbindungstechniken für photonische und optoelektronische Systeme, der Miniaturisierung derartiger Systeme und der Zuverlässigkeit für verschiedene Anwendungsfelder.

Die Integration der Elektronik zur Ansteuerung und zur Signalaufbereitung und -verarbeitung führt zu einer sehr engen Integration unterschiedlicher Halbleiter-Technologien und erfordert neue Aufbau- und Verbindungstechniken zur Bedienung der elektrischen und thermischen Anforderungen als auch der Sicherung der optischen Funktionalität. Dies wird besonders deutlich bei Imaging- und Display-Anwendungen mit hohem Miniaturisierungsdruck und daraus resultierenden hohen Leistungsdichten wie es beispielsweise im Bereich adaptive Beleuchtung mit hoch auflösenden Frontscheinwerfern zum Tragen kommt.

Leistungsangebot:

- Entwicklung der Aufbau- und Verbindungstechnologien zur Systemintegration von mikroelektronischen und photonischen Komponenten, Demonstration und Prototyping
- Simulation, Design und Test (optisch, elektrisch, thermisch und mechanisch)
- Beratung, Qualifizierung, Zuverlässigkeits- und Fehleranalysen

Pixelierte LED: Digitalelektronik mit smarter Lichtfunktion

Für den Aufbau eines hochauflösenden Frontscheinwerfers hat OSRAM spezielle LEDs entwickelt. Bei diesen Dünnschicht-LEDs wurden alle Kontakte durch Vias im GaN auf eine Chipseite geleitet, so dass die Leuchtfläche weder durch Elektroden noch Drahtbonds abgeschattet wird und eine planare Leuchtfläche für die Applikation des Konverters zur Verfügung steht. Die Vias erlauben eine Segmentierung der Dünnschicht-LED in Pixel und in Kombination mit einer aktiven Matrixansteuerung lassen sich die Pixel auch einzeln betreiben. Hierbei werden bezüglich Leuchtdichte und Effizienz die Werte konventioneller Chiptechnologien erreicht.

Der neu entwickelte Steuerchip von Infineon erlaubt den Betrieb der einzelnen Pixel mittels Pulsweitenmodulation, eine Überwachung der Temperatur und der Vorwärtsspannung, und die Kommunikation mit dem Steuergerät des Fahrzeugs zur Erzeugung des Lichtmusters.

Zur Integration der Elektronik und Photonik wurden am Fraunhofer IZM innovative Verbindungstechniken basierend auf AuSn-Lot und auf nanoporösem Gold (Nanoschwamm) entwickelt. Die innovative Verbindungsstruktur mit hohem Füllgrad besitzt die Vorteile der Flip-Chip-Technik hinsichtlich der flächigen Anordnung der Kontakte mit feinem Pitch als auch die Vorteile der vollflächigen Die-Bond-Montage hinsichtlich des niedrigen thermischen Widerstands. Um eine kostengünstige und großvolumige Fertigung zu demonstrieren wurde die Montagetechnik auf Wafer-Level mit geringem Spaltabstand ($\leq 15 \mu\text{m}$) zwischen den LED-Chips entwickelt. Dies erzeugt ein hybrides Bauelement mit hoher Funktionalität hinsichtlich Digitalisierung der Lichtfunktion.

Waferbearbeitung für den Aufbau eines hochauflösenden Frontscheinwerfers



INDUSTRIELELEKTRONIK

Industrielle Elektroniken – sicher und zuverlässig!

Am Fraunhofer IZM stand die Thematik Industrie 4.0 im zurückliegenden Jahr im Fokus der FuE-Aktivitäten im Geschäftsfeld Industrieelektronik. Schwerpunkte waren hier Cyber Physical Systems und autarke Funksensoren, insbesondere robuste Sensorsysteme, die in der jeweiligen Anwendung vor Ort die notwendigen Mess- und/oder Bildinformationen aufnehmen, wandeln und über Standard-Interface die Informationen nutzerspezifisch weitergeben. Industrie 4.0 bedeutet jedoch mehr als CPS-Vernetzung. »Die Zukunft umfasst intelligente Datenaufnahme, -speicherung und -verteilung durch Objekte und Menschen« (Fraunhofer IAO, Studie zu »Produktionsarbeit der Zukunft«).

Besonders wichtig ist in diesem Zusammenhang die flexible Bereitstellung der Messdaten sowohl für stationäre Steuer- und Regelprozesse und für ERP-Systeme als auch eine on-demand-Bereitstellung zu mobilen Endgeräten zum Beispiel für Kontroll-, Wartungs- und Instandhaltungszwecke. Damit tragen die IZM-Forscher dem Umstand Rechnung, dass trotz intelligenter neuer Technologien der Mensch auch in Zukunft die wichtigste Kontroll- und Entscheidungsinstanz bleiben wird.

Leistungsangebot:

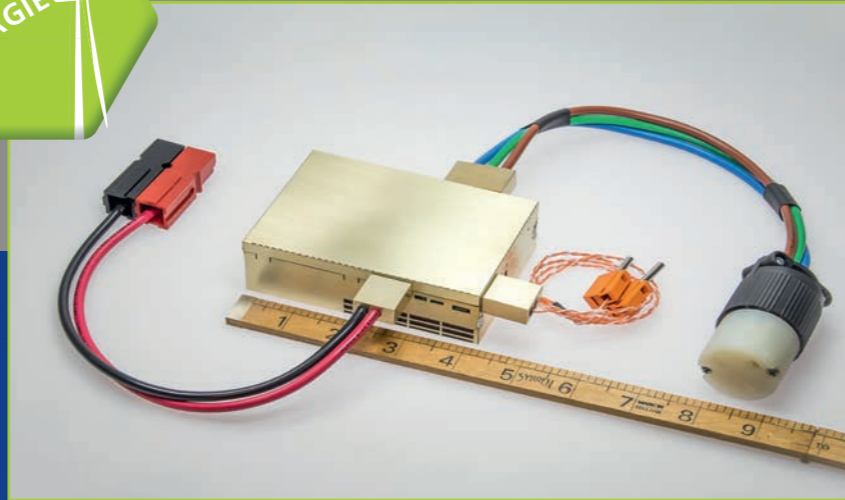
- Design, Technologieentwicklung und -optimierung, Zuverlässigkeitsuntersuchungen und Technologietransfer hochintegrierter Module auf Leiterplattensubstraten, Starr-Flex und Flex sowie metallischen oder keramischen Substraten
- Aufbau- und Verbindungstechnik für Produkte der Industrieelektronik
- Integration elektronischer Komponenten (passive und aktive Bauteile) in Textilien und Verbundwerkstoffen oder durch Einbetttechnologien auch für ultradünne Systeme und Hochsicherheitsanwendungen (»unsichtbare« Elektronik)
- Antennen- und Schaltungsentwurf für die Industrieelektronik
- Design und Prototypenfertigung autarker, mehrkanaliger Funksensoren der Automatisierungstechnik

Autarkes Monitoringsystem für Freileitungen

Das sensorbasierte Monitoring von Hochspannungsleitungen stellt bezüglich der Robustheit und Zuverlässigkeit des Systems hohe Anforderungen an die Funktionssicherheit. Das im gleichnamigen Projekt entwickelte Sensorsystem ASTROSE® ermöglicht ein dezentrales Monitoring von Hochspannungsstromnetzen durch den Einsatz energieautarker Funksensorknoten. Sie messen die Neigung der Leiterseile und ihre Veränderung infolge von Temperatur und aktuellem Stromfluss. Das Messen dieser Zustandsgrößen, die maßgeblich den maximalen Durchsatz einer Trasse bestimmen, erfolgt direkt am Seil. Jeder Sensorknoten hat eine eigene ID und kann jederzeit geografisch lokalisiert werden. Das Gehäuse enthält die Elektronik, die Sensoren, zwei Antennen und einen Antennenfilter. Über das Funknetzwerk entlang der Seile der Trasse gelangen die ermittelten Messwerte an einen Dateneinleitungspunkt und von dort in die Leittechnik des Netzbetreibers.

Seit September 2014 übertragen 59 autarke Funksensorknoten ihre Messdaten erfolgreich entlang eines 12 km langen Trassenabschnitts im Harz zur Basisstation im Umspannwerk des Netzbetreibers MITNETZ STROM. Von dort erfolgt die Weiterleitung der Messdaten. Parallel werden über eine zweite Funkschnittstelle umfangreiche Mess- und Zustandsdaten über die Funktion der autarken Funksensorknoten an einen ASTROSE®-Server gesendet. Auf diesem Server werden alle Daten gespeichert und können dann, je nach Anwendung und Nutzer, detailliert zugeschnitten und abgerufen werden – vor allem Daten für die Überwachung des autarken Funksensornetzwerkes selbst, für ein Condition Monitoring bzw. für spätere Zwecke der Instandhaltung. Mit derartigen getrennten und genau spezifizierten Datenströmen an unterschiedliche Empfänger erfüllt ASTROSE® bereits die im Rahmen von Industrie 4.0 geforderte gezielte Datenbereitstellung an unterschiedliche Nutzer.

Energieautarkes Funksensorsystem zur Überwachung der Neigung von Hochspannungsleitungen



ENERGIE

Der Schlüssel zum Energie- und Ressourcensparen

Leistungselektronik ist die Schlüsseltechnologie zur intelligenten Energieversorgung und Steuerung verschiedenster elektrischer Verbraucher. Schaltnetzteile, elektrische Antriebe in Straßen- und Schienenfahrzeugen sowie große Industrieantriebe sollen möglichst effizient arbeiten, um die natürlichen Ressourcen zu schonen. Mithilfe der Leistungselektronik wird aus regenerativen Quellen gewonnene Energie so aufbereitet, dass sie ins bestehende Netz eingespeist werden kann.

Am Fraunhofer IZM werden Möglichkeiten erforscht, die die neuen Leistungshalbleitermaterialien Silizium-Karbid (SiC) und Gallium-Nitrid (GaN) für verbesserte, zuverlässige, leistungselektronische Systeme eröffnen. Die Aufbau- und Verbindungstechnik muss für den erweiterten Temperaturbereich bis 250 °C ausgelegt werden. Aber auch der Einsatz von Siliziumhalbleitern beruht auf langjähriger Expertise. SiC- und GaN-Halbleiter nähern sich in ihren Eigenschaften schon sehr stark einem idealen Schalter an. Allerdings erzeugen hohe Schaltgeschwindigkeiten in Zusammenhang mit innerhalb des Packages und bei der Anbindung an die Umgebung parasitär auftretenden Induktivitäten und Kapazitäten unerwünschte Schwingungen, die störend auf den Betrieb wirken. Hier kann ein EMV-optimiertes Package-Design helfen, Verluste zu minimieren und einen störungsarmen Betrieb zu gewährleisten. Das Gleiche gilt für eine gute Anbindung an die Einbaumgebung. Am Fraunhofer IZM ist die gesamte Kompetenz vom Systemdesign bis hin zur Zuverlässigkeits- und Schadensanalytik vorhanden.

Leistungsangebot:

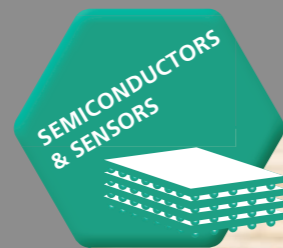
- Miniaturisierung und Systemintegration
- Thermisches Management
- Elektromagnetische Verträglichkeit
- Auslegung passiver Bauelemente
- Zuverlässigkeit
- Innovative Aufbau- und Verbindungstechniken
- Komplettsysteme, Prototypen

Umrichterdesign für schnelles Schalten

Durch die hohen Stromanstiegsgeschwindigkeiten von Siliziumcarbid- oder Galliumnitrid-Halbleitern können die Schaltfrequenzen einer Umrichterschaltung drastisch erhöht werden. Das kann aber aufgrund der im Modulaufbau auftretenden parasitären Induktivitäten zu erheblichen Überspannungen beim Abschalten führen. Diese können eine zerstörende Wirkung auf den Chip haben sowie zu weiteren Schwingungen führen, die die Schaltverluste erheblich in die Höhe treiben.

An der Little Box Challenge, die 2014 von Google ausgerufen worden war und für die ein 15 kW-Solarwechselrichter mit max. 655 cm³ gebaut werden sollte, nahm das Fraunhofer IZM gemeinsam mit der ETH Zürich und Franc Zajc teil. Industriepartner stellten ihre neuesten und leistungsfähigsten Halbleiter zur Verfügung, und die Entscheidung fiel auf GaN-Halbleiter. Die ungehäuteten Chips wurden auf einen Leadframe aufgeklebt und anschließend kamen in PCB-Technologie zwei weitere Verdrahtungslagen dazu. Primäre Zwischenkreiskapazitäten direkt auf dem Modul oberhalb der Schalter halten die Streuinduktivität der Zuleitungen gering, ein Verstärker für das Gatesignal sitzt ebenfalls direkt auf dem Modul in unmittelbarer Nähe zu den Schaltern. Damit wird die Gateinduktivität, die bei einem Vorgängerprojekt noch bei 33 nH lag, deutlich gesenkt. Ein weiterer wesentlicher Punkt zur Volumenminimierung eines Umrichters ist die passende Auslegung und Umsetzung von Treiber und Ansteuerung. Dazu werden mit Hilfe der Ansteuerung mit lückendem Strom und dem Schalten im Stromnulldurchgang die Verluste klein gehalten, was eine verringerte Halbleiterfläche ermöglicht und v.a. deutlich weniger Kühlleistung erfordert als eine Standardansteuerung mit einem einfachen Sinus-Dreieck-Vergleich. Das vom Team tatsächlich erreichte Endvolumen lag übrigens bei 250 cm³ und schaffte es in die Runde der 18 Finalisten der Little Box Challenge – ein großartiger Erfolg!

Schnell schaltendes Leistungsmodul in Einbetttechnologie, Beitrag zur Little Box Challenge



SEMICONDUCTORS & SENSORS

3D-Integration & Sensorintegration auf Waferebene

Die 3D-Integration von elektronischen Komponenten ermöglicht die Realisierung von komplexen, heterogenen System-in-Package-SiP-Lösungen. Die entscheidenden Vorteile, die sich aus einem 3D-Systemaufbau ergeben, sind:

- Hoher Miniaturisierungsgrad und verbesserter Formfaktor
- Leistungssteigerung und erhöhte Energieeffizienz durch höhere Signalgeschwindigkeiten sowie größere Bandbreiten in Folge deutlich geringerer Leitungslängen
- Multifunktionalität durch die heterogene Integration von Komponenten unterschiedlicher Herstellungstechnologien (Sensor, Speicher, ASIC und Transceiver)
- Systempartitionierung
- Schnellere Produktumsetzung (Time-to-Market)
- Höhere Zuverlässigkeit durch Reduktion der Verbindungselemente
- Kostenreduktion durch Parallelisierung von Aufbautechniken

Das Fraunhofer IZM bietet seinen Kunden eine geschlossene Umsetzungskette – von der Konzeption, Prozessentwicklung, Charakterisierung bis hin zur Zuverlässigkeitsbewertung sowie Prototyping von 3D-Systemen. Das Institut ist hierfür teilweise inzwischen nach ISO zertifiziert. Dabei stehen alle notwendigen Prozesse für die Realisierung von Wafer-Level-Packages inklusive der Formierung von Through-Silicon-Vias (TSVs) zur Verfügung. Den unterschiedlichen Anwendungsprofilen entsprechend werden 3D-Systeme, u.a. Bildsensoren, Sensorknoten, eGrains, für verschiedenste Applikationsfälle aufgebaut und charakterisiert. In enger Kooperation arbeitet das Fraunhofer IZM mit Anlagen- und Materialherstellern an einer ständigen Verbesserung der Technologien.

3D-integriertes MEMS-Taktmodul basierend auf TSV-Technologie im CMOS

Ultradünne Kapazitäten für neue Gehäuselösungen

Der zunehmende Bedarf an μ -Systemen treibt die Integration weiterer Funktionen in deren Gehäuse. Das erfordert u.a. neue Lösungen für die direkte Integration passiver Komponenten. Insbesondere Stützkondensatoren müssen so nah wie möglich zu den aktiven Komponenten platziert werden, um zwischen verschiedenen Spannungsversorgungen eine effektive Entkopplung zu gewährleisten.

Zusammen mit Kollegen vom Fraunhofer IPMS wurde ein Konzept für die Herstellung ultradünner Kapazitäten entwickelt, die in IC-Gehäuse oder in PCBs eingebettet werden können. Erreicht wird die hohe Leistungsdichte der Kapazitäten durch den Einsatz von high-k Materialien für das Dielektrikum. Dabei wird ein breiter Anwendungsbereich von Blockkapazitäten für die Energiepufferung bis zu Kapazitäten für RF-Filter adressiert. Basierend auf den Ergebnissen zum elektrischen und thermischen Verhalten konnte gezeigt werden, dass dieses Konzept gegenüber keramischen Kondensatoren gute elektrische Eigenschaften und bessere Linearitäten aufweist. Weitere Optionen zur Integration werden diskutiert und sollen den Weg zu noch dünneren Substraten zeigen, die im Bereich von $30\ \mu\text{m}$ liegen werden.

Leistungsangebot:

- 3D-Design
- Prozessentwicklung und -evaluierung
- TSV-Formierung in CMOS-Wafern (Via-Middle, Via-Last)
- Rückseitenkontaktierung (BS-Via-Last) für Bildsensoren
- Silizium- und Glasinterposer
- 3D-Assembly (Die-to-Wafer, Wafer-to-Wafer)
- 3D-Integration von optischen Verbindungselementen
- Hybride 3D-Pixeldetektormodule
- Hermetisch dichte MEMS-Packages mit TSVs
- Material- und Equipmentevaluierung und Qualifizierung
- Prototypenfertigung und Pilotline
- Design und Fertigung von Druck-, Gas- und Beschleunigungssensoren

FRAUNHOFER IZM AUSSTATTUNG & LEISTUNGEN



Wafer Level Packaging Line Berlin

Auf 800m² Reinraum (Klassen 10 bis 1000) können unsere Kunden speziell für das erste Prototyping sowie die Verarbeitung unterschiedlicher Wafermaterialien (Silizium, III-V-Halbleiter, Keramik, Glas) und -größen (4", 6" und 8") in Berlin zurückgreifen auf:

- Dünnfilm-Abscheidung (Sputter und Evaporation)
- Photolithographie (u. a. Photolacke, Polymere, Spray-Coating)
- Galvanik-Bumping, Leiterbahnen und Füllen von Durchkontaktierungen (Bumpmetalle: Cu, Ni, Au; Lotlegierungen: SnAg, AuSn, SnPb, Sn, In)
- Nasschemische Prozesse (Ätzen, Reinigen)
- Waferbonden (Support-Wafer, Handhabung dünner Wafer)
- Silizium-Plasmaätzen (Durchkontaktierungen, Kavitäten)

Ansprechpartner:

Oswin Ehrmann, oswin.ehrmann@izm.fraunhofer.de
Telefon +49 30 46403-124

All Silicon System Integration Dresden – ASSID

In Dresden steht eine industriekompatible 300 mm-Technologie für Wafer-Level-Systemintegrationslösungen zur Verfügung. Folgende Services werden u. a. angeboten:

- Anwendungsbezogene Silizium-Interposer mit Cu-TSV
- Cu-TSV-Integration (Via-middle-, Via-last-, Backside-Via-Prozess)
- Wafer-Level System-in-Package (Development & Prototyping)
- High-Density Thin-Film-Multilayer (RDL)
- Wafer Thinning und Thin Wafer Handling
- Wafer-Level Bumping (ECD)
- Wafer-Level Assembly, Wafer Dicing (Stealth-Laser)
- Wafer-Level Solder Ball Attach (100-500 µm)
- Integration aktiver Elemente (IC), Dünnschichtintegration
- Kundenspezifisches Prototyping

Ansprechpartner:

M. Jürgen Wolf, juergen.wolf@izm.fraunhofer.de
Telefon +49 351 795572-12

Prozesslinie zur Substratfertigung

Die Linie ermöglicht die Realisierung von Substraten mit einer maximalen Größe von 610mm x 456mm und umfasst:

- Hochpräzise Bauteilbestückung
- Vakuumlaminierpresse zur Herstellung von Mehrlagenaufbauten und Einbettung von Bauelementen
- UV-Laserbohren und -Strukturieren
- Mechanisches Bohren und Fräsen
- Photolithographische Strukturierung
- Horizontale Sprühentwicklung von Feinstleiterstrukturen
- Horizontales Sprühätzen und Photolackentfernung
- Automatische und manuelle Galvanikanlagen

Die direkte Übertragung in die industrielle Fertigung ist ohne großen Aufwand möglich.

Ansprechpartner:

Lars Böttcher, lars.boettcher@izm.fraunhofer.de
Telefon +49 30 46403-643

Labor für textilintegrierte Elektronik (TexLab)

Im TexLab des Fraunhofer IZM stehen neuartige Verbindungstechniken für dehnbare und textile Substrate sowie deren Entwicklung im Vordergrund. Dabei werden die Anforderungen an Funktionalität und Systemzuverlässigkeit stets durch die Anwendung bestimmt. Das Labor sowie umfangreiches Montage- und Analytik-Equipment aus der Mikroelektronik schaffen beste Voraussetzungen für FuE-Aktivitäten.

Ansprechpartnerin:

Christine Kallmayer, christine.kallmayer@izm.fraunhofer.de
Telefon +49 30 46403-228

Electronics Condition Monitoring Labor (ECM)

Das ECM setzt den Fokus auf Funktionstests elektronischer Systeme bei Umgebungsbeanspruchungen, die über reine thermo-mechanische Belastungen hinausgehen. Kombinierte Testverfahren, etwa Vibration in Kombination mit Feuchte und/oder Temperatur kommen zum Einsatz. Eine genaue Zustandsbestimmung der Baugruppe während der Tests findet durch die Messung degradationsabhängiger Parameter und über die Erfassung der Beanspruchungen statt. Die so erhaltenen Daten werden mit Ausfallmodellen verglichen und zum Aufbau von Zustandsindikatoren herangezogen.

Ansprechpartner:

Michael Krüger, michael.krueger@izm.fraunhofer.de
Telefon +49 30 46403-706

Qualifikations- und Prüfzentrum für elektronische Baugruppen (QPZ)

Im Mittelpunkt des QPZ steht die anwendungsspezifische Qualifikation von neuen Lotlegierungen und Packaging-Lösungen für elektronische Baugruppen auf den unterschiedlichsten Substraten. Alle Tests werden nach DIN EN, IEC, IPC und MIL-Standards durchgeführt. Baugruppeninspektionen und Fehleranalysen nach den Prüfungen beinhalten die Untersuchung von Gefügeveränderungen, des Wachstums der intermetallischen Phasen sowie der Rissausbreitung mittels Metallografie, REM/EDX-Analyse oder Focused-Ion-Beam (FIB)-Präparation. Durch optische Fehleranalysen an elektronischen Baugruppen via Internet erhalten Unternehmen darüber hinaus bei Auffälligkeiten im Fertigungsprozess oder bei Frühausfällen schnell belastbare Aussagen zu Fehlern und deren möglichen Ursachen.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Matthias Hutter, matthias.hutter@izm.fraunhofer.de
Telefon +49 30 46403-167

Trainingszentrum für Verbindungstechnologien (ZVE)

Das ZVE, von der ESA geprüft und vom IPC für das Zertifizierungsprogramm IPC A 610 akkreditiert, fungiert als Schulungs- und Dienstleistungszentrum für die Aufbau- und Verbindungstechnik. Das Schulungsprogramm beinhaltet u. a. Kurse und Lehrgänge zum Hand-, Reflow- und Wellenlöten, zur Reparatur von SMT-Baugruppen und zur lötfreien Verbindungstechnik. Weitere Dienstleistungen des ZVE sind die Prozessqualifizierung und die Beratung zur Qualitätssicherung bei der Fertigung von elektronischen Baugruppen.

Ansprechpartner:

Dr.-Ing. Frank Ansorge, frank.ansorge@oph.izm.fraunhofer.de
Telefon +49 8153 9097-500

Mikrobatterie-Linie

Das Labor ist vollständig ausgestattet für die Herstellung und Beschichtung von Batterieelektroden und zur elektrochemischen Charakterisierung von Batteriesystemen. Eine 10 Meter lange Argon-Handschuhboxlinie ermöglicht die Untersuchung von Technologien zur Herstellung und Verkapselung von Lithium-Ionen-Mikrobatterien. Möglich ist die Assemblierung der Batterien entweder auf einem gemeinsamen Substrat (bis 200 mm) oder einzeln (reel-to-reel). Weitere Handschuhboxen stehen für alternative elektrochemische Systeme sowie für ionische Flüssigkeiten zur Verfügung.

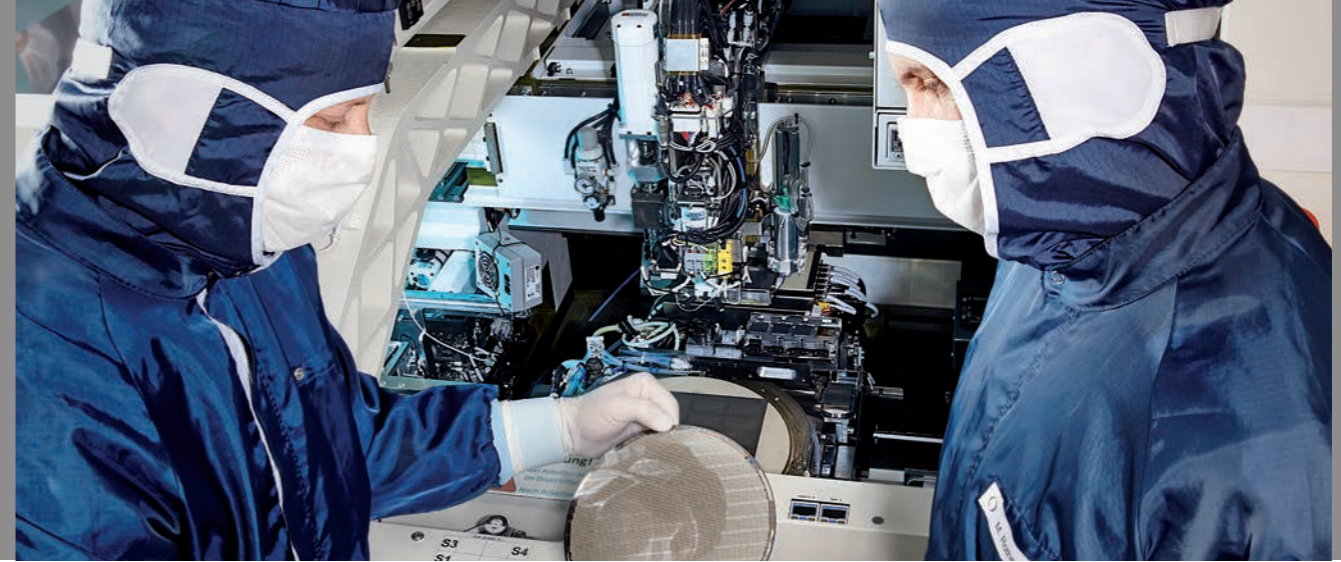
Ansprechpartner:

Dr. Robert Hahn, robert.hahn@izm.fraunhofer.de
Telefon +49 30 464 03-611

Weitere Labore:

- Flip-Chip-Linie
- Die- und Drahtbondzentrum
- Labor für thermomechanische Zuverlässigkeit
- Thermal & Environmental Analysis Lab

HIGHLIGHT INNOVATIONS- ZENTRUM ADAPTSYS



Im September 2015 wurde das Innovationszentrum Heterointegrationstechnologien für applikationsadaptierte Multifunktionselektronik (AdaptSys) am Fraunhofer IZM in Berlin eröffnet. In dem durch Mittel der EU, des Landes Berlin, des BMBF und der Fraunhofer-Gesellschaft finanzierten Zentrum werden hochwertige Elektroniksysteme verschiedenster Anwendungsfelder entwickelt. Zudem können Technologien für die Systemintegration bis zum Nanometerbereich erforscht und deren Zuverlässigkeit mit neuen Testverfahren evaluiert werden.

SYSTEMINTEGRATION

Substratlinie

Im Leiterplattenbereich können Vollformatsubstrate mit einer Größe von 460x610 mm² für die Resist- und die Leiterplattenlaminierung vorbereitet, Lötstopplacke und Coverlays aufgebracht und nach der Belichtung entwickelt werden.

Im Sonderbereich werden hochpräzise Montagen von Modulen in verschiedenen Gasatmosphären durchgeführt. Neue Anlagen in dem 480m² großen Reinraum ermöglichen eine Oberflächenpräparation für das Assemblieren bei reduzierter Bondtemperatur.

Das Leistungsangebot umfasst darüber hinaus:

- Einbetten von passiven und aktiven Komponenten
- Verpressen von Leiterplattensubstraten
- Herstellen von feinsten Bohrungen sowohl mechanisch als auch mit dem Laser
- Qualitätssicherung und Röntgenmikroskopanalyse

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 (COB) Sensor-Packages

Lötlabor

- Porenfreier Aufbau großflächiger Lötverbindungen für die Leistungselektronik durch Dampfphasenvakuumlötanlage
- Flussmittelfreies Löten von Baugruppen mit Ameisensäuretechnologie in inerter Stickstoff- und Dampfphasenatmosphäre
- Hermetizitätsmessstand
- 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
- Erforschung und Entwicklung von Prozessen und Verfahren zum optischen Packaging mit einer Genauigkeit von bis zu 0,5µm

Labor zur Moldverkapselung

Das Labor bietet Verkapselungsverfahren, Material- und Packageanalyse sowie die Zuverlässigkeitscharakterisierung:

- Compression Molding auf Modul-, Wafer- und Panelebene
- Kompatibilität zu PCB-basierender und Dünnschicht-Verdrahtungstechnologie
- 3D-Umverdrahtung durch Through Mold Vias (TMV)
- Transfer Molding von SiPs auf Basis von Leadframe und organischen Schaltungsträgern (MAP Molding)
- Rapid Tooling, Verkapselung mit frei wählbarer Geometrie
- Transfer-Molden von großvolumigen Packages
- Prozessnahe Rheologiebestimmung von Moldcompounds
- Filmmolden zur Oberflächenfreistellung für das Sensorpackaging

Die Übertragung in die industrielle Fertigung ist durch Verwendung produktionsstauglicher Maschinen gegeben.

WERKSTOFFANALYTIK

Die Kompetenzen der Werkstoffanalytik wurden im Rahmen von AdaptSys im Mikro-Nano-Übergangsbereich deutlich erweitert. Durch einen »PicoIndenter« wird es möglich, das mikroskopische Werkstoffverhalten in-situ im REM experimentell zu bestimmen. Mit der Focused Ion Beam-Technik (FIB) werden hochauflösende Strukturanalysen im Nanometer-Bereich von 3D-Packages möglich. Ein tiefergehendes Verständnis zur Struktur-Eigenschaftskorrelation von Verbundwerkstoffen wird durch die EBSD-EDX-Mikroanalyse-Software erzielt.

Moisture Lab

- Umfassende simulationsgestützte Zuverlässigkeitsbewertung feuchteinduzierter Phänomene in mikroelektronischen Bauteilen und Systemen
- Untersuchung von Oberflächeneigenschaften und dünnen Schichten durch Rasterkraftmikroskopie insbesondere unter Einwirken von Wasser mit »NanoWizard 3« Bio-AFM von JPK
- Analysemethoden für die Sorption, Permeation und Diffusion von Wasser in Werkstoffen
- Untersuchung des Quellverhaltens und der Änderung der thermomechanischen und dielektrischen Eigenschaften durch Feuchte
- Molekulardynamische Simulationen

Langzeittest- und Zuverlässigkeitslabor

- Schnelle Temperaturwechseltests im Temperaturbereich -65°C bis 300°C
- Temperaturlagerung bis 350°C

Power-Lab

- Charakterisierung von Leistungsmodulen und leistungselektronischen Geräten
- Aktives Zykeln von Leistungsmodulen für die Lebensdauerbestimmung
- Kalorimetrisches Messen des Wirkungsgrades von hocheffizienten Geräten

DESIGN

Advanced System Engineering-Labor

- Messplatz bis 50 GHz zur Gewinnmessung für Antennen und Antennensysteme
- Dielektrische Materialcharakterisierung 1 MHz bis 170 GHz
- Vermessung elektrischer Eigenschaften von digitalen Datenübertragungssystemen (bis 32 Gbit/s)
- Lokalisierung von EMV-Hotspots mit Nahfeldsonden bis 6 GHz
- Bestimmung von HF-Eigenschaften aktiver und passiver Systeme (Impedanzen bis 3 GHz / S-Parameter – Messung bis 220 GHz)

Hochfrequenz-Labor

- Elektrische und funktionale Charakterisierung von Aufbautechnologien und Elektronikmodulen für Anwendungen bis in den Millimeter-Wellen Frequenzbereich
- Free-Space-Messplatz bis 170 GHz
- Temperaturkontrollierte On-Wafer Messplätze für die Messung miniaturisierter Strukturen und Aufbauten
- Automatisierter Messplatz zur Charakterisierung integrierter Antennen bis 50 GHz

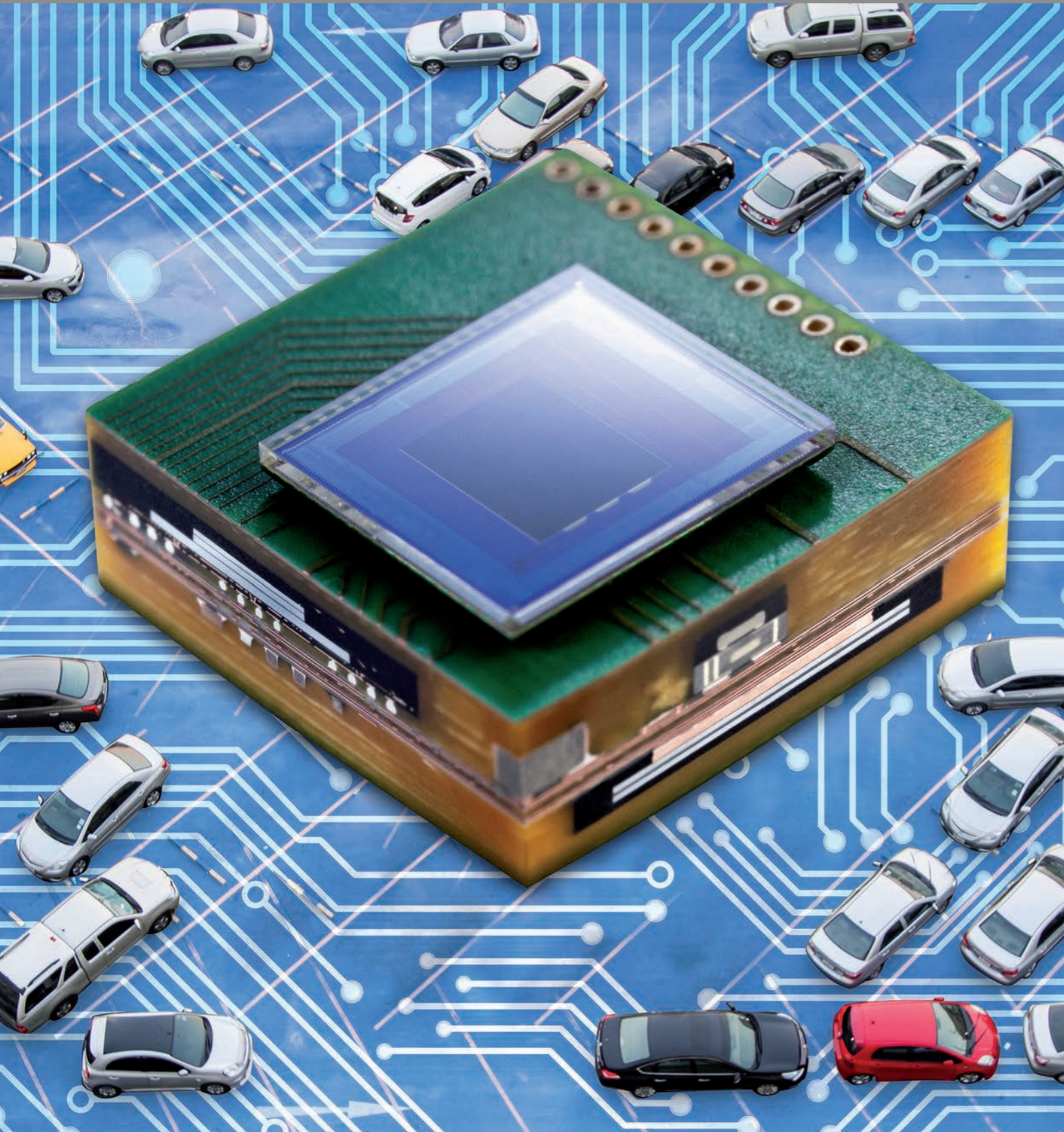
Mikroelektroniklabor

- Entwicklung und Qualifizierung mechatronischer Systeme und energieeffizienter Funksensorsysteme
- PXA für Reichweitenabschätzung, Konformitätschecks und Fehleranalysen, ermöglicht Erfassung von nur sehr kurz anliegenden Signalen (ab 162 µs)
- Leistungsfähiger 3D-Drucker (Fortus 360mc) für die Gehäuseentwicklung von Prototypen sowie für kleinere Serien (Baumaterialien ABS-M30, PC und Nylon)

Ansprechpartner AdaptSys:

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

FRAUNHOFER IZM KERNKOMPETENZEN



INTEGRATION AUF SUBSTRATEBENE Seite 36

Systemintegration & Verbindungstechnologien Seite 38
Leitung: Rolf Aschenbrenner, Prof. Martin Schneider-Ramelow

Mikromechatronik & Leiterplattentechnologie Seite 42
Leitung: Dr.-Ing. Frank Ansorge

INTEGRATION AUF WAFEREBENE Seite 44

**Wafer Level System Integration –
All Silicon System Integration Dresden ASSID** Seite 46
Leitung: Oswin Ehrmann, M. Jürgen Wolf

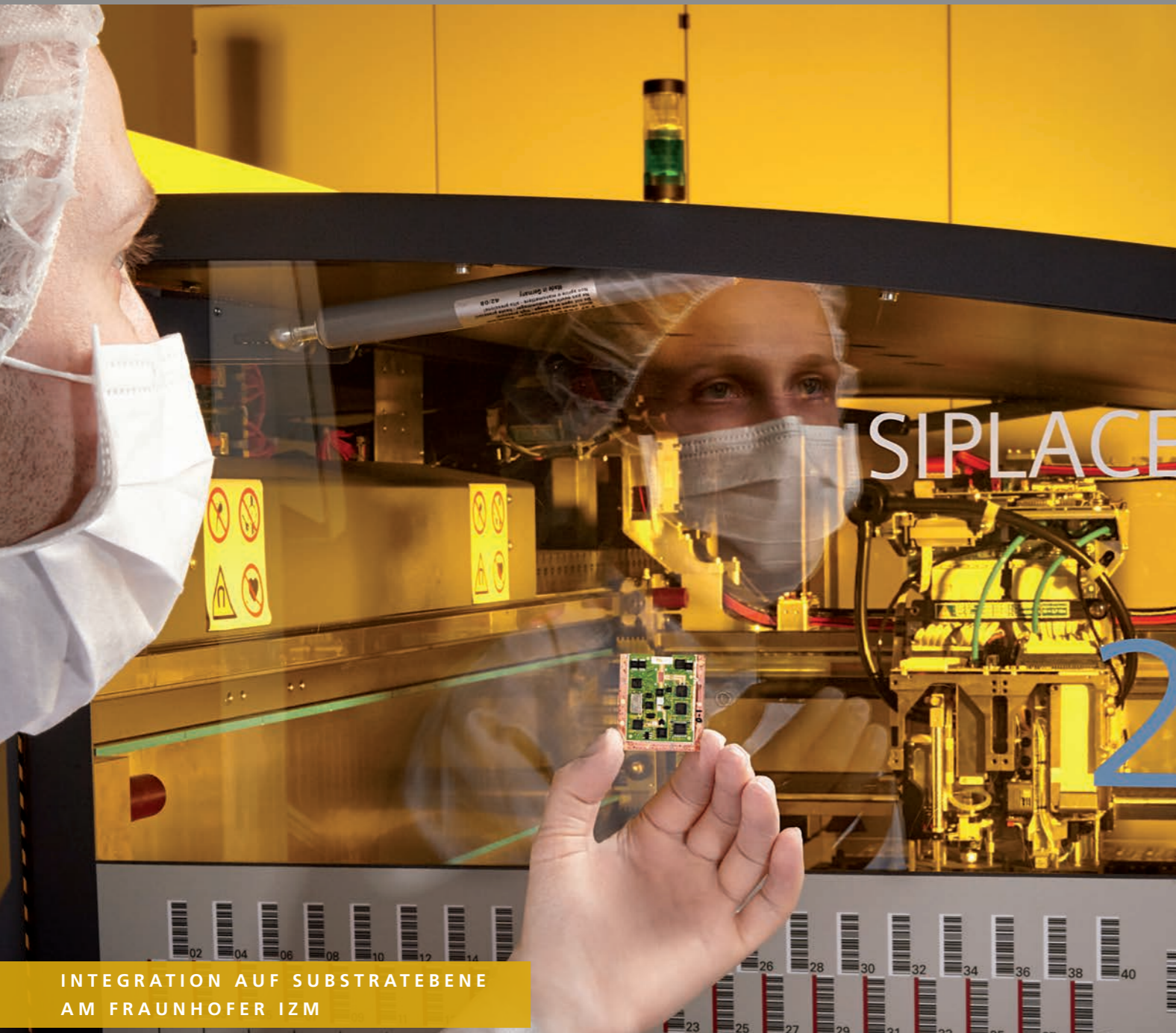
MATERIALIEN & ZUVERLÄSSIGKEIT Seite 50

Environmental & Reliability Engineering Seite 52
Leitung: Dr.-Ing. Nils F. Nissen, Dr.-Ing. Olaf Wittler

SYSTEMDESIGN Seite 54

RF & Smart Sensor Systems Seite 56
Leitung: Dr.-Ing. Ivan Ndip, Harald Pötter

FORSCHUNGS-CLUSTER INTEGRATION AUF SUBSTRATEBENE



INTEGRATION AUF SUBSTRATEBENE AM FRAUNHOFER IZM

Das Fraunhofer IZM ist führend bei der Entwicklung von Substrattechnologien. Es verfügt über eine weltweit einzigartige Integrationslinie, die sowohl neuestes Bestücksequipment als auch eine vollständige Leiterplattenfertigung auf Großformat (24" x 18") vereint. Neben den bisherigen Entwicklungsmöglichkeiten wie Präzisionsbestückung, Embeddingtechnologie und höchstzuverlässigen Verkapselungsverfahren werden derzeit neuste Panel-Level-Packaging (PLP)-Technologien entwickelt. Das Panel Level Packaging bietet eine durchgängige Fertigungsmöglichkeit für System-in-Packages (SiP), Module und miniaturisierte Systeme auf großen Formaten. Das Fraunhofer IZM ist damit in der Lage, neben Technologie- und Verfahrensentwicklung die Fertigung von Prototypen, Musterserien sowie Prozesstransfer in die Industrie anzubieten.

HIGHLIGHT 2015

W-Band-Projekt – Radar Packaging für 94 GHz

Im Bereich der Radaranwendungen ist das W-Band (75–110 GHz) ein guter Kandidat für hochauflösende Entfernungsmessungen und die Detektion kleiner Objekte in Distanzen von 10 cm bis 20 m. Da die elektromagnetischen Wellen in diesem Frequenzbereich nur sehr wenig von rauen Umgebungsbedingungen wie Nebel, Rauch oder Staub beeinflusst werden, eignet sich W-Band-Radar sehr gut für Anwendungen in den anspruchsvollen Bereichen Automobil, Luftfahrt, Industrie und Sicherheit. Die Fraunhofer Institute IAF, IPA und IZM haben unter der Leitung des Freiburger IAF ihre Kompetenzen gebündelt, um ein miniaturisiertes 94-GHz-Radarmodul mit der Option zur kostengünstigen Volumenfertigung zu entwickeln. Ergebnis dieser Arbeiten ist ein hochintegriertes, modularisiertes Radarsystem, bestehend aus Radarmodul, Modul zur digitalen Signalverarbeitung und HDPE-Radarlinse in einem kleinen Metallgehäuse, das trotz kleinster Abmessungen (42 x 80 x 27 mm³) und einem Gewicht von nur 160 g eine gute Performance bietet. Die technologischen Schwerpunkte des Fraunhofer IZM lagen in den Bereichen Leiterplattenherstellung, Komponentenmontage und Drahtbonds.

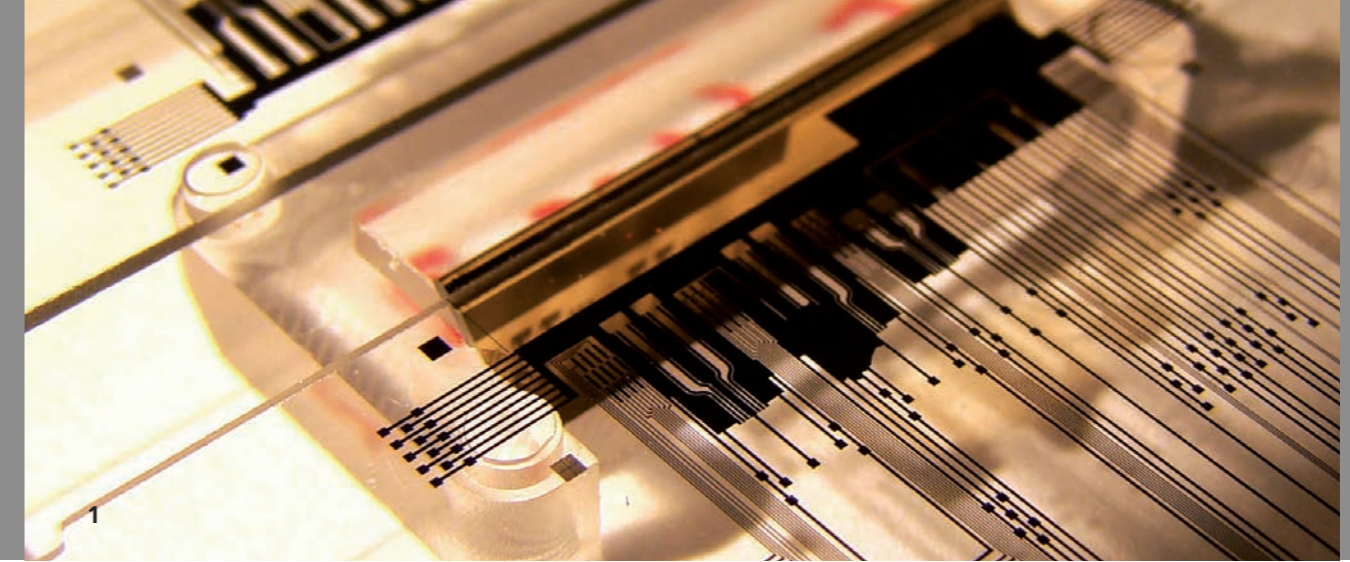
Technologische Highlights sind:

- Kombination von RF-LCP-Lage und kostengünstigem PCB-Core zu einem 6-Lagen-Substrat mit integrierter Cu-Lage zur Entwärmung
- Herstellung einer 94-GHz-Vivaldi-Antenne als Kanten-Emitter auf einer 50 µm starken, faltenfreien LCP-Membran
- Kontaktierung des Radar-MMIC zur Antenne durch einen ultrakurzen Zero-tail-Drahtbond für geringste RF-Verluste
- Entwicklung von Bestückprozessen für die Fertigung auch größerer Stückzahlen hochintegrierter Radarmodule

Das Radarmodul erreicht bei der Entfernungsmessung eine Genauigkeit von 5 ppm, das entspricht einer Abweichung von 5 µm auf einen Meter Messentfernung. Durch das niedrige Gewicht und die geringen Abmessungen sind neue Anwendungen besonders in mobilen Bereichen sinnvoll, zum Beispiel in autonomen Fahrzeugen oder bei intelligenten Prothesen. Ein mögliches Einsatzszenario ist hier eine Beinprothese, die abhängig von der Umgebungsstopographie die Kniebewegung steuert. Im Bereich Radar Packaging sind als nächste Schritte die Kostenreduktion durch die Vereinfachung von Packaging-Prozessen und das Einbetten von Radarkomponenten für die Realisierung von höchstperformanten Radaraufbauten durch Chip-Package Co-Design geplant.

Kontakt:
Karl-Friedrich Becker
karl-friedrich.becker@
izm.fraunhofer.de

Hochperformantes 94 GHz Radarmodul kostengünstig gefertigt auf vollautomatischem Fertigungsequipment



SYSTEMINTEGRATION & VERBINDUNGSTECHNOLOGIEN

Die Abteilung

Das Leistungsspektrum der Abteilung mit ihren rund 150 Mitarbeitern reicht von der Beratung über Prozessentwicklungen bis hin zu technologischen Systemlösungen. Die Wissenschaftler befassen sich schwerpunktmäßig mit der Entwicklung von Prozessen und Materialien für Verbindungstechniken auf Board-, Modul- und Package-Ebene sowie mit der Integration elektrischer, optischer und leistungselektronischer Komponenten und Systeme.

Fokus ist die Verbindungs- und Verkapselungstechnik für das elektronische und photonische Packaging, z. B.:

- Neue Lote, Klebstoffe, Drähte und Bumps
- Bumpingtechniken (stromloses Ni/(Pd)/Au, Schablonendruck, mechanisches Stud- oder Ball-Bumping)
- SMD-, CSP-, BGA- und Mikrooptik-Montage
- Flip-Chip-Techniken (Löten, Sintern, Kleben, Thermo-kompression- und Thermosonic-Bonden)
- Die Attach (Löten, Sintern und Kleben)
- Draht- und Bändchenbonden (Ball/Wedge, Wedge/Wedge, Dickdraht und Bändchen)
- Flip Chip Underfilling und Chip-on-Board Glob Topping
- Transfer und Compression Molding auf Leadframe, Leiterplatte, Wafer und Panel
- Potting und Schutzlackierungen, Hotmelt-Verkapselung
- Einbetten von Chips
- Faserkopplung und optische Verbindung zu planaren Wellenleitern, Faserlinsen und Laserfügen
- Herstellung optischer Wellenleiter
- Dünnglas- und Silizium-Photonik-Packaging
- Automatisierung von Mikrooptikmontage

Trends

Die Abteilung löst die Herausforderung des »Electronic and Photonic Packaging« durch die Kombination von Systementwicklung und Aufbautechnologien.

Folgende Ziele werden verfolgt:

- Design- und Aufbautechnik für multifunktionale Verdrahtungsträger
- Heterogener Aufbau für System-in-Packages (SiPs) wie MEMS, ICs, Opto, HF, Passive, auch als 3D-SiPs mit eingebetteten Komponenten und Power-ICs
- Evaluierung neuer Oberflächenschichten für kostengünstige Aufbau- und Verbindungstechnik
- Hoch- und Niedertemperatur-Verbindungstechnologien
- Dehnbare elektronische Systeme auf PU-Basis
- Entwicklung von Jetprozessen für hochviskose Medien, z. B. Die Attach und Glob Top
- Miniaturisierte Elektronik und Faseroptik für moderne Diagnostik- und Therapieverfahren in der Medizintechnik
- Integration ultradünner Chips in Sicherheitskarten
- Alternative Löt- und Sintertechnologien für Power-Module
- Multifunktionale (elektrisch, optisch, fluidisch) Substrate und Packages auf Basis von Dünnglasfolien
- LED-Module und Weißlichtkonversion
- Multifunktionale optische Sensorsysteme
- Systementwurf für Silizium- und Mikrowellen-Photonik
- Panel Level Packaging Technologien basierend auf PCB- und Molding-Prozessen
- Hochauflösende 3D-Packageanalyse mittels Röntgen-CT

AKTUELLE FORSCHUNGSERGEBNISSE

Automatische Assemblierung nanooptischer Siliziumchips auf glasbasierten elektro-optischen Leiterplatten

Das Fraunhofer IZM entwickelt On-Board-Integrationstechniken für die Siliziumphotonik auf Basis einmodiger, in elektro-optische Leiterplatten integrierte, optische Wellenleiter. Hohe Störsicherheit, Skalierbarkeit und Leistungseffizienz bei geringem Platzbedarf sind – neben dem hohen Bandbreite-Längen-Produkt – wesentliche Argumente dafür, optische Verbindungstechnik auf Baugruppenträgern in Systemen einzuführen.

Erfolgreich wurden in den letzten Jahren mehrmodige Wellenleiter in kommerzielle Dünnglasfolien integriert und als optische Lage in so genannte elektro-optische Leiterplatten (eng. Electro-optical Circuit Board – EOCB) integriert.

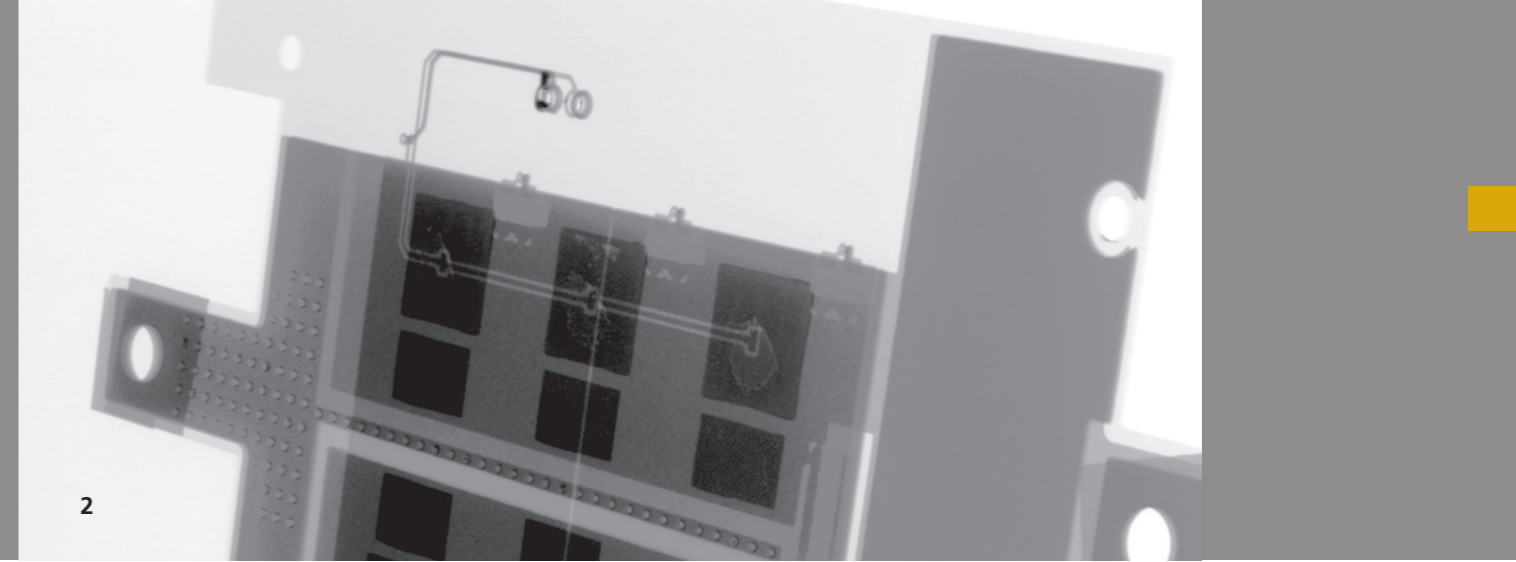
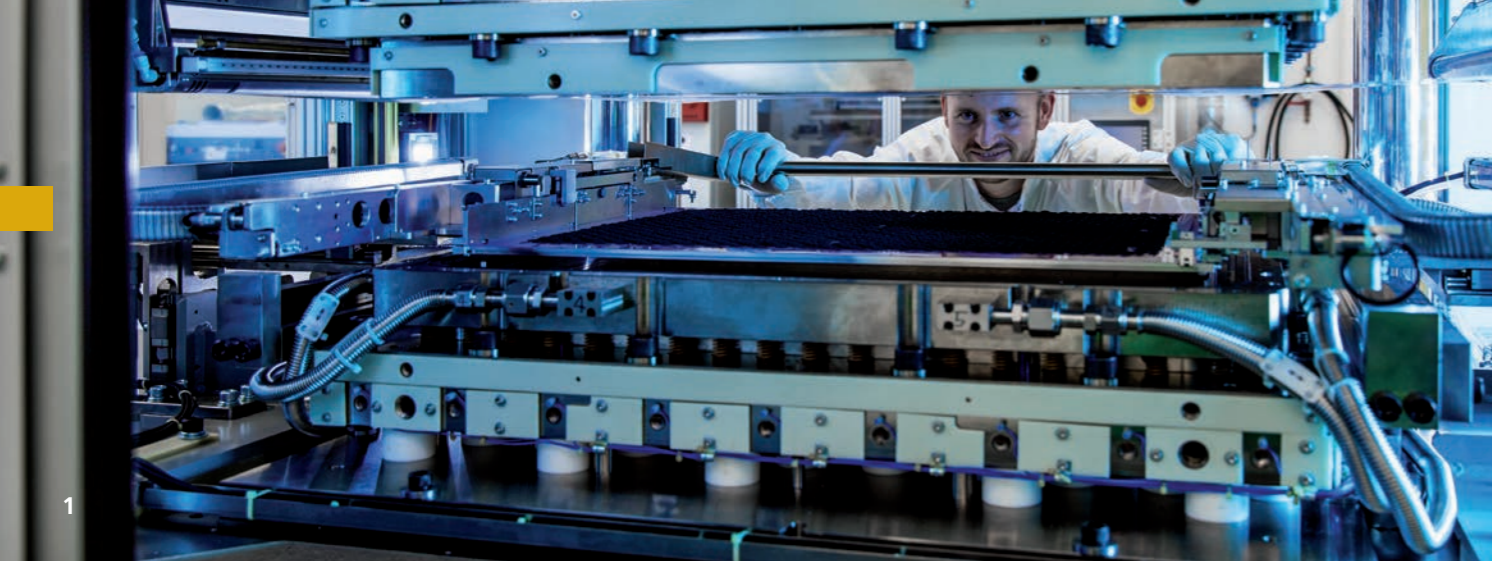
Der Trend der Siliziumphotonik, komplexe optische Funktionen monolithisch in den Siliziumchip zu integrieren, fordert zukünftig neben der elektrischen auch eine optische Schnittstelle in Leiterplatten zu diesen neuartigen hochintegrierten Komponenten. Die hochpräzisen einmodigen Wellenleiter werden in einem am Fraunhofer IZM und an der TU Berlin entwickelten Prozess in die Glaswafer eingebracht. Dabei wird mittels Maskierung und eines Ionenaustauschprozesses Silber in die Glasmatrix eingebaut. Die Silberionen erzeugen eine Brechzahländerung an den nicht maskierten Stellen und ermöglichen somit die Führung der optischen Signale.

Der Siliziumchip wird mit einem Klebeschritt in einem Pick-and-Place-Verfahren aufgebaut. Die damit erzeugten Verbindungen müssen eine geringe Dämpfung sowie kurze Prozesszeiten aufweisen. Diese anspruchsvolle Verbindungstechnik wird am Fraunhofer IZM mit einer Bestückungsanlage der Firma ficonTEC vom Typ AL-500 durchgeführt. Durch die Kombination der hochgenauen Positionierung der Achsen und damit auch der zu fügenden Bauteile mit sechs Freiheitsgraden wird dieser Ansatz der Bestückung ermöglicht. Mit Hilfe von Vakuumgreifern werden die Komponenten vorpositioniert und anschließend mit einem UV-aushärtenden Klebstoff auf die Oberfläche platziert. Beim Aushärten des Klebstoffes kann das Umlenkelement nachjustiert werden. Durch diese sehr vielfältige Anlage ist es möglich, eine aktiv-optische Positionierung durchzuführen und geringstmögliche Übertragungsverluste zu erreichen. Mechanische Toleranzen können mit Hilfe von auf das Bauteil angepassten Algorithmen zum Teil kompensiert werden.

1 Umlenk-Spiegelleinheit zur optischen Ankopplung an einen mit elektrischen und optischen Wellenleitern versehenen Glas-Chip für EOCB/Backplane-Anwendungen

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

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



Vom Fan-out Wafer- zum Panel Level Packaging

Das Fan-out Wafer Level Packaging (FOWLP) ist einer der neuesten Packaging-Trends in der Mikroelektronik: FOWLP besitzt dabei ein hohes Miniaturisierungspotenzial sowohl im Packagevolumen als auch in der Packagedicke.

Technologische Basis von FOWLP ist ein rekonfigurierter, gemoldeter Wafer mit eingebetteten Chips und einer Dünnfilm-Umverdrahtungslage, die zusammen ein SMD-kompatibles Package ergeben. Die Hauptvorteile des FOWLP sind ein sehr dünnes, weil substratloses Package, der geringe thermische Widerstand, gute HF-Eigenschaften aufgrund kurzer und planarer elektrischer Verbindungen zusammen mit einer bumplosen Chipverbindung anstelle von z.B. Drahtbonds oder Lötkontakten. Insbesondere die Induktivitäten sind beim Fan-out Wafer Level Packaging deutlich geringer als bei FC-BGA-Packages. Darüber hinaus können in die Umverdrahtungslage funktionale Komponenten wie Kapazitäten, Widerstände, Spulen und Antennenstrukturen integriert werden. Damit eignet sich die Technologie auch für den Aufbau von Multichip-packages und SiPs (System-in-Package).

Für eine höhere Produktivität und daraus resultierende geringere Package-Kosten geht der aktuelle Trend vom Wafer hin zu Panelformaten, was zu einem Fan-out Panel Level Packaging (FOPLP) führt. Hier bewegen sich Panelgrößen im Bereich 610x457 mm² (Standard in der Leiterplattenfertigung) oder sogar größer.

Das Fraunhofer IZM arbeitet zusammen mit der TU Berlin intensiv in öffentlich geförderten Projekten sowie in direkter Industriekooperation an Themen der heterogenen Systemintegration im Bereich des Fan-out Wafer/Panel Level Packaging.

Im Rahmen des Horizon 2020 Projekts »smart-MEMPHIS« ist es das Ziel, einen miniaturisierten, autonomen Energy Harvester zu entwerfen, herzustellen und zu testen. Das System besteht aus einem Piezo-MEMS Harvester, dem Power Management und einem Energiespeicher (Supercapacitor).

Zielanwendungen hierfür sind ein drahtloser Herzschrittmacher und die Zustandsüberwachung für mechanische Strukturen. Als Packagingtechnologie für eine größtmögliche Miniaturisierung wurde der Fan-out-Panel-Level-Ansatz gewählt. In dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Projekt »InteGreat« werden außerdem kostengünstige Technologien entwickelt, die ebenfalls auf einem großflächigen Moldembedding-Ansatz basieren.

Industrieprojekte beschäftigen sich u. a. mit der Beurteilung neuer Materialien für das FOWLP, mit der prototypischen Umsetzung von Fan-out Packages für HF-Anwendungen und optische Sensorsysteme. Zusätzlich zu den laufenden Aktivitäten ist ein Industriekonsortium geplant, um das Fan-out Panel Level Packaging zusammen mit Partnern entlang der Wertschöpfungskette gemeinsam mit Endanwendern und OSATs (Outsourced Semiconductor Assembly and Test) zu einer höheren Entwicklungsreife zu treiben.

Power Electronic Embedding

Die Einbettung elektronischer Komponenten in die Aufbauanlagen der Leiterplatte (Embedding-Technologie) hat sich in den vergangenen Jahren von der Forschung hin zu einer industriell genutzten Technologie entwickelt. In den letzten 15 Jahren war das Fraunhofer IZM maßgeblich an der Entwicklung der entsprechenden Grundlagen sowie an nachfolgenden Transfers in den industriellen Fertigungsprozess beteiligt.

Neben der Miniaturisierung von Baugruppen und der damit möglichen Steigerung der elektronischen Performance konnte eine deutlich höhere Zuverlässigkeit der Baugruppen nachgewiesen werden, die mittels Embedding-Technologie hergestellt wurden.

Am Fraunhofer IZM liegt ein wichtiger Forschungsschwerpunkt für die Embedding-Technologie im Bereich der Leistungselektronik (Power Electronic Embedding). Neben den hohen elektrischen Leistungen, für die solche Module ausgelegt werden, ist die Verlustwärme, die von den eingebetteten Bauteilen abzuführen ist, eine besondere Herausforderung. Die Substrate bzw. Module enthalten daher Leiterbahnen mit entsprechend großen Querschnitten und zum Teil massive Kupferstrukturen für eine optimale Wärmespreizung. Die eingebetteten Leistungshalbleiter auf der Basis von Si bzw. SiC und GaN erfordern eine robuste elektrische und thermische Ankoppelung an das Substrat mit möglichst geringen Widerständen. Mittels Sintern (Silbernanopartikel) werden diesbezüglich die besten Ergebnisse zur Kontaktierung der Chiprückseite erzielt. Die Frontkontakte des Chips werden mittels Mikrovia-Technologie (Laserbohrung und Cu-Galvanik) mit der darüber liegenden Verdrahtungsebene verbunden. Im Rahmen der Embedding-Technologie werden die Leistungshalbleiter von einer Matrix aus Harz und Glasfasern umschlossen.

Die Auswahl eines geeigneten Materialverbundes hängt stark vom jeweiligen Anwendungsfall ab. Die Untersuchung und Bewertung neuer thermisch hochleitfähiger und robuster, elektrisch isolierender Materialvarianten ist ein wichtiger Teil der Forschungsaktivitäten. Handhabung, Reproduzierbarkeit und Zuverlässigkeit der Prozesse werden derzeit dahingehend entwickelt, dass eine zügige Überführung der Power Electronic Embedding-Technologie in die Industrie möglich wird.

Am Fraunhofer IZM wurden bisher Module unterschiedlicher Größe und Funktionalität realisiert: von wenigen Quadratmillimetern mit drei eingebetteten Halbleitern für geringe Spannungen und Ströme bis 50 A, bis hin zu komplexen Baugruppen mit 24 eingebetteten Komponenten auf mehreren Quadratdezimetern für den Betrieb mit Spannungen von 600 V und Leistungen von 150 kW.

1 Fan-out Panel Level Packaging am Fraunhofer IZM

2 Leistungsmodul mit 10 kW Schaltleistung (mit eingebetteten IGBT und Dioden)

MIKROMECHATRONIK & LEITERPLATTENTECHNOLOGIE

Der Standort Oberpfaffenhofen

Der Bereich »Micro-Mechatronic and PCB Soldering« in Oberpfaffenhofen analysiert mechatronische Packages und nutzt dabei modernste Messtechnik und numerische Simulationen zu deren Optimierung. Neben der Beratung zur Zuverlässigkeit elektrischer Systeme und Kontakte werden umfangreiche Qualifikationen und Schadensanalysen von Bauteilen und Baugruppen, elektrischen Kontakten und elektrischen Systemen erstellt. Die Simulation findet vorwiegend in den Bereichen Elektronikverkapselung (Transfer Molding, Spritzguss, Berücksichtigung der Faserorientierung) und Optimierung des Aufbau- und Verbindungsprozesses Anwendung.

Das Fraunhofer IZM in Oberpfaffenhofen bearbeitet Themen der mechanisch-elektrischen Anschlusstechnik und transferiert dieses Wissen in Form von Schulungen in die Industrie. Der Fokus der Forschungstätigkeit liegt auf Grundlagenuntersuchungen mit modernster elektrischer Messtechnik, wie zum Beispiel Kontaktwiderstand, Thermographie, Setzverhalten von Kontaktflächen oder Einfluss von Beanspruchungen und Verunreinigungen auf die Zuverlässigkeit.

Das Fraunhofer IZM in Oberpfaffenhofen führt Trainings und Schulungen, insbesondere für Zertifikatskurse (ESA, IPC, DVS) im Themenbereich Aufbau- und Verbindungstechnik, Löten, Crimpen, Reparatur und Abnahmekriterien durch. Neu hinzugekommen sind die IPC /WHMA-A-620B »Requirements and Acceptance for Cable and Wire Harness Assemblies« und ein Praxislabor Kabelanschlusstechniken.

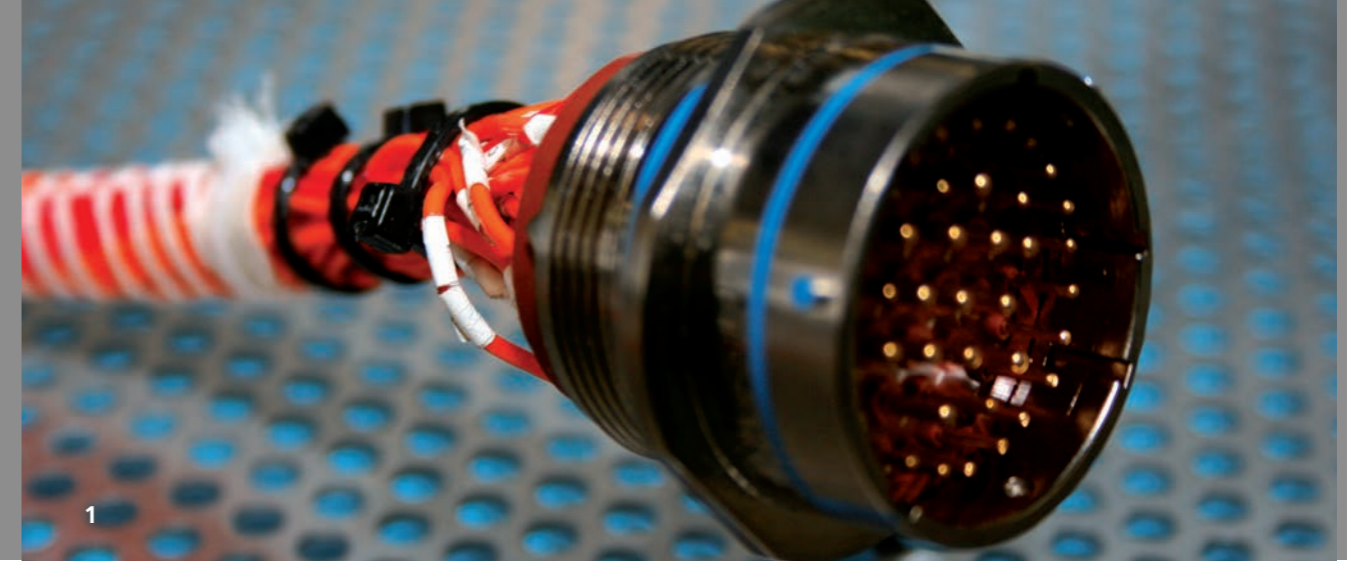
Trends

Die Integration elektronischer Systeme erlaubt durch die Verschmelzung von Form und Funktion fundamentale Veränderungen und zielt auf den Einsatz generativer Fertigungstechnologien ab. Die mechanisch-elektrische Verbindungstechnik erfordert neue Werkstoffe für Kontakte, Kabel und Isolationen.

Mehrkomponentige Funktionsteile, so genannte »Smart Power Mechanics« verlangen intensive Forschungsaktivitäten im Oberflächenbereich der Kontakte und der in Steckern integrierten elektronischen Systeme. Die Erfassung der realen Geometrie, wie sie im Produktionsprozess entsteht, führt zu lokalen und eventuell anisotropen Materialparametern. Im Mikro- und Nano-Bereich werden damit neue Erkenntnisse durch numerische Simulationen beschrieben.

Wichtige Entwicklungsziele:

- Entwicklung von Steckverbindern und Anschlussklemmen mit integrierten Sensoren/Aktoren, so genannten intelligenten Steckverbindern
- Nutzung günstiger Werkstoffe für Kontakte, Kabel und Isolation in der elektrischen Verbindungstechnik, z. B. Aluminium statt Kupfer
- Verstärkter Einsatz von Crimp-, Clinch- und Press-Fit-Verbindungen, auch im Hochstrombereich
- Numerische Simulation unter Nutzung realer Geometrie- und Materialparameter
- Entwicklung von generativen Technologien und Inkjet-Druck-Prozessen für Smart Power Mechanics
- Verbesserung von Rework- und Repair-Prozessen
- Erweiterte Schulungskonzepte (insbesondere für Solartechnologie, Crimpen, Kabelbaum, Blended Learning)



AKTUELLE FORSCHUNGSERGEBNISSE

Verbesserte Ausstattung der Technologiehalle schafft Grundlage für neue Schulungsthemen

In Zusammenarbeit mit der Fraunhofer-Academy konnten am Standort Oberpfaffenhofen mit seiner Schulungseinrichtung ZVE (Zentrum für Verbindungstechnik in der Elektronik) – gefördert durch den Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft – die Technologiehalle komplett neu strukturiert und die technische Ausstattung aktualisiert und erweitert werden. Es wurden verschiedene neue Lötanlagen angeschafft, wobei die Hersteller sich sehr interessiert und entgegenkommend zeigten. Neben der Reflow-Anlage sind hier die neuen Selektivlötanlagen hervorzuheben, welche die am Markt verfügbaren Möglichkeiten dieser Technologie zu einem großen Teil abdecken. Zur Verfügung stehen nun eine Selektivwellenlötanlage sowie ein Induktions- und ein Thermodenlötgerät. Die Anlagen erweitern die (Schulungs-)Kompetenz in den Bereichen Kabelbaumverarbeitung und Steckertechnologie. Zudem knüpft die Erweiterung thematisch sinnvoll an das vor wenigen Jahren eingerichtete Crimp-Labor sowie an die durch den Freistaat Bayern geförderte Maßnahme »Smart-Power-Mechanics« an.

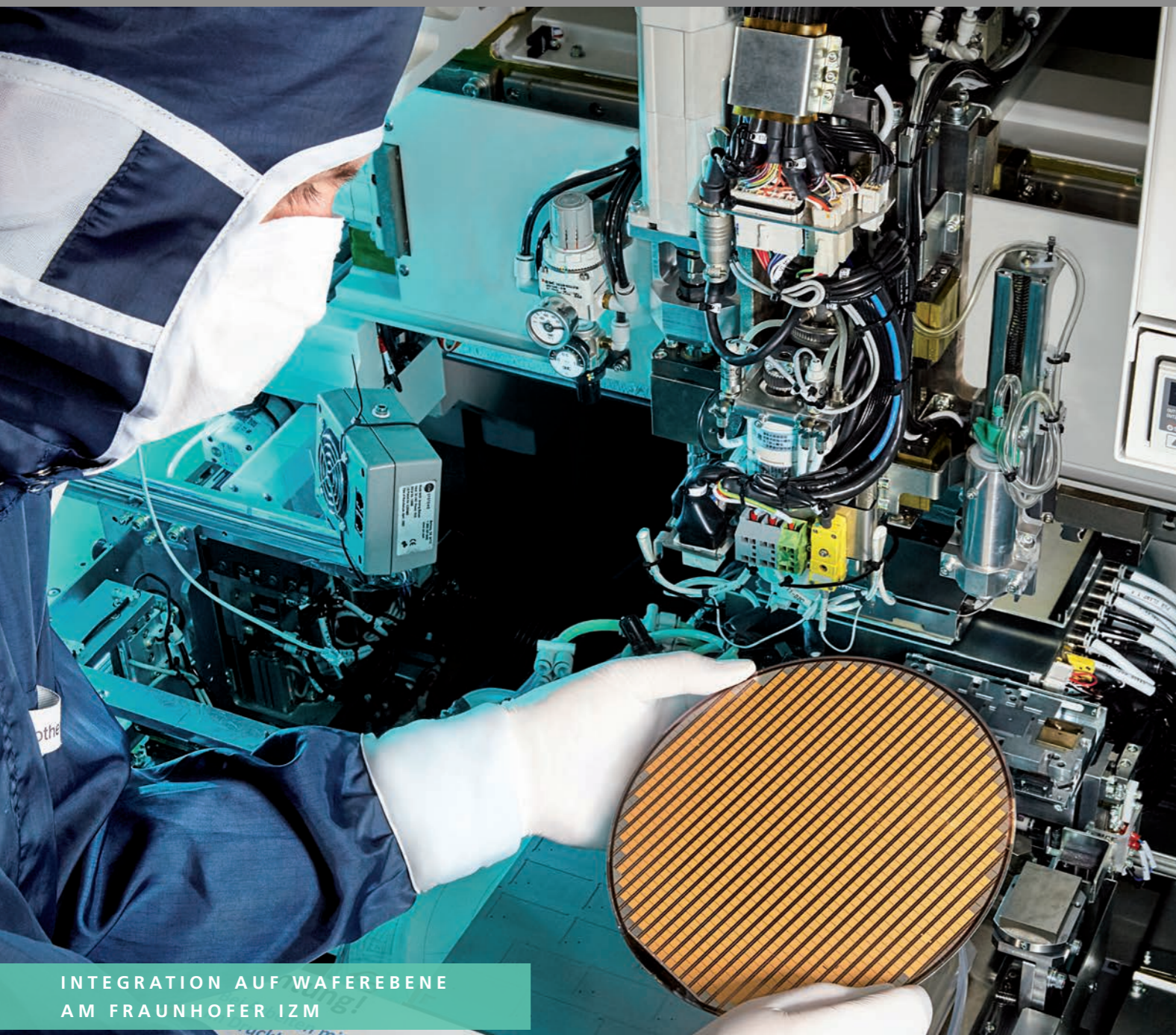
Untersuchung der Eigenschaften analoger ASIC-Schaltungen unter mechanischem Stress

Durch die zunehmende Miniaturisierung von Analogschaltungen und ihre fortschreitende Integration in applikationsspezifische integrierte Schaltkreise (ASIC) wird die Vorhersehbarkeit möglicher Störeinflüsse auf ihre Funktion immer wichtiger. Im Gegensatz zu digitalen ICs, bei denen kleine Abweichungen in der elektronischen Charakteristik keine oder nur eine sehr geringe Rolle spielen, sind diese für analoge Signale oft problematisch. Eine solche Störgröße ist die mechanische Spannung, welche sowohl bei der Prozessierung des Chips als auch während der Laufzeit in unterschiedlichen Formen und Stärken auftritt. Um dem Problem der sich ändernden Chipcharakteristik entgegenzutreten, sollen Schaltkreise von Anfang an »stressrobust« ausgelegt werden. Hierzu ist es unentbehrlich, einen Layoutentwurf simulatorisch mit unterschiedlichen Stressszenarien zu testen. Dementsprechend wurden einzelne Halbleiterstrukturen unter mechanischer Spannung untersucht und ihr SPICE-Modell um ihr Verhalten unter Stress ergänzt. Die Modelle wurden durch den Vergleich der Simulation eines Testschaltkreises bestehend aus den untersuchten Strukturen und seiner Messung verifiziert. Durch FEM-Simulationen des Stresseinflusses bei Packaging und Anwendungstests konnte das Chiplayout eines Batteriemangement-ASICs der Firma Atmel verbessert werden. Die Arbeiten wurden durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter der Projektkurzbezeichnung »IKEBA« gefördert.

1 Steckverbinder als Übungsaufgabe im Kabelbaum- und Steckverbinder-Kurs

Leitung:
Dr.-Ing. Frank Ansorge
frank.ansorge@
oph.izm.fraunhofer.de
Telefon +49 8153 9097 -500

FORSCHUNGS-CLUSTER INTEGRATION AUF WAFEREBENE



INTEGRATION AUF WAFEREBENE AM FRAUNHOFER IZM

Mit dem Ansatz des Wafer Level Packaging lassen sich bei heterogenen Aufbauten die höchsten Integrationsdichten erreichen. Alle Prozessschritte werden auf Waferebene, jedoch nach Abschluss der eigentlichen Front-End-Prozesse, durchgeführt. Entwickelt werden Packages, deren laterale Größe mit den Chipabmessungen nahezu identisch ist. Auch werden auf dem Wafer weitere aktive oder passive Komponenten in Zwischenschichten integriert. Noch höhere Integrationsdichten lassen sich bei der 3D-Integration mit der Siliziumdurchkontaktierung (TSV) oder durch die Verwendung von Silizium-Interposern und TSVs erreichen.

HIGHLIGHT 2015

μAFS – Intelligente Lichtquellen für adaptive Frontscheinwerfersysteme

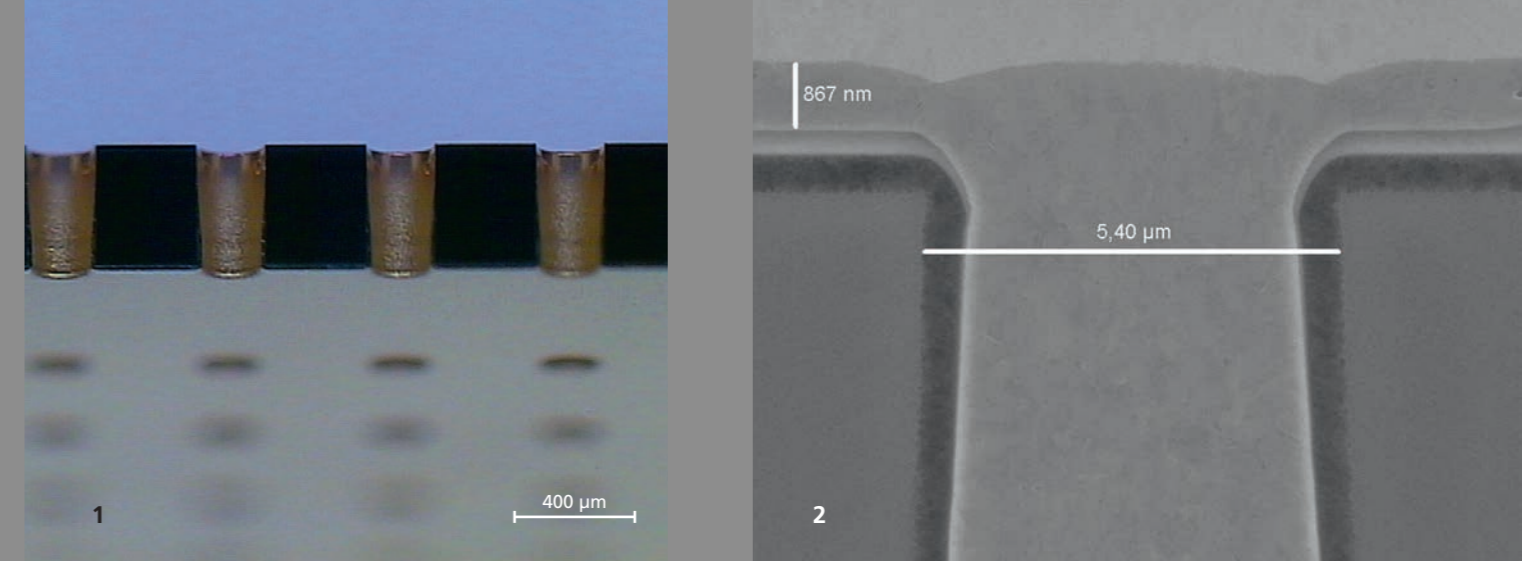
Eine Aktiv-Matrix LED-Lichtquelle wurde in Zusammenarbeit zwischen Daimler AG, Hella KGaA Hueck & Co., Osram GmbH, Osram Opto Semiconductors GmbH, Infineon Technologies AG und den Fraunhofer Instituten IZM und IAF im Rahmen des BMBF-Projekt μAFS (Förderkennzeichen 13N12512) entwickelt. Am Fraunhofer ZM wurde ein Flip-Chip LED-Array mit 1.024 Pixeln auf eine aktive Treiberschaltung montiert, die jeden Pixel individuell ansteuert. Schon ein Jahr vor Projektende konnte die erste 1.024 Pixel-Light Engine auf der ISAL 2015 ausgestellt werden.

Die LED-Chips wurden auf den Siliziumwafer mit 15 μm Spaltbreite gesetzt, um eine homogene Leuchtdichteverteilung zu erreichen. Für eine extrem gute Entwärmung wurde ein robustes Bond-Interface design. Die Topographie erfordert ein Bumpdesign, das den Ausgleich von einigen μm Höhenunterschied ermöglicht. Zwei Technologievarianten wurden parallel untersucht: Thermokompressions-Bonden mit nanoporösem Goldschwamm und Reflowlötten mit hoch zuverlässigem AuSn.

Das nanoporöse Gold wurde wegen seiner Kompressibilität, der niedrigen Bonddrücke und Bondtemperaturen ausgewählt. Die Herstellung der 10 μm hohen porösen Strukturen erfolgte auf dem LED-Wafer mittels Standardverfahren. Der poröse Schwamm entsteht in einem Ätzprozess, was zu einer offenporigen Struktur mit 200 nm Porengröße und einer Porosität zwischen 70 und 80 Prozent führt. Der Matrixtreiber besitzt dicke Leiterbahnen um die LED-Pixel mit Strom zu versorgen, und zusammen mit den Öffnungen in der Passivierung wird eine Topographie von mehreren μm erreicht. Die Kompressibilität des Nanoschwamms kann die Topographie ausgleichen und führte zu erfolgreichen Aufbauten. Es wurden sowohl poröse als auch nahezu kompakte Verbindungen erzeugt. AuSn Lot-Bumps wurden auf LED-Wafern durch sequentielle Abscheidung von Gold und Zinn hergestellt. Die Lotzusammensetzung geschieht beim Preconditioning in einem Diffusionsprozess. Die pixelierten LEDs wurden mittels Pick & Place auf den Treiberwafer geflippt und der komplette Wafer flussmittelfrei im Batchofen umgeschmolzen. Beide Bumptypen und Montagetechniken wurden erfolgreich mit hoher Ausbeute angewandt und bewiesen ein robustes Interface für nachfolgende LED-Prozesse.

Kontakt:
Dr. Hermann Oppermann
hermann.oppermann@
izm.fraunhofer.de

3D Flip-Chip-Montage
Chip-zu-Wafer mittels
AuSn-Löten oder Thermo-
kompression mit nanoporösem Gold



WAFER LEVEL SYSTEM INTEGRATION – ALL SILICON SYSTEM INTEGRATION ASSID

Die Abteilung

Die F&E Arbeiten der Abteilung »Wafer Level System Integration« mit ihren Mitarbeitern an den Standorten am Fraunhofer IZM in Berlin und am „ASSID – All Silicon System Integration Dresden“ fokussieren auf Technologien des Wafer-Level-Systemintegration und Packaging. Die Prozesslinien erlauben eine hohe Flexibilität hinsichtlich der Prozessierung von 200-300 mm Wafern und zeichnen sich durch eine hohe Anpassungsfähigkeit und Kompatibilität der Einzelprozesse aus. Die Prozesslinie am IZM-ASSID ist insbesondere auf eine fertigungsnahe und industriekompatible Entwicklung und Prozessierung (ISO 9001) ausgelegt.

Der Fokus der wissenschaftlichen Arbeiten liegt auf:

- Wafer-Level-Packaging und CSP
- 3D-Wafer-Level System-in-Package (WL SiP)
- TSV Interposer
- High-Density Redistribution
- Ultra-Fine Pitch Micro-Bumping
- Pre-Assembly (Thinning, Dicing, Singulation)
- Die-to-Wafer (D2W)-Assembly
- 3D-Wafer-Level-Stacking

Das Serviceangebot für Industriekunden umfasst die Bereiche Prozessentwicklung, Materialevaluierung und -qualifizierung, Prototyping, Low-Volume-Manufacturing sowie Prozesstransfer. Die neu entwickelten Technologien werden kundenspezifisch an die individuellen Anforderungen angepasst.

Trends

Für die Entwicklung von Mikrosystemen ist die Verknüpfung von Technologien für die More-Moore- und More-than-Moore-Umsetzung von zentraler Bedeutung. Hierbei müssen kosteneffiziente Lösungen für das Gesamtsystem entwickelt und realisiert werden. Von zunehmender Bedeutung ist hierbei die gemeinsame Betrachtung von Design, Technologie und Zuverlässigkeit. Dies stellt eine besondere technische Herausforderung an die heterogene Integration von Komponenten in einem multifunktionalen, miniaturisierten, zuverlässigen Wafer-Level System-in-Package unter gleichzeitiger Berücksichtigung einer Kostenoptimierung.

Entsprechend sind die Forschungs- und Entwicklungsziele ausgerichtet auf:

- Evaluierung und Einsatz von neuen Materialien z.B. Polymere (< 200°C Curing)
- Entwicklung von angepassten und neuen Fine-Pitch Interconnect-Strukturen (μ -Bumps, Cu-Pillar, Cu-Cu) auf Chip/Substratebene
- Entwicklung neuer Interconnect-Strukturen und Technologien (Low Temperature, Low Force) für sehr dünne Chips und Waferstacks
- BEoL-kompatible TSV-Integration (Via-middle, BS Via, Via last) für 3D-Systeme
- Heterogene Integration auf Basis von Interposern (Silizium, Glas)
- Angepasste Pre-Assembly-Technologien (Wafer Thinning/Dicing) und Thin-Wafer-Handlingsprozesse
- Entwicklung von hochzuverlässigen 3D-Assemblierungs-Technologien (D2W, W2W)

AKTUELLE FORSCHUNGSERGEBNISSE

Gold-TSV-Technologie für Photonic Packaging

Im Rahmen des EU-Projektes PARADIGM (Photonic Advanced Research And Development for Integrated Generic Manufacturing) wurde vom Fraunhofer IZM erfolgreich eine Through-Silicon-Via-Technologie in Gold – mit TSVs und beidseitig strukturierter Metallisierung – entwickelt. Eine solche kupferfreie Metallisierung hat für den Bereich Photonic Packaging (III-V Halbleitern) eine große Bedeutung. Es wurden doppelseitig metallisierte Testvehikel mit koplanaren Wellenleitern aufgebaut. Dabei wurden eine TSV- und eine konventionelle Drahtbondvariante verglichen. Die TSVs haben einen Durchmesser von 200 μ m und eine Tiefe von 400 μ m, die Wellenleiterlänge beträgt 10 mm. Ziel war es, mit Hilfe der TSVs das Übersprechen und die Dämpfung bei hohen Frequenzen zu verringern. Die Messungen wurden vom Projektpartner CIP durchgeführt und zeigten signifikante Performancegewinne; die Dämpfung ist deutlich niedriger (2 db bei 40 GHz) und das Übersprechen zeigte einen merklich flacheren Verlauf.

Titan-Nassätzen – Ersatz für die Verwendung verdünnter Flusssäure (dHF)

Für kleiner werdende Pillar-Durchmesser (<40 μ m) wird es zunehmend wichtig, die bisher benutzte, verdünnte Flusssäure für das Titan UBM-Ätzen zu ersetzen. Der aktuell optimierte Titan-Ätzprozess mit dHF zeigt eine minimale Unterätzung von ca. 0,5 μ m. Es wurden unterschiedliche, auf Peroxide basierende Chemikalien getestet, die potenziell als Ersatz für die verdünnte Flusssäure infrage kamen. Die passenden Chemikalien müssen mehrere Anforderungen erfüllen und u.a. kompatibel mit Kupfer, Nickel, Zinn, Silber und Aluminium sein. Durch die Prozessweiterentwicklung und -optimierung konnte eine Ti-Unterätzung von 0-0,1 μ m erzielt werden. Die höheren Kosten der genutzten Chemikalien können durch die Wiederverwendung kompensiert werden. Somit konnte eine Erhöhung der Lebensdauer des Chemiebades mit maximaler Kapazität erreicht werden.

Plating-Metal TSV-ECD-Prozess

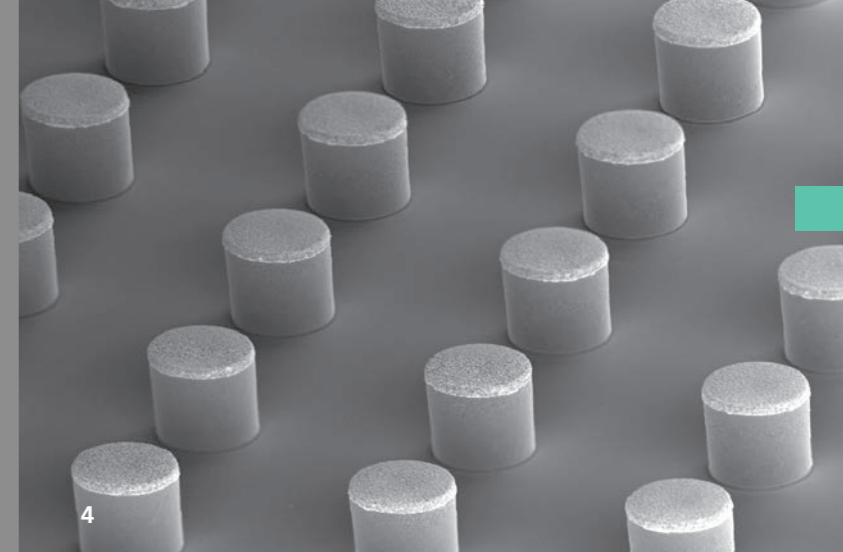
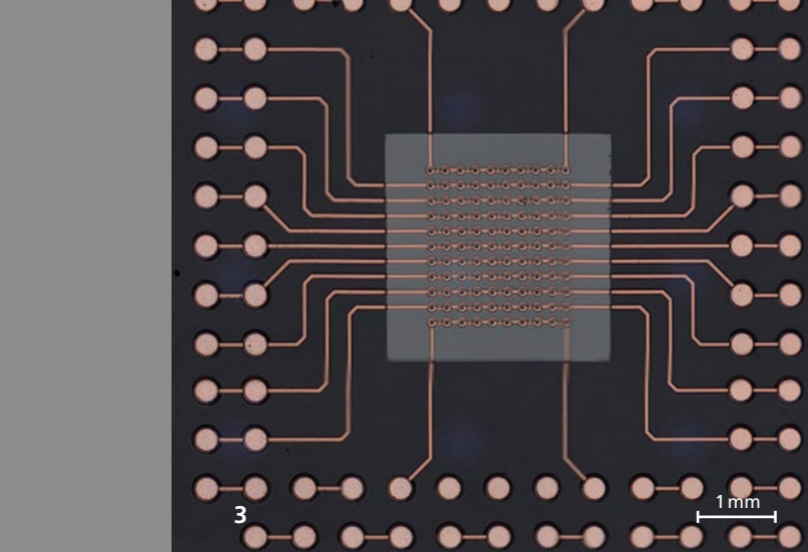
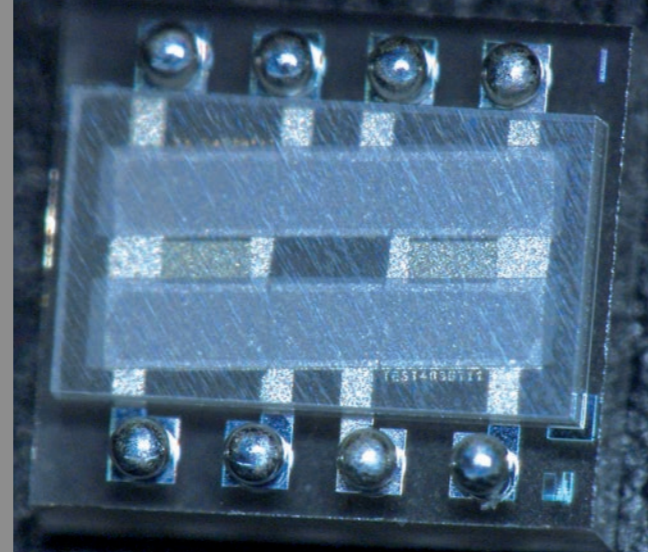
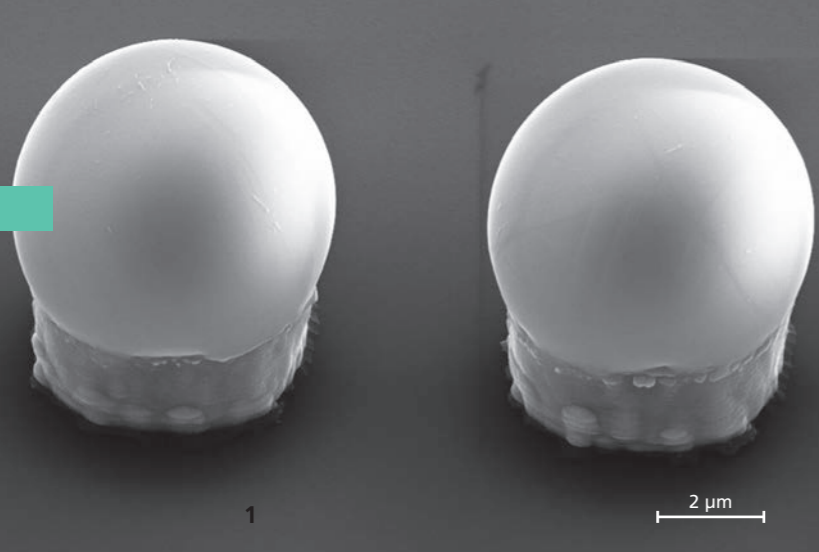
TSVs mit den Dimensionen 5 x 50 μ m können innerhalb von 19 Minuten gefüllt werden, wobei der Kupfer-Overburden auf dem 300 mm Wafer bei unter 1 μ m gehalten werden konnte. Für die Metallisierung von TSVs mit großen Dimensionen wird üblicherweise eine dünne Kupferschicht angewendet. In TSVs mit den Dimensionen 80 x 260 μ m konnte eine besonders einheitliche und konforme Kupferschicht abgeschieden werden. Durch die Nutzung der TSV-Metallisierungsanlage konnte der Cu-Overburden und die Prozesszeit um mehr als 50 Prozent reduziert und auch die Rauigkeit deutlich minimiert werden. Mit diesem hohen Durchlauf wurde eine Industriekompatibilität des Prozesses erreicht.

1 Koplanarer Wellenleiter mit Gold-TSVs zur Verbesserung der Hochfrequenz-Leistung (Querschnittbild)

2 TSV (5x50 μ m) mit Overburden (<1 μ m), 19 min ECD

Leitung:
Oswin Ehrmann
oswin.ehrmann@
izm.fraunhofer.de
Telefon +49 30 46403 -124

M. Jürgen Wolf
juergen.wolf@
izm.fraunhofer.de
Telefon +49 351 795572 -12



Indium Flip-Chip-Bonding für Röntgen-Pixeldetektoren

Detektormaterialien mit einer stärkeren Absorption von höherenergetischen Röntgenstrahlen als Silizium werden in vielen Anwendungsgebieten wie z. B. der Materialanalyse gefordert. Hierzu zählen Halbleitermaterialien wie GaAs, CdTe, CdZnTe oder Germanium. Das Fraunhofer IZM arbeitet auf diesem Gebiet mit nationalen und internationalen Forschungseinrichtungen wie dem CERN oder DESY zusammen und bietet die Abscheidung von galvanisch erzeugten Micro-Bumps und die Flip-Chip-Montage der Detektormodule an. Da die maximale Prozessierungstemperatur der Detektormaterialien z. T. auf 150°C begrenzt ist, müssen spezielle Nieder-temperatur-Lotmaterialien zum Flip-Chip-Bonden verwendet werden. Am Fraunhofer IZM wurden hierfür Indium-Bumpingprozesse auf 100 mm-200 mm-Wafern sowie Bondprozesse in dem geforderten Temperaturbereich entwickelt. Weiterhin wurden Legierungen aus Indium und Zinn untersucht, welche durch einen besonders niedrigen Schmelzpunkt von nur 117°C weitere Möglichkeiten zur Verringerung der Bondtemperatur bieten. Die entwickelten Strukturierungs- und Bondprozesse können nun für einen Pixelabstand von 55 µm angeboten werden. Es wurde bereits eine Abscheidung von bis zu 6 µm kleinen Bumps bei einem Pitch von nur 10 µm nachgewiesen.

Capping-Technologien für Wafer-Level Chip-Size-Packaging von SAW-Filtern

Das Institut hat seine WL-Capping-Technologien auf die Bearbeitung von SAW-Filter-Substraten (akustische Oberflächenwellen-Filter) erweitert. Der neue Ansatz beruht auf einem quasi-hermetischen Wafer-zu-Wafer-Bondverfahren, bei dem partiell Kappen auf den SAW-Komponenten, die auf Lithium-Tantalat (LiTaO₃)-Wafern vorliegen, aufgebracht werden, wobei die peripheren IOs der Komponenten weiterhin zugänglich bleiben. Für den Prozessablauf wird die spätere Kappenstruktur auf blanken LiTaO₃-Wafern durch die Herstellung adhäsiver Bond-Rahmen vorprozessiert. Die Flächen um diese Rahmen werden dann durch partielles Sägen entfernt und es verbleiben Sockelstrukturen mit Bond-Rahmen. Mittels Thermokompressionsbonden werden diese Wafer auf die SAW-Wafer gebondet und nachfolgend abgedünnt, wodurch die einzelnen Kappenstrukturen freigestellt werden. Danach folgen Padbelotung (Ball Drop) und Vereinzelung der Kundenwafer. Als SAW-Strukturen wurden 403 MHz-Filter für MICS Band-Applikationen (Medical Implant Communication Service) verwendet. Die finalen SAW-Filter haben eine Größe von 1,7 x 1,5 x 0,45 mm³. Die Forschungsarbeiten wurden von der Firma Vectron International GmbH Teltow initiiert und unterstützt.

Fan-Out-Wafer-Level Packaging (FOWLP)

Das Einbetten von Chips in eine Moldmasse und die Anwendung von WL-Technologien auf solchen Substraten ermöglicht nicht nur die Entzerrung der Lotkontakte von Einzelchips sondern auch die Integration von heterogenen Chiptypen in einem Package auf engstem Raum mit

höchster Kontaktdichte. Hierzu wurden Demonstratoren aufgebaut und die elektrischen Verbindungen zwischen den Chips direkt in einer Dünnschichtverdrahtung realisiert. Da parasitäre Effekte im Vergleich zu konventionellen Aufbauten durch die Vermeidung von Drahtbonds oder Bumps minimiert werden, ist diese Technologie auch für HF-Systeme sehr attraktiv. Die niedrige Glasübergangstemperatur aktuell verwendeter Moldmassen erfordert eine durchgängige Niedrigtemperaturprozessierung bei der Realisierung der Umverdrahtungsebenen. In Kooperation mit der Firma Dow konnte gezeigt werden, dass das photosensitive Trockenfilmdielektrikum von Dow zum Aufbau der dielektrischen Lagen optimal für das FOWLP geeignet ist. Das Material wird ähnlich einem Leiterplattenprozess in einem Laminierprozess aufgebracht. Das bedeutet höhere Flexibilität bei der Substratgröße und Oberflächenbeschaffenheit. Dieses BCB-Material ist besonders geeignet, da es bei niedrigen Temperaturen aushärtbar ist, eine hohe Auflösung aufweist und mit einer Dielektrizitätskonstante von 2,7 eine verlustarme Signalübertragung auch für sehr hohe Frequenzen erlaubt. Im Projekt wurden HF-Teststrukturen über eingebetteten Chips aufgebaut, wobei demonstriert werden konnte, dass bei 40 GHz eine hohe Signalleistungsübertragung von über 90 Prozent bei einer Leitungslänge von 6 mm erreicht werden kann.

Glas-Vias und Glas-Interposer-Technologie

Glas wird in der Mikroelektronik derzeit hauptsächlich zum Abdecken elektronischer Bauelemente wie LEDs oder MEMS verwendet. Es ist jedoch auch als Substrat für elektronische Schaltungen und aufgrund seiner hervorragenden dielektrischen Eigenschaften für HF-Anwendungen interessant. Die glatte Oberfläche erlaubt die Realisierung ultrafeiner Verdrahtungen, und als transparentes Material ist es zudem für den Aufbau photonischer Bauteile geeignet. Von diversen Glas- und Maschinenherstellern wurden Methoden zur kostengünstigen Strukturierung von Glas entwickelt, die eine hochdichte Verdrahtung und somit die Integration von Glas in elektrische Aufbauten ermöglichen und vorantreiben. Zusammen mit Industriepartnern hat das Fraunhofer IZM eine Prozesstechnik zur hermetischen Metallisierung von Glassubstraten mit Durchkontaktierung entwickelt und auf Basis der Dünnschichttechnik eine Umverdrahtung auf dem Glassubstrat realisiert. Um die Eignung glasbasierter Packages für HF-Anwendungen zu prüfen, wurden Demonstratoren mit HF-Teststrukturen aufgebaut und die elektrischen Materialeigenschaften des Glases für verschiedene Frequenzen bis zu 100 GHz charakterisiert.

Prozessentwicklung für Cu-Cu-Hybrid-Bonding

Am Fraunhofer IZM ist ein neuer CMP-Prozess entwickelt worden, der ein sehr gutes Planarisierungsverhalten über den gesamten 300 mm-Wafer in Gegenwart von Kupfer und Oxid aufweist (DBI). Neben der Stufenhöhe konnte die erforderliche sehr gute Oberflächenrauigkeit für beide Materialien durch diesen Prozess erzielt werden. Diese Cu-Cu-Hybrid-Bondtechnologie auf 300 mm-Wafern wird insbesondere durch neue Materialien und eine sehr präzise Prozesskontrolle ermöglicht (Patent Ziptronix).

1 Fine-pitch-Verbindungen: Indium Micro Bumps (6 µm Durchmesser, 10 µm Pitch)

2 SMT-kompatible Wafer Level Chip Size Package eines SAW-Filters mit Kappe auf dem aktiven Bereich

3 FOWLP-Umverdrahtung auf eingebettetem Siliziumchip

4 Cu Pillars geplatet mit SnAg-Kappe vor dem UBM-Ätzen

FORSCHUNGS-CLUSTER MATERIALIEN & ZUVERLÄSSIGKEIT



MATERIALIEN & ZUVERLÄSSIGKEIT AM FRAUNHOFER IZM

Zuverlässigkeit und Umweltverträglichkeit sind Eigenschaften, deren Bedeutung bei der Entwicklung elektronischer Baugruppen und Systeme in den letzten Jahren stark zugenommen hat. Das Fraunhofer IZM kombiniert schon seit der Gründung Forschung auf dem Gebiet der Zuverlässigkeit elektronischer Baugruppen sowie deren Umwelteigenschaften mit der Entwicklung neuer Technologien. So werden auf der Grundlage von Modellen zum Materialverhalten und zur mechanischen Zuverlässigkeit Bewertungen von Materialien bis hin zu Systemen durchgeführt. Dabei kommen neben Simulationsverfahren auch laseroptische, röntgenographische und werkstoffkundliche Untersuchungen einzeln und in Kombination zur Anwendung.

HIGHLIGHT 2015

Aufbautechnik und Zuverlässigkeitsabsicherung für Temperaturen bis 300 °C

Wenn Sensoren und ihre Datenvorverarbeitung bei Temperaturen über 200 °C eingesetzt werden, sind völlig neue Anforderungen an die Halbleitertechnologie, die Aufbau- und Verbindungstechnik sowie die Substrat- und Gehäusematerialien zu stellen. Dieser Herausforderung geht der Verbund aus den Fraunhofer Instituten IMS Duisburg, ENAS Chemnitz, IKTS Dresden, IWM Halle und IZM Berlin im Projekt HOT-300 nach. Ziel ist ein zuverlässiger Betrieb für Sensorkomponenten, integrierte Schaltung und Chipkondensator auf einem Keramikträger auch bei Temperaturen von bis zu 300 °C. Einen wichtigen Aspekt des Projekts nimmt dabei die Methodik der Zuverlässigkeitsabsicherung durch Test, Materialprüfung und Simulation ein, um nicht nur den Nachweis für eine Hochtemperaturbeständigkeit zu liefern, sondern auch die Auslegung neuer Hochtemperatursysteme gezielt unterstützen zu können.

Im Fokus der Untersuchungen am Fraunhofer IZM stehen Projektbeiträge zur Aufbau- und Verbindungstechnik sowie zur Zuverlässigkeitsmethodik. Für das 300 °C-Ziel wurde bereits in der Vergangenheit eine Reihe von Verbindungstechniken mit Potenzial identifiziert. Jedoch blieb die Frage offen, welche Kombination aus Chipgeometrie, Chipmetallisierung, Verbindungstechnik und Substratmetallisierung einer derart hohen Belastung standhalten kann, die ein Temperaturwechsel von 300 °C auf -40 °C bedeutet. Diese Frage wird nun im Projekt systematisch geprüft. Durch das hier durchgeführte Testprogramm in der Kombination von Technologieentwicklung, Test und Modellbildung werden wichtige Grundlagen geschaffen. Auf der Basis dieser Ergebnisse kann in Folgeprojekten in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IZM ein neu gestecktes Hochtemperaturziel mit erweiterten Randbedingungen schneller und kostengünstiger erreicht werden als zuvor.

Im Einzelnen wurden bisher Flip-Chip-Verbindungstechniken in einem neuen Testschrank und einem eigens entwickelten In-Situ-Monitoringsystem geprüft sowie Fehlermechanismen analysiert und eine Variante auf der Basis einer AuSn-Metallisierung identifiziert. Dazu wurden die Halbleiter zunächst auf Wafer Ebene metallisiert und anschließend vereinzelt verarbeitet. Für Leadframe-basierte Aufbauten wurde ein Die-Attach auf Basis einer Silbersinter-Verbindung realisiert. In Modell und Experiment konnten hier wesentliche Design- und Werkstoffmerkmale identifiziert werden. In der Folge war ein zuverlässiger Betrieb von über 1.000 Temperaturwechseln von 300 °C auf -40 °C möglich.

Kontakt:
Dr.-Ing. Olaf Wittler
olaf.wittler@
izm.fraunhofer.de

Temperaturwechseltests
mit Onlinemonitoring für
den erweiterten Einsatz-
bereich bis 300 °C

ENVIRONMENTAL & RELIABILITY ENGINEERING

Die Abteilung

Die Berücksichtigung von Zuverlässigkeits- und Umweltaforderungen in der Entwicklung ist mittlerweile ein anerkanntes Qualitätsmerkmal, das auch jenseits der Erfüllung gesetzlicher Forderungen stattfindet. Die Abteilung »Environmental and Reliability Engineering« unterstützt technische Entwicklungen auf dem Weg zur Marktreife durch Umwelt- und Zuverlässigkeitsuntersuchungen von der Nanocharakterisierung bis zur Bewertung und Optimierung auf Systemebene.

Es werden sowohl disziplinübergreifende Ansätze weiterentwickelt als auch konkrete Industrieanfragen bearbeitet:

- Systemzuverlässigkeit von der AVT bis zur Produktebene
- Design for Reliability und Lebensdauersimulationen
- Materialcharakterisierung und Modellierung
- Thermisches Design, Thermal-Interface-Charakterisierung
- Kombinierte und beschleunigte Belastungstests
- Alterungs- und Ausfallanalysen, Probenpräparation und Analytik
- Testbarkeit und Online-Überwachung u. a. bei beschleunigter Alterung
- Methoden und Vorgehensweisen für Zustandsüberwachung von Elektronik
- Zuverlässigkeitsmanagement in der Entwicklung
- Eco-Reliability mikroelektronischer Konzepte
- Carbon Footprint, Green IT, Einsatz nachwachsender Rohstoffe
- EcoDesign, Lebenszyklusmodellierung
- Umweltgesetzgebung (u. a. RoHS, WEEE, EuP/ErP)

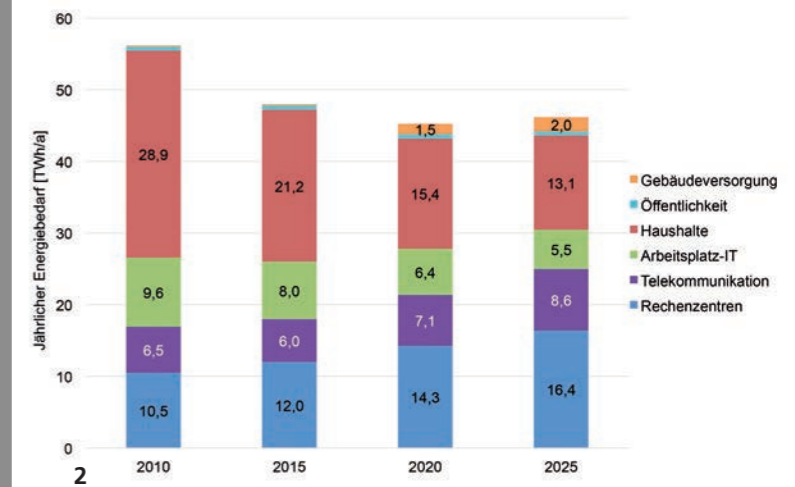
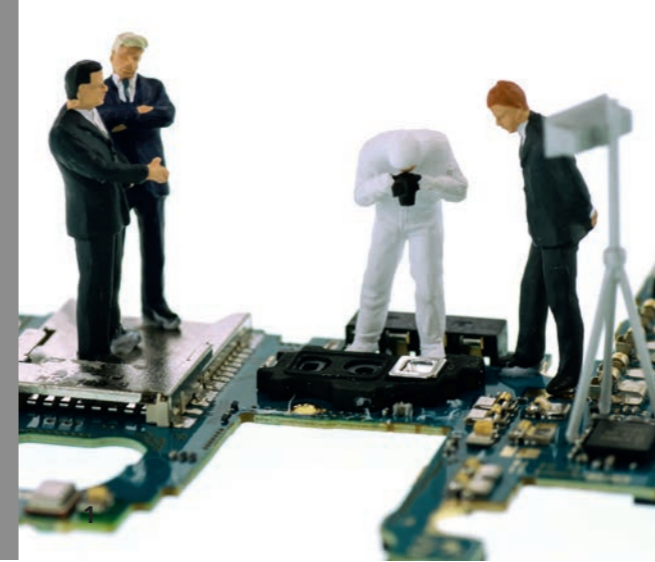
Trends

In der Vergangenheit waren Umweltschutzmaßnahmen fokussiert auf die Vermeidung von Umweltgiften und auf die Erhöhung der Energieeffizienz der produzierten Güter. Ein Großteil der Energie und der Materialien werden aber bereits durch die Herstellung selbst gebunden. Dementsprechend richtet sich die globale Zielstellung nun auf die Energie- und auf die Materialeffizienz, die durch eine „Circular Economy“ erreicht werden sollen. Die Europäische Kommission hat dazu 2015 ein umfassendes Maßnahmenpaket formuliert. Auch in den Unternehmen wird dieses Thema derzeit vermehrt diskutiert. Es geht darum, dass Produkte bezüglich ihres Lebenszyklus geplant und optimiert werden sollen. Folgende, vielfältig auszugestaltende Bereiche gewinnen dabei an Bedeutung:

- Recycling
- Aufbereitung
- Wartungs- und Reparaturfähigkeit
- Modularisierung
- Langlebigkeit

Das Fraunhofer IZM bindet diese Aspekte der Nachhaltigkeit und Langlebigkeit in Zusammenarbeit mit seinen Partnern in laufenden und geplanten Forschungsprojekten verstärkt ein und berücksichtigt sie – einzeln oder kombiniert – in der Effizienzbewertung, bei der technologischen Umsetzung bis zur systembezogenen Zuverlässigkeitsabsicherung. Dabei finden sich vorwiegend folgende Anwendungsfelder:

- Mobile Endgeräte
- IKT und Netzwerktechnik
- Autonome Sensorik
- Leistungselektronik
- Photonik und Beleuchtung



AKTUELLE FORSCHUNGSERGEBNISSE

Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland

Für das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) untersuchte das Fraunhofer IZM in Zusammenarbeit mit dem Borderstep Institut für Innovation und Nachhaltigkeit den bisherigen bzw. prognostizierten Stromverbrauch der Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) in Deutschland für die Jahre 2010 bis 2025. Es zeigte sich ein momentaner Trend zum abnehmenden Verbraucher. Der Energiebedarf lag im Jahr 2015 bei ca. 48 TWh. Die Ursache dafür liegt – nicht zuletzt wegen der europäischen Ökodesignrichtlinie – in den weitestgehend technisch optimierten und energetisch regulierten Endgeräten, wozu das Fraunhofer IZM im Rahmen der produktspezifischen Vorstudien einen großen Beitrag geleistet hat. Mittelfristig wird der IKT-bedingte Strombedarf aufgrund der stark wachsenden Segmente der Rechenzentren und Telekommunikationsnetze aber wieder steigen. In den Fokus der aktuellen Handlungsempfehlungen rückt daher die energetische Optimierung von Telekommunikationsnetzen und Rechenzentren.

Modularer Aufbau mobiler Endgeräte und deren Wiederverwendung

Das Fraunhofer IZM hat in einem europäischen Projekt verschiedene Unternehmen zusammengebracht, um den Aufbau mobiler Endgeräte unter dem Blickwinkel der Circular Economy grundsätzlich zu überdenken: Ein modularer Aufbau vereinfacht den Austausch defekter Teile und verlängert somit die Produktlebensdauer. Bei einzelnen Baugruppen ermöglicht die Embedding-Technologie – verbunden mit neuartigen Kontaktierungstechniken – Ressourceneinsparungen, höhere Zuverlässigkeit und die Wiederverwendung hochwertiger Halbleiterbauelemente. Eine Prozessautomatisierung in der Demontage erlaubt die ökonomische Weiterverwendung von Komponenten in anderen Produkten. Fairphone, Circular Devices, iFixit, AT&S und ProAutomation sind einige der Firmen, die an diesen Entwicklungen mitwirken.

Zuverlässige piezoelektrische Energieversorgung für autarke Sensormodule

Im durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Forschungsprojekt PETra werden aktuell Verfahren entwickelt, die es ermöglichen, piezoelektrische Energiewandler zuverlässig und langlebig auszulegen. Dabei wird der gesamte Prozess von der Piezokeramik über die Energiewandlung und Montagetechnik in Modellen bis zu anwendungsnahen Testverfahren berücksichtigt. Es kooperiert hier ein Berliner Verbund, der regional die Wertschöpfungskette von der Forschung am Fraunhofer IZM über die Entwicklung (AMIC GmbH und AEMtec GmbH) bis zur Anwendung (Yacoub Automation GmbH) abbilden kann. Erste Demonstratoren und Modelle wurden bereits erfolgreich verifiziert. Sie bilden eine wichtige Grundlage für die verschiedenen Anwendungen von drahtlosen und autarken Sensormodulen.

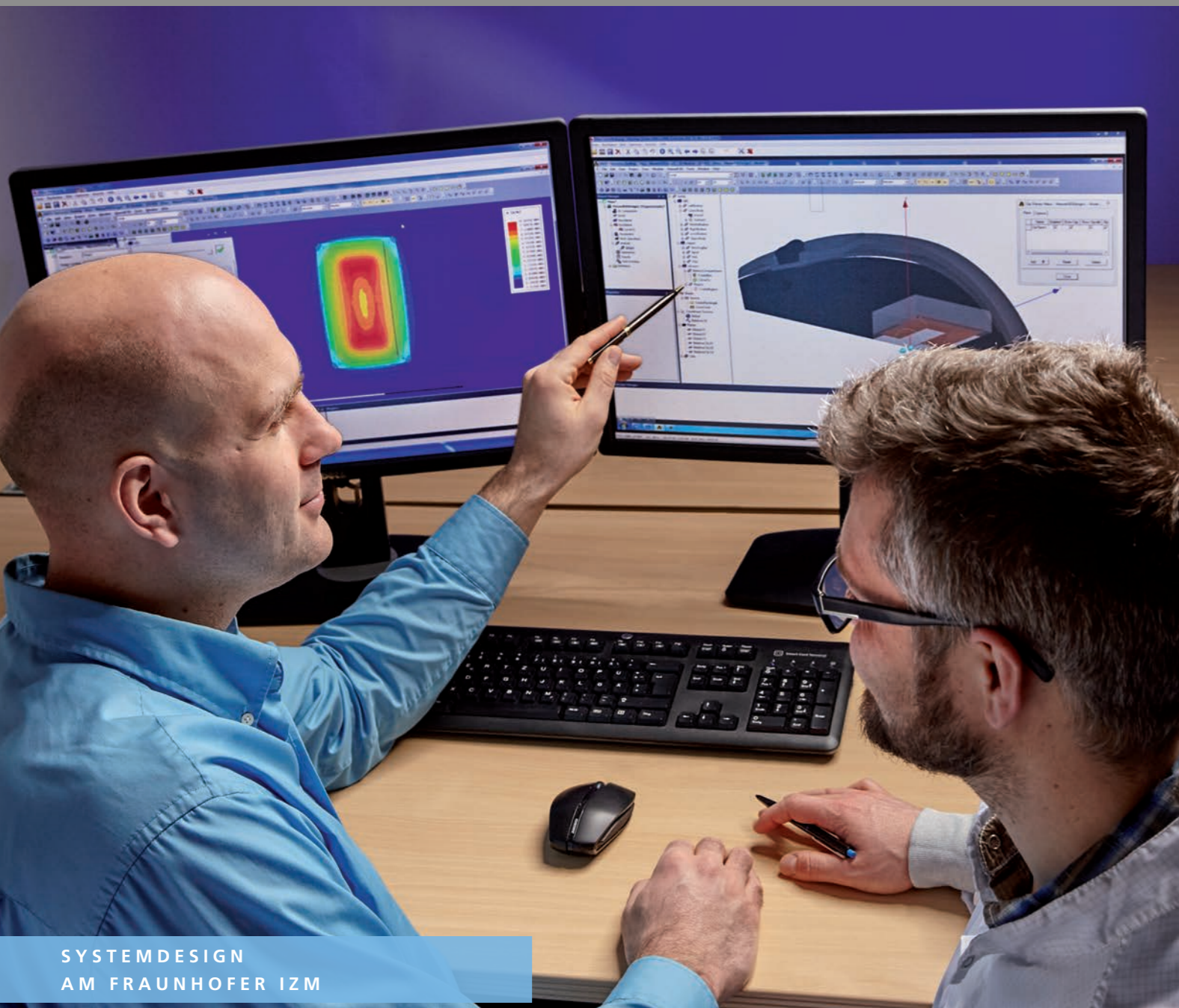
1 Untersuchung aktueller Smartphones zur Ableitung einer automatisierten Demontagestrategie

2 Auswertung und Prognose des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland

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

Dr.-Ing. Olaf Wittler
olaf.wittler@izm.fraunhofer.de
Telefon +49 30 46403 -240

FORSCHUNGS-CLUSTER SYSTEMDESIGN



SYSTEMDESIGN AM FRAUNHOFER IZM

Packaging- und Systemintegrationstechnologien sind die fundamentalen Bausteine aller modernen mikroelektronischen Systeme. Sie bestimmen u.a. deren physikalische und elektrische Funktionalitäten sowie deren Zuverlässigkeit. Aufgrund der weiter voranschreitenden Miniaturisierung, der zunehmenden Komplexität und steigenden Taktfrequenzen bzw. Datenraten müssen die Packaging- und Systemintegrationstechnologien weiterentwickelt und bezüglich ihrer elektrischen, thermischen und thermo-mechanischen Eigenschaften genauer charakterisiert und optimiert werden. Genau hier, in der Kombination von exzellenter Technologieentwicklung, ausgefeiltem elektrischem Design und elektrischen, thermischen und thermo-mechanischen Modellierungs-, Simulations- und Analysetechniken, liegt die Stärke des Fraunhofer IZM. Gleichzeitig schlägt das Fraunhofer IZM mit dem Systemdesign die Brücke zum aufnehmenden System.

HIGHLIGHT 2015

Wireless Power Systems

Ob im Büro, zu Hause oder in der Freizeit: Mobile Endgeräte liegen im Trend. Parallel zur Verbreitung steigt auch die Leistungsfähigkeit dieser Geräte, der Energiebedarf nimmt entsprechend zu und der Akku muss häufiger aufgeladen werden. Dies geschieht üblicherweise durch ein Steckernetzteil mit Kabelanschluss. Jetzt könnte es mit dem Vorteil der mobilen Nutzung vorbei sein: Wenn man keine Steckdose findet, wenn trotz der weitgehenden Vereinheitlichung der geräteseitigen Stecker kein Netzteil aufzutreiben ist oder der mobile Betrieb ein dichtes oder sogar explosionsgeschütztes Gehäuse fordert und keinen Stecker erlaubt.

Eine Lösung bietet hier die drahtlose, induktive Energieübertragung zur Aufladung des Akkus, wie sie in verschiedenen Mobiltelefonen bereits eingesetzt wird. Die Integration einer entsprechenden Ladefunktion erfordert umfangreiches Wissen in den Bereichen des elektronischen System- und Schaltungsdesigns sowie der Auslegung geeigneter Übertragungsspulen.

Im Rahmen des europäischen Forschungsprojekts »Wireless Power Systems« (WIPOS) wurde eine systematische Vorgehensweise erarbeitet, welche Unternehmen in die Lage versetzt, effizient induktive, drahtlose Ladesysteme für ihre Produkte zu entwickeln und zu implementieren. Im Fokus der Arbeiten standen die elektronische Schaltungstechnik sowie die Aufbautechnik.

Am Beispiel einer drahtlosen Computermaus wurden Aspekte der Bauteilwahl, der Energieeffizienz und der Spulenrealisierung untersucht und derart anwendungsnah aufbereitet, dass der Entwicklungsaufwand im Unternehmen reduziert werden kann. Ein Schwerpunkt lag dabei auf der Realisierung planarer Spulen in kostengünstiger Leiterplattentechnologie. Die Ergebnisse wurden in Software-Tools zur Unterstützung der Schaltungsauslegung und des Spulendesigns implementiert. Am Ende des Projekts erfolgte zu Demonstrationszwecken die Entwicklung und Integration eines Lademoduls in das Batteriefach einer handelsüblichen drahtlosen Maus sowie in die entsprechende Ladestation.

Kontakt:
Christian Tschoban
christian.tschoban@
izm.fraunhofer.de

Rechnergestützter Entwurf
der Empfängerspule für eine
drahtlose Ladevorrichtung,
integriert in eine Compu-
termaus



RF & SMART SENSOR SYSTEMS

Die Abteilung

Die Abteilung »RF & Smart Sensor Systems« steht für die technologieorientierte Systemkompetenz des Fraunhofer IZM. Exemplarisch für die Kompetenz der Abteilung seien autonome Mikrosysteme genannt, deren Entwicklung vom eGrain über den autarken Sensorknoten bis hin zu »Cyber Physical Systems« im »Internet der Dinge« maßgeblich mitgeprägt wurde. Die Abteilung entwickelt Methoden, Modelle und Entwurfsmaßnahmen für neue mikroelektronische Komponenten und Module sowie für Systeme in Kommunikations-, Radar- und Sensoranwendungen. Werkzeuge für den optimierten Entwurf runden das Angebot ab. Die Schwerpunkte der Arbeiten der Abteilung liegen in den nachstehenden Bereichen:

- HF-Charakterisierung von Packagingmaterialien und Technologieoptimierung
- Entwurf und Integration miniaturisierter drahtloser Sensorensysteme
- Energieversorgung und Energiemanagement mikroelektronischer Systeme
- HF- und High-Speed-Systementwurf
- Physical Design Tools und Software

Dienstleistungen in der Zukunft basieren auf der Forschung und Entwicklung von heute. Die Forschungsintensität der Abteilung manifestiert sich in der Präsenz bei wichtigen Tagungen und in der Mitarbeit an einer Vielzahl von Forschungsprojekten.

Trends

Aktuelle Schlagworte wie »Internet der Dinge«, »Industrie 4.0« und Cyber Physical Systems bestimmen nach wie vor unsere Arbeiten. Die Machine-to-Machine-Kommunikation mit der sicheren Remote-Übermittlung von Daten nimmt an Bedeutung zu. Bei den Sensoren sind autarke Funksensorensysteme mit auf Energieeffizienz getrimmten Betriebssystemen, einer effizienten Datenvorverarbeitung und -reduktion gefragt. Geschlossene Datenketten vom Sensor bis hinein in die IT-Infrastruktur sind für den Anwender wichtig.

Echtzeitfähigkeit, Robustheit, Sicherheit und hohe Datenraten werden wichtige Kriterien für die drahtlose Vernetzung. 5G-Mobilfunknetze und 60-GHz-Kommunikationssysteme bieten hier Lösungen. Zusätzliche Funktionalitäten werden von steuerbaren Antennen erwartet. Ein Ansatz, der auch in der Radarsensorik genutzt werden kann. Hier wie auch bei den Funkschnittstellen liegt in der Kombination unterschiedlich frequenter Schnittstellen ein erhebliches Innovationspotenzial.

Die Bedeutung der Systemkonzeptionierung nimmt weiter zu, was eine stärkere Verzahnung des Schaltungsdesigns mit der Technologieentwicklung notwendig macht. Ein Hardware-Software-Codesign wird ebenso unabdingbar wie neue Konzepte zur Energieversorgung der autark operierenden Sensorknoten.

AKTUELLE FORSCHUNGSERGEBNISSE

Satelliten-Kommunikationsplattform bis 75 GHz

In Zusammenarbeit mit den Firmen IMST GmbH und HISATEC wird derzeit ein neuartiges Aufbaukonzept für eine SatCom-Kommunikationsplattform entwickelt. Dabei liegt der Fokus auf den Frequenzbändern K/Ka-Band (18-40 GHz) sowie Q/V-Band (40-75 GHz). Für jedes Frequenzband wird eine für den jeweiligen Frequenzbereich optimale Technologie ausgewählt, es werden Aufbaukonzepte entwickelt und Demonstratoren für eine vollständige Kommunikationseinheit mit Antennenmodul, RF-Frontend und Basisband aufgebaut.

Energieautarke Sensornetzwerke für das Monitoring von Hochspannungsleitungen

Das autarke Sensornetzwerk ASTROSE® überwacht betriebsrelevante Parameter von Hochspannungsfreileitungen, um deren Durchleitungskapazitäten optimal ausnutzen zu können. Feldversuche ergaben, dass so Kapazitätsreserven in Höhe von 20 Prozent gehoben werden können. Für dieses gemeinsam mit den Kollegen vom Fraunhofer ENAS entwickelte System werden Softwarewerkzeuge zur Ablage der gewonnenen Daten in einer relationalen Datenbank bereitgestellt. Darüber hinaus sorgt die Benutzeroberfläche für eine bessere Visualisierung und komplexere Auswertung der Daten.

Silizium-integrierte Mikrobatterien

Durch Nutzung von Prozessen der Silizium-Wafertechnologie des Fraunhofer IZM werden hunderte kleinster Lithium-Mikrobatterien in einem Fertigungsdurchlauf hergestellt. Die Batterien erreichen eine Kapazität von ca. 1 mAh/cm² und erlauben derart hohe Ströme, dass ein Entladen innerhalb von 10 Minuten möglich ist. Die Batterieelektroden für diese Mikrobatterien werden streifenförmig als so genannte Interdigitalelektroden hergestellt. Außerdem wurde eine Technologie zur mikrofluidischen Elektrolytfüllung und zur Verkapselung auf Waferebene entwickelt.

Entwicklung eines Stressmesssystems zur Erfassung mechanischer Belastungen von Halbleitern und Mikrosystemen durch das Packaging und durch Produktionsprozesse

Die Belastung auf ein Bauteil in Folge von Verarbeitungsprozessen und durch Umwelteinflüsse während des Betriebs wird mit Hilfe eines sensorischen ICs überwacht, der die im Package an der Komponente auftretenden Kräfte (Spannungen) misst und quantifiziert. Die Hardware besteht aus einem Industrie-PC, einer Standard-Messkarte und speziell entwickelter Hardware. Stromversorgung, Signalgenerator sowie das Frontend zum Messchip wurden insbesondere unter den Aspekten Messgenauigkeit, Miniaturisierung und Leistungsaufnahme optimiert.

1 Energieautarkes Funksensorensystem zur Überwachung der Neigung von Hochspannungsleitungen

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

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

FRAUNHOFER IZM VERANSTALTUNGEN



Events und Workshops

Seite 60

Veranstaltungen 2016

Seite 66

Nachwuchsförderung am Fraunhofer IZM

Seite 68



EVENTS & WORKSHOPS

AdaptSys-Zentrum wurde am 1. September 2015 eröffnet
Endprodukte und Mikroelektronik werden eins miteinander – das verspricht ein neues Zentrum, in das die Europäische Union, das Land Berlin, das Bundesforschungsministerium sowie die Fraunhofer-Gesellschaft rund 40 Millionen Euro investiert haben. Am 1. September 2015 wurde das Zentrum namens »AdaptSys« eröffnet. Für die Grußworte konnte das Fraunhofer IZM Persönlichkeiten aus Politik und Wissenschaft gewinnen: Cornelia Yzer, Senatorin für Wirtschaft, Technologie und Forschung, Prof. Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft und Dr. Stefan Mengel, Referatsleiter »Elektroniksysteme, Elektromobilität« im Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Im Innovationszentrum AdaptSys werden Methoden und Verfahren entwickelt, die es ermöglichen, dass beliebige Produkte wie Autositze, Werkzeuge, Küchengeräte und selbst Textilien nicht wie bislang gefertigt und Elektronik sowie Sensorik nachträglich montiert werden müssen. Stattdessen werden die elektronischen Systeme bereits während des Herstellprozesses integriert, herkömmliche Bestandteile des Endprodukts werden dabei funktional beteiligt.

Hierdurch lassen sich Wertschöpfungsketten enger verzahnen und übergreifende Synergien zwischen teilweise artfremden Branchen erreichen. Das schafft Wettbewerbsvorteile für kooperierende Industrieunternehmen und Arbeitsplätze. Allein am Fraunhofer IZM, in dem das Zentrum entsteht, werden damit in Berlin langfristig über 200 Arbeitsplätze gesichert. Cornelia Yzer, Senatorin für Wirtschaft, Technologie und Forschung: »AdaptSys macht den Forschungsstandort Berlin national und international zur ersten Adresse im Feld der elektronischen Systemintegration. Die hochmodernen Labore auf

Weltklassenniveau ermöglichen Innovationen und Technologieentwicklungen für Industrie-4.0-Anwendungen und das Internet der Dinge. Damit ist AdaptSys ein wichtiger Trumpf in der Digitalisierungsmetropole Berlin.«

Signal and Power Integrity (SPI) Conference 2015

Unter der Leitung von Dr. Ivan Ndip war das Fraunhofer IZM 2015 der Ausrichter des 19. IEEE-Workshops on Signal & Power Integrity. Mehr als 80 Teilnehmer aus 21 Ländern kamen vom 10.-12. Mai 2015 in Berlin zusammen, um ihre aktuellen Arbeiten aus dem Bereich der Signal- und Powerintegrität vorzustellen und zu diskutieren. Im Mittelpunkt standen Ergebnisse aus den Bereichen Interconnect-Modellierung, Simulation und Messung auf Chip-, Board- und Packageebene.

XII. ITG-Workshop »Optische Komponenten für Cloud-Datencenter«

Die Informationstechnische Gesellschaft im VDE und die Hochschule Harz in Wernigerode, richteten am 20. Mai 2015 einen Workshop zum Thema »Optische Komponenten für Cloud-Datencenter« am Fraunhofer IZM in Berlin aus. Internationale Referenten informierten die Teilnehmer über zukünftige Trends und Entwicklungen im Bereich der photonischen Komponenten und Aufbautechnik für optische Sensorik, optische Nachrichtentechnik und Silicon Photonics.

¹ V.l.n.r. Prof. Reimund Neugebauer, MinR Dr. Stefan Mengel, Cornelia Yzer, Prof. Klaus-Dieter Lang bei der Eröffnung des AdaptSys-Zentrums





Leistungszentrum »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik«

Am 17. Juni 2015 fand in Dresden im Beisein vom Ministerpräsident des Freistaates Sachsen, dem Präsidenten der Fraunhofer-Gesellschaft und weiteren federführenden Akteuren sowie Gästen aus Industrie und Politik die feierliche Eröffnung des Leistungszentrums »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik« statt. In dem als Pilotvorhaben konzipierten Leistungszentrum schließen sich Wissenschaftler/innen von vier Fraunhofer-Instituten, der Technischen Universitäten in Dresden und Chemnitz sowie aus Unternehmen zusammen, um Forschungsergebnisse schneller in innovative Produkte umzusetzen. Ziel ist es, den Forschungsstandort Dresden/Chemnitz zu stärken, die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft der Industrie in den Bereichen Sensorik und Aktorik, Messtechnik sowie im Maschinen- und Anlagenbau zu fördern und die vorhandene Forschungs-Exzellenz auszubauen. Das Center »All Silicon System Integration – ASSID« des Fraunhofer IZM bringt hierbei insbesondere seine umfangreichen Kompetenzen im Bereich heterogene Systemintegration ein.

Workshop Micro Battery and Capacitive Energy Harvesting

Im EU-Projekt MATFLEXEND werden Mikrobatterien in Kombination mit kapazitiven Wandlern zur Gewinnung von Energie entwickelt. Hier stehen der Einsatz flexibler Materialien und die mechanische Anpassung im Vordergrund, die in Anwendungsbereichen wie »Wearable Electronics« und Textilintegration notwendig sind. Die Ergebnisse des Projekts wurden am 27. April 2015 in Berlin im Rahmen eines Workshops präsentiert und mit den Experten diskutiert. Dabei wurde die gesamte Breite von der Materialentwicklung bis zur Device-Optimierung und Simulation behandelt. Ein besonderes Highlight für die 52 Teilnehmer waren IZM-Demonstratoren, wie zum Beispiel ein solar-gespeistes Bluetooth-Low-Energy-Funkmodul mit einer Silizium-Mikrobatterie als Energiespeicher.

Das Fraunhofer IZM auf der ECTC in San Diego

Vom 26.-29. Mai fand zum 65. Mal die Electronic Components and Technology Conference (ECTC) statt, dieses Mal im kalifornischen San Diego. Das Fraunhofer IZM war in unterschiedlichster Weise vertreten und lieferte zahlreiche Beiträge zu der weltweit bedeutendsten Konferenz im Bereich Aufbau- und Verbindungstechnik.

In halbtägigen Kursen gaben Ivan Ndip und Michael Töpfer (»Fundamentals of Electrical Design and Fabrication Processes of Interposers Including Their RDLs«) sowie Tanja Braun und Hans Walter (»Moisture and Media Influence on Microelectronic Package Reliability«) den Teilnehmern einen Einblick in ihre respektiven Arbeitsgebiete. Fünf weitere Kollegen waren mit Vorträgen auf der Konferenz vertreten. Auf der begleitenden Fachmesse zog der Stand des Fraunhofer IZM zahlreiche neugierige Besucher an.

Wafer & Waffles – Lange Nacht der Wissenschaften 2015

Zur diesjährigen Langen Nacht der Wissenschaften am 13. Juni lud das Fraunhofer IZM Neugierige jedes Alters ins Institut ein. Die Reinraumtouren haben sich inzwischen als Klassiker etabliert und lockten dieses Mal mit dem Motto »Wafer & Waffles«. Viele Besucher bestaunten – verpackt in reinraumgerechte Kleidung – die Herstellung großer Siliziumwafer, bei der kleinste Strukturen im Mikrometerbereich auf große Scheiben aufgebracht werden, um diese später wieder in einzelne Chips zu zersägen. Wer beim Zerteilen der Siliziumwafer Appetit auf ‚richtige‘ Waffeln bekam, konnte sich außerhalb des Reinraums entsprechend verköstigen lassen.

Das Innenleben einer modernen Spielkonsole erkundeten besonders gerne die jüngeren Besucher. Dabei ging es auch um den klugen Umgang mit Ressourcen im Bereich der Mikroelektronik. Dasselbe Thema wurde auch anhand zerlegter Tablets aufgegriffen, die Forscher vom Fraunhofer IZM schon seit einigen

Auswahl von Veranstaltungen unter Beteiligung des Fraunhofer IZM 2015	
OTTI Fachforum: Schutzmaßnahmen zur Klimasicherheit elektronischer Baugruppen	März 2015, Regensburg
Symposium 3D Integration	April 2015, Dresden
Girls' Day	April 2015, IZM Berlin
Workshop: Micro Battery and Capacitive Energy Harvesting	April 2015, IZM Berlin
Signal and Power Integrity (SPI) Konferenz	Mai 2015, Berlin
XII. ITG-Workshop »Optische Komponenten für Cloud-Datacenter«	Mai 2015, IZM Berlin
FED-Workshop »Qualität und Zuverlässigkeit von Leiterplatten und Baugruppen«	Mai / November 2015, Düsseldorf / Nürnberg
Lange Nacht der Wissenschaften – Haus der Mikrosystemtechnik	Juni 2015, IZM Berlin
EIPC Summer Conference Berlin	Juni 2015, Berlin
Clusterseminar: Einpresstechnik für leistungselektronische Baugruppen	Juli 2015, Nürnberg
PhoxTroT – 3rd Symposium on Optical Interconnect in Data Centers	September 2015, Valencia, Spain
Workshop: Reliability in Power Electronic Packaging	September 2015, Berlin
Lehrgang: Grundlagen Wellenlöten und Selektivlöten	Oktober 2015, Wessling-Oberpfaffenhofen
Fraunhofer Talentschule: Mechatronik Zukunftstechnologien von Morgen	November 2015, München
ECPE Workshop: Advances in Thermal Materials and Systems for Electronics	Dezember 2015, Nürnberg
Workshop: Sichere HighSpeed-Datenübertragung	Dezember 2015, IZM Berlin

1 V.l.n.r.:
 Thilo von Selchow, Vorstandsvorsitzender der Zentrum Mikroelektronik Dresden AG; Stanislaw Tillich, Ministerpräsident des Freistaates Sachsen; Prof. Reimund Neugebauer, Präsident der Fraunhofer-Gesellschaft; Prof. Hubert Lakner, Koordinator des Leistungszentrums; Prof. Dr. Hans Müller-Steinhagen, Rektor der Technischen Universität Dresden; Prof. Arnold van Zyl, Rektor der Technischen Universität Chemnitz bei der Eröffnung des Leistungszentrums »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik«

2 Unsere Wissenschaftler sehen überall gut aus!



Jahren auf Reparaturfreundlichkeit und Recycling untersuchen. Die Crew aus dem TexLab demonstrierte eindrücklich, dass es möglich ist, Mikroelektronik auch in Form von Fasern zu konzipieren und wir somit unsere Kleidung neu denken können. Sie zeigten leuchtende Abendkleider und T-Shirts, die mittels Sensoren zum Beispiel Herzfrequenz und Muskelaktivitäten messen.

Schließlich ermöglichte eine Infrarotkamera einen neuen Blick auf die Welt. Zwar sind ihre Sensoren eigentlich für die Thermographie feinsten elektronischer Bauteile konzipiert, für die begeisterten Besucher der Langen Nacht machte die Kamera aber reihenweise Bilder in Form von Thermographien ihrer selbst, die sie als Souvenirs mit nach Hause nahmen.

EMPC 2015 – 20. European Microelectronics and Packaging Conference

Vom 14.-16. September fand die 20. European Microelectronics and Packaging Conference (EMPC) in Friedrichshafen am Bodensee statt, organisiert vom deutschen Chapter der »International Microelectronics and Packaging Society« IMAPS. Das Fraunhofer IZM war an dem Event gleich mehrfach beteiligt - als Co-Organisator durch den IMAPS Deutschland-Vorsitzenden und IZM-Abteilungsleiter Prof. Schneider-Ramelow, als Aussteller mit einem Stand auf der begleitenden Fachmesse und mit diversen Beiträgen von IZM-Wissenschaftlern im Konferenzprogramm.

Neben drei Keynotes wurden in 22 Sessions 84 Vorträge und 25 Poster präsentiert. Damit wurde die EMPC zu einem eindrucksvollen Erlebnis für über 300 Konferenzteilnehmer aus 30 Ländern. Ein besonderes Highlight der Veranstaltung war die begleitende Fachmesse, auf der 45 Aussteller aus dem In- und Ausland Ihre Geräte und Dienstleistungen vorstellten.

Workshop Reliability in Power Electronic Packaging

Die Leistungselektronik hat sich in den letzten Jahren zu einem zunehmend wichtigen Bereich der Mikroelektronik entwickelt, als Querschnittstechnologie hat sie eine Schlüsselrolle in vielfältigen Anwendungen z. B. in Automobil-, Informations- und Kommunikationstechnik, Haushalts- und Gebäudetechnik und in der Industrieautomatisierung.

Am 17. September 2015 trafen sich Experten aus ganz Europa im Fraunhofer-Forum in Berlin, um im Workshop »Reliability in Power Electronic Packaging« die wichtigsten Trends und Entwicklungen in der Aufbau- und Verbindungstechnik für Leistungselektronik zu diskutieren. Themen waren unter anderem Leistungselektronik in rauen Umgebungen, Zuverlässigkeitsfaktoren und Ursachen für Versagensmechanismen.

Sichere HighSpeed-Datenübertragung

Die zunehmende digitale Vernetzung und Steuerung von kritischen Infrastrukturen wie Energie- oder Kommunikationsnetzen bietet Flexibilität, zusätzliche Funktionalitäten und Raum für neue Geschäftsmodelle. Sicherheit, Widerstandsfähigkeit und zuverlässige, effiziente Steuerbarkeit dieser Infrastrukturen werden daher immer wichtiger. Vor diesem Hintergrund wurden am Fraunhofer IZM am 8. Dezember 2015 sichere High-Speed-Datenübertragungen und Photonic basierte DataCenter diskutiert. Abhörsichere Leitungen waren dabei genauso Thema wie Tb/s-Datenverbindungen oder innovative Datenzentren- und Netz-Architekturen.

Messeauftritte des Fraunhofer IZM

Von Nürnberg über Grenoble, San Francisco, Tokio und Moskau bis Dresden – fast einmal rund um den Erdball reisten IZM-Wissenschaftlerinnen und -Wissenschaftler 2015, um neue IZM-Entwicklungen auf internationalen Tagungen und Messen zu präsentieren.

Ein besonderes Highlight war wie immer die SMT in Nürnberg, wo das Fraunhofer IZM aktuelle Trends in den Bereichen Packaging für raue Umgebungen, Sensornetzwerke, Wafer- und Leiterplattentechnologien und Elektronik in Textilien vorstellte. Neben dem eigenen Stand organisierte das Fraunhofer IZM bereits zum sechsten Mal den Auftritt der Fertigungslinie »Future Packaging«, der in diesem Jahr ganz im Zeichen von Industrie 4.0 stand.

Eine Auflistung aller Messeaktivitäten finden Sie in der folgenden Tabelle.

Auswahl der Messeaktivitäten des Fraunhofer IZM 2015	
European 3D-TSV Summit	Januar 2015, Grenoble, Frankreich
Photonics West	Februar 2015, San Francisco, USA
Smart Systems Integration	März 2015, Kopenhagen, DK
SMT Hybrid Packaging	Mai 2015, Nürnberg
Sensor + Test	Mai 2015, Nürnberg
PCIM Europe	Mai 2015, Nürnberg
ECTC	Mai 2015, San Diego, USA
Semicon Russia	Juni 2015, Moskau, Russland
Silicon Saxony Day	Juli 2015, Dresden
Semicon West	Juli 2015, San Francisco, USA
EMPC	September 2015, Friedrichshafen
MST-Kongress	Oktober 2015, Karlsruhe
BMBF-Abschlussveranstaltung »Assistierte Pflege von morgen«	Dezember 2015, Erlangen
Semicon Japan	Dezember 2015, Tokio, Japan

1 EMPC 2015: Technical Chair Dr. Markus Detert, Grace O'Malley (iNEMI), General Chair Prof. Martin Schneider-Ramelow, General Co-Chair Ernst Eggelaar (v.l.n.r.)

2 Ins Gespräch vertieft – Institutsleiter Prof. Klaus-Dieter Lang mit Kunden am IZM-Messestand auf der SMT



VERANSTALTUNGEN 2016

Regelmäßige Workshops am Fraunhofer IZM

Auch im Jahr 2016 steht Ihnen unser umfangreiches Workshop-Programm zur Verfügung. Aus erster Hand erhalten Sie das Know-how unserer Experten.

Dabei können Sie zwischen drei Workshopkategorien wählen. Workshops der Kategorie Internationale Technologietrends zeigen Entwicklungen im Bereich der Technologie auf und liefern Antworten auf die Frage, welche Technologie die Entwicklung von morgen bestimmen wird. Workshops der Kategorie Trends für den Mittelstand behandeln ausgereifte Technologien, die bereits heute nutzbar sind. Hands-on-Workshops sprechen den Praktiker an und verbinden Wissenstransfer mit der praktischen Arbeit an der Maschine oder dem Gerät.

Je nach Nachfrage führen wir Workshops in den nebenstehenden Bereichen durch.

Wenn Sie Interesse haben, sprechen Sie uns an. Wir nennen Ihnen die Termine für die nächsten Workshops oder organisieren für Ihr Unternehmen individuelle Lehrgänge.

Weitere Informationen finden Sie auch unter www.izm.fraunhofer.de/veranstaltungen

[1] Lehrgänge zum Die- und Drahtbonden

Thema sind Qualitäts- und Zuverlässigkeitsaspekte von Bondverbindungen. Es werden praktische Bondversuche durchgeführt.

Inhalt:

- Die-, US-Wedge/Wedge- und TS-Ball/Wedge-Bonden
- Dickdraht- und Bändchenbonden
- Visuelle Qualitätsbeurteilung, Pull- und Schertestanalysen

Diese Veranstaltung wendet sich an Praktiker, Entwickler und Konstrukteure.

[2] Arbeitskreis Richtlinien-konformes Design für WEEE, RoHS und EuP

Im Arbeitskreis, der regelmäßig im Fraunhofer IZM tagt, werden Fragen und Probleme der Umsetzung der EU-Richtlinien WEEE, RoHS und EuP thematisiert.

Inhalt

- aktueller Stand der nationalen und internationalen Rechtslage
- Methoden und Werkzeuge für die Entwicklung umweltgerechter Produkte
- Deklaration von Inhaltsstoffen

Der Arbeitskreis wird vom ZVEI, der BITKOM und dem FED unterstützt. Die Leitung und Organisation des Arbeitskreises liegt beim Fraunhofer IZM.

Diese Veranstaltung richtet sich an Verantwortliche zur Umsetzung dieser Richtlinien aus Industrie- und Wirtschaft.

Termine: 16. Juni 2016 und 22. November 2016

[3] Arbeitskreis Systemzuverlässigkeit von Aufbau- und Verbindungstechnologien

Der Arbeitskreis ist seit mehreren Jahren ein Forum, in dem Herausforderungen und Lösungsansätze aus der industriellen Anwendung und Forschung mit Partnern aus der Industrie diskutiert und wissenschaftlich hinterfragt werden.

Inhalt

- Prozesseinflüsse, Whiskerbildung, Elektromigration
- Langzeitzuverlässigkeit
- Feldverhalten kompletter Systeme

Der Arbeitskreis wird vom ZVEI und dem FED unterstützt. Die Leitung und Organisation des Arbeitskreises liegt beim Fraunhofer IZM. Die Veranstaltung wendet sich an AVT-Experten aus Industrie und Forschung.

Termine: 25. April 2016 (Nürnberg), 5. Oktober 2016 (Berlin)

[4] Energieautarke vernetzte Systeme für Industrie 4.0

Energieautarke Sensornetzwerke sorgen an schwer zugänglichen oder beweglichen Stellen für die Daten zur Steuerung oder Überwachung von Funktionen. Davon profitieren die Bereiche Transport, Industrieautomatisierung sowie Produkt- und Produktionsüberwachung. Das Projektkonsortium PETra lädt zu einer Vernetzungsveranstaltung ans Fraunhofer IZM.

Inhalt

- Autarke Sensoren und robuste Systemintegration
- Cyber Physical Systems und Industrie 4.0
- Innovative Sensorkonzepte
- Anwendungsszenarien für autarke Sensoren
- Chancen und Innovationspotenzial
- Für risikobehaftete innovative Projektideen werden die Möglichkeiten öffentlicher Förderungen erläutert

Die Veranstaltung richtet sich an Unternehmen, die energieautarke Sensornetzwerke konzipieren, aufbauen oder einsetzen.

Termin: 24. Juni 2016

[5] Materialcharakterisierung für mm-Wellenanwendung

Es werden Möglichkeiten und Grenzen von verschiedenen Verfahren der Materialcharakterisierung präsentiert.

Inhalt

- Grundlagen der HF-Messtechnik
- Grundlagen der elektrischen Schwankung von dielektrischen Materialparametern
- Übersicht über State-of-the-Art-Methoden zur Materialbestimmung
- Praktische Durchführung von Tests

Dieser Workshop wendet sich an Material Supply-/RF-Designer

[6] Electronics Goes Green 2016

Zum fünften Mal veranstaltet das Fraunhofer IZM zwischen dem 7. und 9. September 2016 in Berlin unter dem Titel »Electronics Goes Green« (EGG) die weltweit größte Fachtagung zum Thema Umwelt in der Elektronik. Auf der Tagung werden Politiker, Umweltexperten und Techniker aus der ganzen Welt zusammentreffen, um aktuelle Trends in den Bereichen Nachhaltigkeit und Umweltaspekte in der Mikroelektronik zu diskutieren.

- Themenschwerpunkte werden unter anderem sein:
- Technologien für nachhaltige Entwicklung
- Lifetime Management
- Energieeffizienz
- Materialeffizienz
- Software und Daten
- Technologien der Zukunft
- Geschäftsmodelle: From Linear to Circular Thinking
- Innovative Wertschöpfung
- Nachhaltigkeitsmanagement
- Compliance und Zertifizierung

Termin: 7.- 9. September 2016



NACHWUCHSFÖRDERUNG AM FRAUNHOFER IZM

Die Zukunft unserer Branche fußt auf dem naturwissenschaftlichen Nachwuchs. Das Fraunhofer IZM fördert diesen seit 20 Jahren und profitiert schon lange selbst davon. Ein zentraler Pfeiler der Förderung ist die duale Berufsausbildung. Aber auch andere Möglichkeiten wie Praktika erlauben einen Einblick in die Ausbildungs- und Studienmöglichkeiten für naturwissenschaftliche (MINT-)Berufe. Auffällig und besonders erfreulich sind das zunehmende Interesse sowie die äußerst erfolgreiche Beteiligung junger Frauen.

Mädchen voran - Girls' Day am Fraunhofer IZM

Zum wiederholten Mal beteiligte sich das Fraunhofer IZM am 23. April 2015 am bundesweiten Girls' Day. Eine Gruppe von elf Mädchen hatte an diesem Tag die Chance, die Fraunhofer-Gesellschaft im Allgemeinen und das IZM insbesondere kennenzulernen. Nach einer kurzen Einführung ging es in die Praxis: Ein altes Handy wurde auseinandergenommen. Die Mädchen konnten so die Einzelteile bestimmen und das Handy anschließend wieder zusammensetzen. Im Anschluss durften die Mädchen in kleinen Gruppen selbst Hand anlegen z. B. bei der automatisierten Lötbestückung von Leiterplatten und dem Aufbau elektronischer Schaltungen. Eine Führung durch den Grauraum, von wo die Arbeit in verschiedenen Reinräumen beobachtet werden konnte, rundete den für die Mädchen aufregenden Tag am Fraunhofer IZM ab.

Austausch des Graduiertenkollegs Shanghai 2015

Das internationale Graduiertenkolleg, GRK »Materials and Concepts for Advanced Interconnects« wurde 2006 gegründet, gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft und das Chinesische Ministerium für Bildung. 2010 wurde das Projekt verlängert und um das Themengebiet »Materials and Concepts for Advanced Interconnects and Nanosystems« erweitert. Beteiligt sind vier Universitäten und zwei Fraunhofer-Institute: die Technische Universität Berlin, die Technische Uni-

versität Chemnitz, die Fudan Universität (Shanghai), die Shanghai Jiao Tong Universität sowie die Fraunhofer-Institute ENAS und IZM. Vom Fraunhofer IZM nimmt Piotr Mackowiak seit 2013 mit dem Forschungsfokus »Durchkontaktierung von Siliziumkarbid« am GRK-Programm teil. Er absolvierte 2015 eine dreimonatige Sommerschule an der Fudan Universität.

Julia Langberg – Ausbildungsabschluss als Kammerbeste

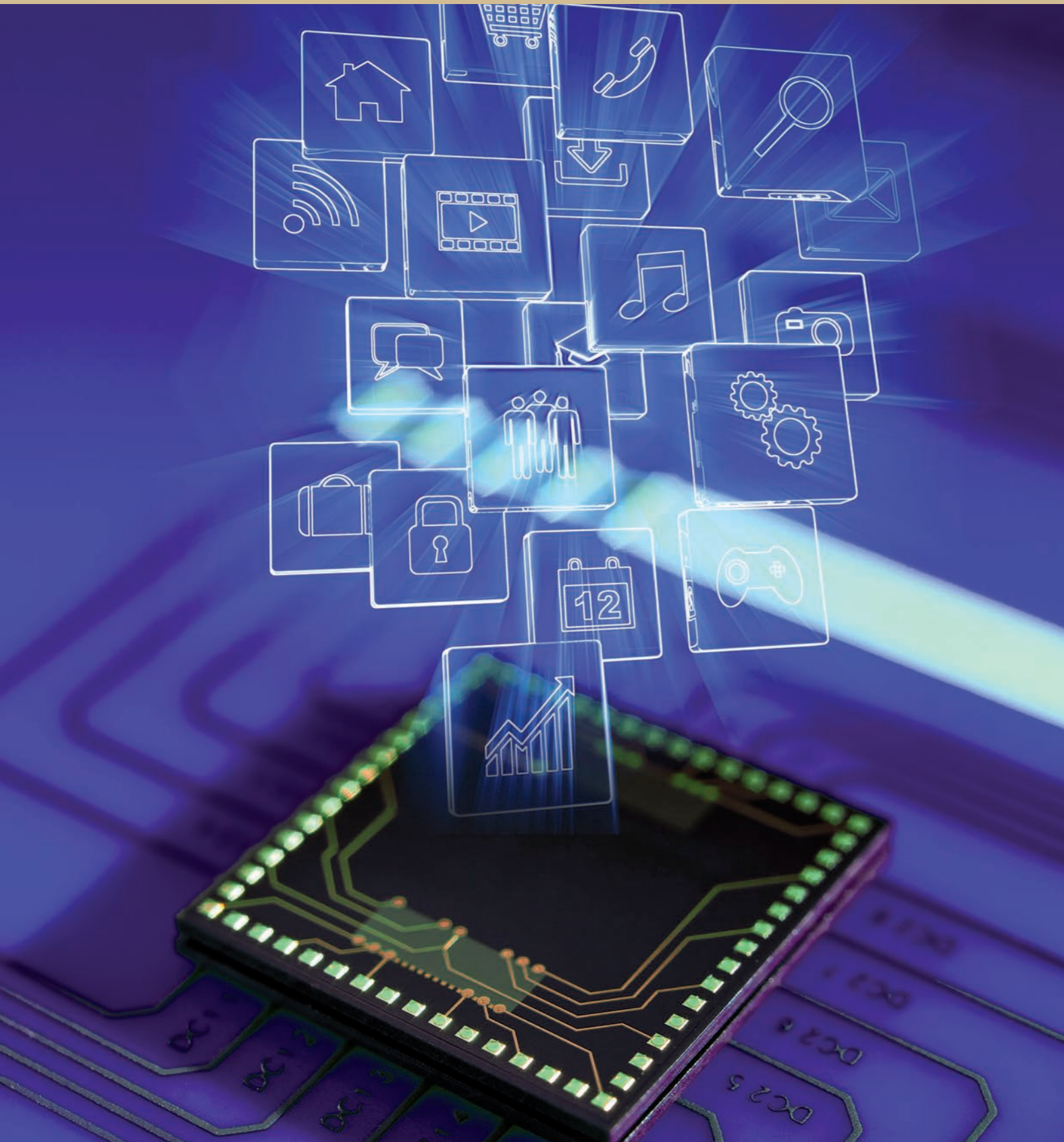
Wer seine Berufslaufbahn am Fraunhofer IZM beginnt, hat beste Chancen auf eine frühe Auszeichnung. So auch Julia Langberg, die ihre Ausbildung zur Mikrotechnologin im Sommer 2015 als IHK-Kammerbeste abschloss. Aber damit nicht genug, denn obendrein gehört sie auch zu den besten Azubis dieses Jahres innerhalb der Fraunhofer-Gesellschaft.

Während ihrer dreijährigen Ausbildung war Julia Langberg u. a. in den Arbeitsgruppen »Montage und Verkapselung« und »Einbettung und Substrate« tätig. Zum Wintersemester 2015/16 hat sie ein Studium der Materialwissenschaften begonnen und bleibt dem Fraunhofer IZM als studentische Hilfskraft erhalten.

¹ Julia Langberg (Mitte) wird als Kammerbeste und eine der besten Auszubildenden der Fraunhofer-Gesellschaft geehrt durch Vorstand Prof. Kurz (rechts), links Ausbilder Volker Bader



FRAUNHOFER IZM FACTS & FIGURES



Das Fraunhofer IZM in Fakten und Zahlen	Seite 72
Auszeichnungen	Seite 74
Dissertationen, Editorials, Best Paper	Seite 76
Vorlesungen	Seite 77
Mitgliedschaften	Seite 78
Kooperationen mit der Industrie	Seite 80
Publikationen	Seite 82
Patente und Erfindungen	Seite 88
Kuratorium	Seite 89
Kontaktadressen	Seite 90
Impressum	Seite 93



DAS FRAUNHOFER IZM IN FAKTEN UND ZAHLEN

Finanzielle Situation

Im Jahr 2015 konnte das Fraunhofer IZM gut an das Vorjahr anknüpfen. So gelang es, den Umsatz des Instituts im Jahr 2015 um weitere 1,5 Prozent auf eine Summe von 28,1 Millionen Euro zu steigern. Dies wurde im Wesentlichen durch Erträge von deutschen und internationalen Industrieunternehmen sowie Wirtschaftsverbänden erreicht, die mit einem Aufwuchs um 2,8 Prozent in Höhe von 11,1 Millionen Euro erlöst werden konnten.

Der Bereich der öffentlichen geförderten Projekte ging gegenüber dem Vorjahr etwas zurück. Hier konnten Projekte im Wert von 10,4 Millionen Euro bearbeitet werden.

Das Fraunhofer IZM deckte im Jahr 2015 seinen Betriebshaushalt zu 76,6 Prozent durch eingeworbene externe Erträge. Insgesamt konnten 21,5 Millionen Euro für die Finanzierung der laufenden Projekte eingebracht werden.

Geräteinvestitionen

Für laufende Ersatz- und Erneuerungsinvestitionen wurden im Jahr 2015 Eigenmittel in Höhe von 1,8 Millionen Euro aufgewandt.

Diese Mittel wurden zu großen Teilen eingesetzt, um die größeren Investitionsvorhaben der Vorjahre abzuschließen und in Betrieb zu nehmen. Dies betrifft in Oberpfaffenhofen den Aufbau des »Praxislabs Crimptechnologie« und in Berlin das »Innovationszentrum Heterointegrationstechnologien für applikationsadaptierte Multifunktionselektronik« (AdaptSys). Ein Teil dieser Gelder wurde eingesetzt, um die Geräteausstattung des Fraunhofer IZM mit einer Vielzahl gezielter Einzelmaßnahmen zu verbessern und die Effizienz vorhandener Anlagen zu erhöhen.

Weitere 1,8 Millionen Euro wurden eingesetzt um verschiedene kleinere Baumaßnahmen durchzuführen. In diesem Rahmen erfolgte unter anderem der Ausbau eines neuen Eingangs-

bereichs, der es ermöglicht, die Gäste des Fraunhofer IZM besser als bisher zu empfangen und zu betreuen. Dort befinden sich auch neu gestaltete Präsentationsflächen, auf denen sich das Institut seinen Kunden mit Highlights seines Leistungsspektrums vorstellen kann. Neue Veranstaltungs- und Schulungsräume schließen sich direkt daran. Teilnehmer an Veranstaltungen des Fraunhofer IZM können so im Rahmen des Programms nun zum Beispiel auch direkt in die neuen Laborflächen des AdaptSys oder in den Reinraum geführt werden, um die technischen Möglichkeiten unmittelbar in Augenschein zu nehmen.

Personalentwicklung

Durch den wirtschaftlichen Erfolg konnten am Fraunhofer IZM im Jahr 2015 zusätzliche Arbeitsplätze geschaffen werden. Der Personalbestand stieg von 223 auf 227 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an den Standorten Berlin, Dresden/Moritzburg und Oberpfaffenhofen.

Zusätzlich bietet das Institut Studentinnen und Studenten die Möglichkeit, Ihr Studium mit praktischer wissenschaftlicher Arbeit in den Büros und Laboren des Fraunhofer IZM zu verbinden. Zum Jahresende 2015 sind 119 Praktikanten, Diplomanden und studentische Hilfskräfte am Fraunhofer IZM betreut worden.

Das Fraunhofer IZM stellt sich weiterhin der Aufgabe, Ausbildungsplätze zur Verfügung zu stellen. Im Jahr 2015 wurden insgesamt zehn Auszubildende als Mikrotechnologen, Kauffrau für Bürokommunikation und Kaufmann für Büromanagement ausgebildet.

Das Fraunhofer IZM 2015

Umsatz	28,1 Millionen Euro
Externe Erträge	21,5 Millionen Euro (entspricht 76,6 Prozent)
Standorte	Berlin, Dresden und Oberpfaffenhofen
Anzahl Mitarbeiter	356 (davon 119 Studierende, Diplomanden, Praktikanten und 10 Azubis)



AUSZEICHNUNGEN

Design-Preis für Sensorsystem

Pünktlich zum Serienstart des ArtGuardian Systems als neuem System zur werkzentrierten Klimaüberwachung im Kunst- und Kulturbereich wurde dessen Sensoreinheit im Februar mit dem iF Design Award 2015 prämiert. Mit dieser renommierten Auszeichnung bestätigt sich das Konzept, innovative Technologien des Fraunhofer IZM mit attraktivem Design zu verbinden – eine Lösung, die im Markt der Klimaüberwachung bis dato nicht zu finden war. Eine spektakuläre Referenzanwendung war bereits im Vorfeld die (Klima)überwachung von Rembrandts »Jakobssegens«, dem wertvollsten Gemälde Hessens, das zu Beginn des Jahres als Leihgabe des Kasseler Museums Wilhelmshöhe in Amsterdam gezeigt wurde.

Fraunhofer IZM-ASSID erhält ISO-Zertifikat

Die International Certification Group (ICG) hat dem Center »All Silicon System Integration Dresden – ASSID« des Fraunhofer IZM im April ein Managementsystem in Übereinstimmung mit dem Standard DIN EN ISO 9001:2008 bescheinigt und für den Geltungsbereich »Forschung, Entwicklung und Dienstleistung im Bereich Electronic Packaging« zertifiziert. Damit hat das Fraunhofer IZM-ASSID einen weiteren wichtigen Meilenstein für qualifizierte, kundenspezifische Prozessentwicklung erreicht. Am Fraunhofer IZM-ASSID werden modernste Wafer-Level-Packaging- und Systemintegrations-Technologien für die 3D-Integration unter Anwendung von Silizium-Durchkontaktierungen (TSVs) entwickelt und im Rahmen eines Prototypings umgesetzt. Das Fraunhofer IZM-ASSID arbeitet auf diesem Gebiet eng mit Anlagen- und Materialherstellern zusammen.

Fraunhofer IZM-Team gewinnt Research Image Competition der ECM

Die Sieger der Research Image Competition im Rahmen des vierten ECM (International Symposium on Energy Challenges & Mechanics) kamen dieses Mal aus Berlin: Das Team um Robert Hahn mit Krystan Marquardt, Katrin Höppner und Marc Ferch erhielt die Ehrung für die Entwicklung einer Lithium-Ionen-Batterie mit interdigitalem Elektrodendesign. Zusammen mit der technischen Innovation wird bei diesem Wettbewerb die besonders gelungene mediale Vermittlung in Form des abgebildeten Fotos gekürt, das in diesem Fall vom Fotografen Volker Mai stammt. Auf der vierten ISECM vom 10. bis 13. August in Aberdeen widmeten sich führende Vertreter aus Industrie und Forschung den Fragen zukünftiger Energieversorgung mit besonderem Fokus auf den Bereich der Mikro- und Nanotechnik.

Gründlich erforschter Hochtemperatur-Kunststoff erntet Innovationspreis

Die wissenschaftliche Rückendeckung durch das Fraunhofer IZM ermöglichte im vergangenen September eine weitere Auszeichnung: Mit dem Innovationspreis 2015 prämierte die »AVK Industrievereinigung Verstärkte Kunststoffe e.V.« innovative, aktuelle Projekte aus dem Bereich der Kunststofftechnologie und -produktion. In der Kategorie »Produkt und Anwendungen« belegte die Isola GmbH aus Düren für ihre neuen Hochtemperatur-Leiterplatten auf Basis eines Benzoxazin-Matrixsystems den dritten Platz. Die Isola GmbH beteiligt sich als Entwickler und Hersteller von Mehrlagen-Leiterplatten an dem vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten HELP-Projekt zur Erforschung von zuverlässiger und kostengünstiger Elektronik für die Elektromobilität. Das Fraunhofer IZM, im Rahmen des HELP-Projekts zuständig für die wissenschaftliche Unterstützung, erforschte zusammen mit der Universität Bayreuth die Alterungsprozesse der prämierten benzoxazinbasierten Hochtemperatur-Vergussmasse. Die Ergebnisse sind ein zentraler Baustein für die Markteinführung des Materials.

Prof. Martin Schneider-Ramelow jetzt Vorsitzender von IMAPS Europe und IMAPS Deutschland

Eine besondere Ehre wurde Prof. Martin Schneider-Ramelow, Abteilungsleiter am Fraunhofer IZM, im September auf der EMPC 2015-Konferenz in Friedrichshafen zuteil: Er wurde für die nächsten zwei Jahre zum Vorsitzenden des European Liaison Committee (ELC) der IMAPS (International Microelectronics and Packaging Society) Europe gewählt. IMAPS ist eine der weltweit größten Vereinigungen von Unternehmen, Technikern und Wissenschaftlern im Bereich der Mikroelektronik und hat europaweit knapp 1.000 Mitglieder. Von allen europäischen Landes-Chaptern ist das deutsche mit ca. 300 Mitgliedern das größte. Seit 2009 ist Martin Schneider-Ramelow der Vorsitzende von IMAPS Deutschland und hat sich während seiner Amtszeit besonders um die Anwerbung neuer Mitglieder verdient gemacht. Am 14. September wurde er auf der Mitgliederversammlung des deutschen Chapters einstimmig zum vierten Mal zum Vorsitzenden gewählt und wird damit auch in den nächsten zwei Jahren die Geschicke von IMAPS auf deutscher und auf europäischer Ebene lenken.

Hansjörg Griese erhält den EcoDesign Award

In Anerkennung seiner Verdienste um den wissenschaftlichen Fortschritt im Bereich Öko-Design wurde Hansjörg Griese, ehemaliger Abteilungsleiter am Fraunhofer IZM, im Dezember 2015 in Tokio mit dem »EcoDesign Award for Distinguished Scientific Contributions« geehrt. Hansjörg Griese gehört zu den Gründungsvätern des Fraunhofer IZM und hat den Bereich Umweltgerechte Elektronik aufgebaut und bis zu seiner Pensionierung im Jahr 2008 geleitet. Die Auszeichnung wurde ihm von Prof. Tadatomo Suga, einem langjährigen Weggefährten, anlässlich der 10. EcoDesign Konferenz in Japan überreicht.

1 Ausgezeichnet: Prof. Tadatomo Suga überreicht den EcoDesign Award an Hansjörg Griese

2 Preisgekrönt: ArtGuardian mit dem iF Design Award 2015 ausgezeichnet – da freuen sich Produktdesigner Johannes Rojahn und Fraunhofer IZM-Mitarbeiter Stephan Guttowski

3 Prämiert: Entwicklung und fotografische Umsetzung einer Lithium-Ionen-Batterie mit interdigitalem Elektrodendesign

BEST PAPER, EDITORIALS

Best Paper

Best Paper Award für Andreas Ostmann auf der EMPC 2015

Auf der 20. European Microelectronics and Packaging Conference (EMPC 2015) im September in Friedrichshafen wurde eine weitere Auszeichnung an einen IZM-Wissenschaftler verliehen: Andreas Ostmann erhielt den Best Paper Award der Konferenz. Ostmann und seine Co-Autoren Christian Boehme, Kai Schrank und Klaus-Dieter Lang erhielten die Ehrung für ihr Paper "Development of a Microcamera with Embedded Image Processor Using Panel Level Packaging". Die Auszeichnung wurde am Ende der Konferenz von Technical Chair Markus Dertert und General Chair Martin Schneider-Ramelow überreicht.

Auf der EMPC treffen sich alle zwei Jahre über 300 Fachleute aus aller Welt, um aktuelle Trends im Bereich der Aufbau- und Verbindungstechniken zu diskutieren.

»Outstanding Presentation« für Yujia Yang auf der APEC 2015

Yujia Yang vom Fraunhofer IZM wurde Ende März auf der APEC 2015 in Charlotte (North Carolina, USA) für ihren Vortrag »An accurate back to front design methodology for PT based load resonant converters« mit dem Outstanding Presentation Award ausgezeichnet. Die alljährliche »Applied Power Electronics Conference and Exhibition« (APEC) des »Institute of Electrical and Electronics Engineers« (IEEE) gehört zu den international führenden Konferenzen in Sachen Leistungselektronik. Dr. Yang forscht am Fraunhofer IZM in der Abteilung RF & Smart Sensor Systems, in der neue Methoden und Werkzeuge für den zielgerichteten, technologieorientierten Entwurf elektronischer Systeme entwickelt werden.

Editorials

PLUS Journal (Eugen G. Leuze Verlag)

Lang, K.-D. (Mitglied des Redaktionsbeirats)

International Journal of Microelectronics and Electronic Packaging

Ndip, I. (Associate Editor)

Mechatronik (Verlag I.G.T. Informationsgesellschaft Technik mbH)

Ansorge, F. (Editorial Board)

Smart Systems Integration 2015 Conference Proceedings

Lang, K.-D. (Co-Editor)

European Microelectronics and Packaging Conference 2015 Proceedings

Schneider-Ramelow, M. (Co-Editor)

VORLESUNGEN

Technische Universität Berlin

Prof. K.-D. Lang

- Technologien der Heterosystemintegration
- Aufbau multifunktionaler Systeme
- Seminar Aufbau- und Verbindungstechniken der Mikroelektronik

Dr. R. Hahn

- Miniaturisierte Energieversorgungssysteme

Prof. K.-D. Lang, S. Backhove, J. Günther, Dr. B. Curran

- Projektorientiertes Praktikum (Projektlabor)

Dr. B. Curran

- Design, Simulation and Reliability of Microsystems
- Electromagnetics for Design and Integration of Microsystems

Dr. B. Curran, Dr. I. Ndip

- High-Frequency Measurement Techniques for Electronic Packaging

Prof. K.-D. Lang

- Aufbautechnologien für Mikroelektronik und -systemtechnik
- Aufbau multifunktionaler Systeme

Dr. I. Ndip

- Electromagnetics for Design and Integration of Microsystems
- Numerische Feldberechnung

Dr. J. Jaeschke

- FEM-Simulation von Mikrosensoren und -aktuatoren
- Zuverlässigkeit von Mikrosystemen

Dr. J. Jaeschke, Dr. M. Töpfer

- Technologien und Werkstoffe der Mikrosystemtechnik

Prof. H. Ngo, Dr. J. Jaeschke

- Herstellungstechnologien von Halbleitersensoren

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

- Design umweltverträglicher elektronischer Produkte

Prof. M. Schneider-Ramelow

- Werkstoffe der Systemintegration

Dr. T. Tekin

- Photonic Packaging
- Antennen-Simulation
- Antennen

Dr. T. Tekin / Dr. D. Pouhè

- Architektur und Zellenplanung für Mobilfunksysteme

Beuth Hochschule für Technik Berlin

Dr. H. Schröder

- Optoelektronik

German University in Cairo, Campus Berlin

Dr. T. Tekin

- Photonics

HTW, Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin

Dr. H. Walter

- Werkstoffe der Mikrosystemtechnik

Dr. R. Hahn

- Miniaturisierte Energieversorgungssysteme

Hochschule für Wirtschaft und Recht Berlin

Dr. U. Geißler

- Werkstofftechnik

MITGLIEDSCHAFTEN (AUSWAHL)

4M Multi Material Micro-Manufacture Association	E. Jung	Representative of Fraunhofer IZM
AMA Fachverband Sensorik, Wissenschaftsrat	Dr. V. Großer	Member
Bayerisches Innovationcluster „Mechatronik und Automation“, Fachgruppe Mikro-Mechatronik	Dr. F. Ansorge	Chairman
CATRENE – EAS Working Group on Energy Autonomous Systems	Dr. R. Hahn	Member
Deutscher Verband für Schweißtechnik DVS	Prof. K.-D. Lang	Executive Board
Deutscher Verband für Schweißtechnik DVS Arbeitsgruppe »Bonden«	Prof. M. Schneider-Ramelow	Chairman
EcoDesign Japan 2015	Dr. N. F. Nissen	International Co-Chair
Electronic Components and Technology Conference ECTC	Dr. H. Schröder	Optoelectronics Committee Chair
EOS European Optical Society	Dr. H. Schröder	Member
EURIPIDES Scientific Advisory Board	Prof. K.-D. Lang, M. J. Wolf	Member
European Photonic Industrial Consortium (EPIC)	Dr. H. Schröder	Representative Fraunhofer IZM
European Technology Platform on Smart System Integration (EPoSS)	Harald Pötter	Member Executive Committee
IEEE Component, Packaging and Manufacturing Technology Society	R. Aschenbrenner	Fellow
Technical Committees:		
Green Electronics	Dr. N. F. Nissen	Technical Chair
Emerging Technologies	E. Jung	Technical Chair
Wafer Level Packaging	Dr. M. Töpfer	Technical Chair
Photonics - Communication, Sensing, Lighting	Dr. T. Tekin	Technical Chair
IEEE CPMT German Chapter	R. Aschenbrenner	Chair
IMAPS (Signal/Power Integrity Subcommittee)	Dr. I. Ndip	Chair

IMAPS International 2015	Dr. I. Ndip	General Chair
IMAPS Deutschland	Prof. M. Schneider-Ramelow	President
International Electronics Manufacturing Initiative iNEMI	R. Aschenbrenner	Representative of Fraunhofer IZM
International Technology Roadmap Semiconductors (ITRS)	M. J. Wolf	Chairman Europe
International SSL Alliance (ISA)	Dr. R. Jordan	International Liaison Chair China SSL
Lange Nacht der Wissenschaften e. V. Berlin	H. Pötter	Representative of Fraunhofer
OpTec Berlin Brandenburg	Prof. K.-D. Lang	Executive Board
Photonics21 – Work Group Emerging Lighting, Electronics and Displays	Dr. R. Jordan	Member
Photonics West Optical Interconnects Conference	Dr. H. Schröder	Chair
SEMI Group Award Committee	Prof. K.-D. Lang	Member
Semiconductor Manufacturing Technology Sematech	M. J. Wolf	Member
Silicon Saxony e. V.	M. J. Wolf	Member
Smart Lighting	Dr. R. Jordan	Steering Committee
SMT/HYBRID/PACKAGING Kongress	Prof. K.-D. Lang	Head of Scientific Committee
Technologiestiftung Berlin (TSB)	Prof. K.-D. Lang	Member of the Board of Trustees
VDMA, Fachverband Electronics, Micro and Nano Technologies	Dr. V. Großer	Member
Wissenschaftlich-technischer Rat der Fraunhofer-Gesellschaft	Dr. N. F. Nissen	Representative of Fraunhofer IZM
Zentrum für Mikrosystemtechnik Berlin	Prof. K.-D. Lang	Spokesman of the Board

KOOPERATIONEN MIT DER INDUSTRIE (AUSWAHL)

Advanced Semiconductor Engineering Inc.	Kaohsiung (TPE)
AEMtec GmbH	Berlin
Agilent Technologies Inc.	Santa Clara (USA)
AIM Infrarot-Module GmbH	Heilbronn
Airbus Defense & Space	Ulm
Alenia Aeronautica SpA	Rom (I)
Allegro Micro Systems LLC	Worcester (USA)
alpha-board gmbh	Berlin
Altatech	Montbonnot-Saint-Martin (FR)
AMO GmbH	St.Peter / Hart (A)
Apple Inc.	Palo Alto (USA)
Applied Materials Inc.	Santa Clara (USA)
Asahi Glass Co., Ltd.	Chiyoda (J)
Astrium GmbH	Bremen
AT&S AG	Leoben (A)
Atotech Deutschland GmbH	Berlin
ATV Technologie GmbH	München
AUDI AG	Ingolstadt
Austriamicrosystems AG	Unterpremstätten (A)
Awaiba GmbH	Nürnberg
B/E Aerospace Inc.	Lübeck
Baker Hughes INTEQ GmbH	Celle
Baumer-Hübner GmbH	Berlin
Balluff GmbH	Neuhausen a.d.F.
Besi Netherlands B.V.	Duiven (NL)
BIOLAB Technology AG	Zürich (CH)
Blackrock Microsystems LCC	Salt Lake City (USA)
BMW AG	München
Brose Fahrzeugteile GmbH & Co. KG	Coburg

Bundesdruckerei GmbH	Berlin
COGO Optronics GmbH	Berlin, Boulder (USA)
Coinbau GmbH	Dresden
Compass EOS	Netanya (IL)
CONTAG GmbH	Berlin
Continental AG	Nürnberg, München, Frankfurt, Regensburg
Converteam SAS	Berlin
Corning Glass	Corning (USA)
Daimler AG	Stuttgart
Datacon GmbH	Radfeld (A)
Denso Corp.	Kariya (J)
Deutsche Bahn AG	Berlin, Frankfurt, München, Dessau
Disco Corporation	Tokyo (J)
Elbau GmbH	Berlin
Endress & Hauser GmbH & Co. KG	Maulburg
ESYS GmbH	Berlin
EV Group (EVG)	St. Florian a.I. (A)
Evatec Advanced Technologies AG	Trübbach (CH)
Excelitas Technologies Corp.	Pfaffenhofen
FiconTEC Service GmbH	Achim
Finisar	Sunnyvale (USA)
Fujifilm Electronic Materials	Tokio (J)
Fujitsu Technology GmbH	Augsburg
Gesellschaft für Maschinendiagnose mbH	Berlin
GLOBALFOUNDRIES INC.	Dresden
HELLA KGaA Hueck & Co.	Lippstadt
Heraeus Holding GmbH	Hanau
Hitachi Dupont	USA, J, D

Höft & Wessel AG	Hannover
Hytech AG	Brügg (CH)
IBM Research	Rueschlikon (CH)
IDEX	Fornebu (NO)
IMC GmbH	Berlin
IMST GmbH	Kamp-Lintfort
Infineon Technologies AG	Mainz, München
Isola USA Corp.	Chandler (USA)
Jenoptik/ESW GmbH	Hamburg-Wedel
John Deere & Company	Mannheim
Leuze electronic GmbH & Co. KG	Owen
Luceo GmbH	Berlin
Maicom Quarz	Posterstein
MDISchott Advanced Processing GmbH	Mainz
MED-EL GmbH	Innsbruck (A)
METALLEX AG	Uetikon (CH)
Microelectronic Packaging GmbH	Dresden
Micro Systems Engineering Inc.	Lake Oswego (USA), Tel Aviv (IL)
Nanotron Technologies GmbH	Berlin
Nexans SA	Paris (FR), Bethel (USA)
NXP Semiconductors AG	Hamburg, Eindhoven (NL)
Olympus Deutschland GmbH	Hamburg
ON Semiconductor Belgium BVBA	Oudenaarde (B)
Optocap Ltd	Livingston (GB)
Osram Opto Semiconductors GmbH	Regensburg
Pac Tech Packaging Technologies GmbH	Nauen
PANalytical B.V.	Almelo (NL)

Philips Technology GmbH	Aachen
Ramgraber GmbH	Hofolding b. Brunnthal
Robert Bosch GmbH	Stuttgart
Rohde und Schwarz	Berlin
Samsung Advanced Inst. of Technology	Suwon (ROK)
Schaeffler Technologies GmbH & Co. KG	Herzogenaurach
Schaffner Holding AG	Luterbach (CH)
Schleifring GmbH	Kaufbeuren
Schlumberger AG	F, USA
Schneider Electric	Grenoble (F)
Schweizer Electronic AG	Schramberg
Semikron GmbH	Nürnberg
Semsyco GmbH	Salzburg (A)
Sensitec GmbH	Lahnau
Siemens AG	Karlsruhe
SPTS Technologies Ltd.	Newport (UK)
Süss MicroTec AG	Garching, München
Swissbit Germany AG	Berlin
TDK-EPCOS AG	München
Thales Group	Frankreich
The Dow Chemical Company	USA
TRUMPF Deutschland GmbH	Ditzlingen (DL)
Valeo GmbH	Wemding
Vectron Systems AG	Havant (UK)
Vectura Group plc	Chippenham (GB)
Volkswagen AG	Wolfsburg
Würth Elektronik GmbH & Co. KG	Niedernhall, Rot a.S.
X-Fab Semiconductor Foundries AG	Erfurt
Xyratex AG	Auerbach

PUBLIKATIONEN (AUSWAHL)



Ansorge, F.

Trends bei Mikro-Mechatronik und Packaging
DFAM Seminar 2015, Frankfurt a. M.

Ansorge, F.; Baar, C.; Radtke, H.; Warmuth, J.; Lang, K.-D.

3D Sensorpackaging für intelligente Steckverbinder
Mikrosystemtechnik-Kongress 2015, Karlsruhe

Ansorge, F.; Iffland, D.; Baar, C.; Lang, K.-D.

Challenge: Additive Manufacturing in the Field of Electronics; ESA Presentation Additive Manufacturing for Space Applications
Noordwijk, 2015, Niederlande

Ansorge, F.; Radtke, H.; Schreier-Alt, T.; Baar, C.; Iffland, D.; Lang, K.-D.

Hochstromkontakte für Smart Power Mechanics
Plus, Leuze-Verlag, 2015 Bad Saulgau

Ansorge, F.; Ring, K.; Möhler, A.; Lang, K.-D.

Einpresstechnik für leistungselektronische Baugruppe - Innovationen der elektrischen Anschlussstechnik
Clusterseminar Einpresstechnik für leistungselektronische Baugruppen, 2015, Nürnberg

Becker, K.-F.; Georgi, L.; Kahle, R.; Voges, S.; Zech, C.; Baumann, B.; Huelsmann, A.; Grasenack, A.; Reinold, S.; Kleiner, B.; Braun, T.; Schneider-Ramelow, M.; Lang, K.-D.

Heterogeneous Integration for a Miniaturized W-band Radar Module
Proceedings IMAPS 2015, Orlando, USA

Böttcher, M.

Excimer Laser Patterning for High Density Interposer and Substrate Fabrication
Proceedings Advanced Packaging Conference 2015, Dresden

Böttcher, M.; Windrich, F.; Wolf, M. J.

High Density Interposer – Challenges and Opportunities
Proceedings IMAPS 2015, Orlando, USA

Böttger, G.; Seifert, S.; Schröder, H.

Glass-based Manufacturing and Prototyping Platform PhotPack
Optik & Photonik 3/2015, WILEY-VCH Verlag GmbH

Braun, T.; Raatz, S.; Voges, S.; Kahle, R.; Bader, V.; Bauer, J.; Becker, K.-F.; Thomas, T.; Aschenbrenner, R.; Lang, K.-D.

Large Area Compression Molding for Fan-out Panel Level Packing
Proceedings ECTC 2015; San Diego, USA

Braun, T.; Voges, S.; Töpfer, M.; Wilke, M.; Maaß, U.; Huhn, M.; Becker, K.-F.; Raatz, S.; Kim, J.-U.; Aschenbrenner, R.; Lang, K.-D.; O'Connor, C.; Barr, R.; Calvert, J.; Gallagher, M.; Jagodkine, E.; Aoude, T.; Politis, A.

Material and Process Trends Moving From FOWLP to FOPLP
Proceedings EPTC 2015, Singapore

Brink, M.; Grams, A.; Eichhammer, Y.; Broll, M.; Fritzsche, T.; Lang, K.-D.

Investigation of room-temperature flip chip connections
Proceedings Smart System Integration 2015, Kopenhagen, Dänemark

Broll, M. S.; Geißler, U.; Höfer, J.; Schmitz, S.; Wittler, O.; Lang, K.-D.

Microstructural Evolution of Ultrasonic-bonded Aluminum Wires
Microelectronics Reliability 2015, Elsevier, Amsterdam, Niederlande

PUBLIKATIONEN (AUSWAHL)

Broll, M. S.; Geissler, U.; Höfer, J.; Schmitz, S.; Wittler, O.; Schneider-Ramelow, M.; Lang, K.-D.

Correlation Between Mechanical Properties and Microstructure of Different Aluminum Wire Qualities After Ultrasonic Bonding

Microelectronics Reliability 55, 2015, pp. 1855-1860

Broll, M. S.; Geissler, U.; Höfer, J.; Schmitz, S.; Wittler, O.; Schneider-Ramelow, M.; Lang, K.-D.

Microstructural Evolution of Ultrasonic-bonded Aluminum Wires

Microelectronics Reliability 55, 2015, pp. 961-968

Brusberg, L.; Manassis, D.; Herbst, C.; Neitz, M.; Schild, B.; Töpfer, M.; Schröder, H.; Tekin, T.

Single-mode Board-level Interconnects for Silicon Photonics

Proceedings OFC 2015, Los Angeles, USA

Brusberg, L.; Schröder, H.; Herbst, C.; Frey, C.; Fiebig, C.; Zakharian, A.; Kuchinsky, S.; Liu, X.; Fortusini, D.; Evans, A.

High Performance Ion-Exchanged Integrated Waveguides in Thin Glass for Board-level Multimode Optical Interconnects

Proceedings ECOC 2015, Valencia, Spain

Brusberg, L.; Schröder, H.; Ranzinger, C.; Queiser, M.; Herbst, C.; Marx, S.; Hofmann, J.; Neitz, M.; Pernthaler, D.; Lang, K.-D.

Thin Glass Based Electro-optical Circuit Board (EOCB) with Through Glass Vias, Gradient-index Multimode Optical Waveguides and Collimated Beam Mid-board Coupling Interfaces

Proceedings ECTC 2015, San Diego, USA

Brusberg, L.; Weber, D.; Pernthaler, D.; Böttger, G.; Schröder, H.; Tekin, T.

Silicon Photonics Packaging on Board-level

Proceedings IEEE Photonics Conference (IPC) 2015, Reston, USA

Chancerel, P.; Marwede, M.; Nissen, N. F.; Lang, K.-D.

Estimating the quantities of critical metals embedded in ICT and consumer equipment

Resources, Conservation and Recycling, Elsevier (Verlag), USA, 2015

Curran, B.; Lang, K.-D.; Ndip, I.; Pötter, H.

Optimization of the return current paths of interposer TSVs for frequencies up to 110GHz

Workshop on Signal and Power Integrity (SPI), 2015, Berlin

Dahl, D.; Duan, X.; Ndip, I.; Lang, K.; Schuster, C.

Efficient Computation of Localized Fields for Through Silicon Via Modeling Up to 500 GHz

IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, Vol. 5, no. 12, pp. 1793-1801, Dec. 2015

Deubzer, O.; Marwede, M.; Winzer, J.; Schlummer, M.; Goullon, L.; Jordan, R.; Wagner, E.; Bergamos, M.

Recycling of Critical Resources from LED Products

Proceedings Going Green - EcoDesign 2015, Tokyo, Japan

van Dijk, M.; Grams, A.; Kaletta, K.; Tschoban, C.; Wittler, O.; Ndip, I.; Lang, K.-D.

Improving the Lifetime of a 3D Radio Frequency Transceiver by Finite Element Simulations

Proceedings Smart System Integration 2015, Kopenhagen, Dänemark

Duan, X.; Böttcher, M. et al.

Comparison of Passivation Materials for High Frequency 3D Packaging Application

Proceedings EMPC 2015, Friedrichshafen

Duan, X.; Dahl, D.; Schuster, C.; Ndip, I.; Lang, K.-D.

Efficient Analysis of Wave Propagation for Through-Silicon-Via Pairs Using Multipole Expansion Method

Workshop on Signal and Power Integrity (SPI), 2015, Berlin

Duan, X.; Dahl, D.; Ndip, I.; Lang, K.-D.; Schuster, C.

A Rigorous Approach for the Modeling of Through-Silicon-Via Pairs Using Multipole Expansions

IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology, Vol. PP, no. 99, pp.1-9

Ehrhardt, C.; Hutter, M.; Weber, C.; Lang, K.-D.

Active Power Cycling Results Using Copper Tin TLPB Joints as New Die-attach Technology

Proceedings PCIM Europe 2015, Nürnberg

Fioranelli, F.; Salous, S.; Ndip, I.; Raimundo, X.

Through-The-Wall Detection With Gated FMCW Signals Using Optimized Patch-Like and Vivaldi Antennas

IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 63, no. 3, 2015

Grams, A.; Höfer, J.; Middendorf, A.; Schmitz, S.; Wittler, O.; Lang, K.-D.

A Geometry-Independent Lifetime Modelling Method for Aluminum Heavy Wire Bond Joints

Proceedings 16. EuroSimE 2015, Budapest, Ungarn

Hahn, R.; Gabler, A.; Thoma, A.; Glaw, F.; Lang, K.-D.

Small Fuel Cell System with Cartridges for Controlled Hydrogen Generation

International Journal of Hydrogen Energy, Vol. 40, Issue 15, April 2015, pp. 5340-5345

Hahn, R.; Georgi, L.; Ertmann Bolzan, P.; Yang, Y.; Maaß, U.; Bauer, J.; Bergmeister, M.; Strobelt, J.; Krause, F.; Dallinger, R.

A Novel Capacitive Energy Harvesting Concept

IDTechEx Energy Harvesting and Storage Europe 2015, Berlin

Hahn, R.; Mainert, J.; Glaw, F.; Lang, K.-D.

Sea water magnesium fuel cell power supply

Journal of Power Sources 288 (2015) pp. 26-35

Hahn, R.; Yang, Y.; Maaß, U.; Georgi, L.; Bauer, J.; Lang, K.-D.

Variable Capacitor Energy Harvesting Based on Polymer Dielectric and Composite Electrode

Proceedings ISECM4 2015, Aberdeen, UK

Hoene, E.

Getting Most from Integration – Reliability

Proceedings FEPPCON 2015, Verbania, Italien

Hoene, E.; Feix, G.; Zeiter, O.; Hoffmann, S.

Embedded Very Fast Switching Module for SiC Power MOSEFTs

Proceedings PCIM Europe 2015, Nürnberg

Hoffmann, S.; Hoene, E.; Zeiter, O.; Lang, K.-D.; Feix, G.

Reducing Inductor Size in High Frequency Grid Feeding Inverters

Proceedings PCIM Europe 2015, Nürnberg

Hutter, M.; Ehrhardt, C.

Grenzen und Möglichkeiten der Weichlotverbindungen – Betrachtung von Qualität und Zuverlässigkeit

Tagung Weichlöten 2015, Trends und Entwicklungsschwerpunkte in der Leistungselektronik, Hanau 2015, DVS-Berichte Band 310

Kaya, B.; Kaiser, J.-M.; Becker, K.-F.; Braun, T.; Lang, K.-D.
Evaluation of the Dielectric Cure Monitoring of Epoxy Molding Compound in Transfer Molding Process for Electronic Packages
 Proceedings EMPC 2015, Friedrichshafen

Marwede, M.; Chancerel, P.; Ueberschaar, M.; Rotter, V. S.
Building the bridge between innovative recycling technologies and recycling-friendly product design - The example of technology metals
 Proceedings Global Cleaner Production & Sustainable Consumption Conference 2015, Barcelona, Spanien

Ndip, I.; Oz, A.; Reichl, H.; Lang, K.-D.; Henke, H.
Analytical Models for Calculating the Inductances of Bond Wires in Dependence on their Shapes, Bonding Parameters, and Materials
 IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility, Vol. 57, No. 2, pp. 241-249, April 2015

Nissen, N. F.; Stobbe, L.; Rückschloss, J.; Schischke, K.; Lang, K.-D.
Pitfalls and Solutions when Doing Environmental Assessments of New Technologies
 Proceedings Emerging Green Conference 2015, Portland, USA

Radtke, H.
Aluminium in der elektrischen Anschluss-technik von Leichtbaufahrzeugen
 Proceedings 9. Steckverbinderkongress 2015, Würzburg

Radtke, H.
Smart Power Mechanics – Elektrische Anschluss-technologien für morgen
 Proceedings Automotive Meets Electronics, Dortmund, 2015

Rudolph, C.; Wachsmuth, H.; Böttcher, M.; Steller, W.; Wolf, M. J.
Challenges of TSV Backside Process Integration
 Proceedings ICPT 2015, Chandler, USA

Schröder, H.
Thin Glass Based Electro-optical Circuit Board (EOCB): Waveguide Process, PCB Technology, and Coupling Interfaces
 Proceedings CPMT Symposium Japan (ICSJ) 2015, Kyoto, Japan

Schröder, H.; Brusberg, L.; Pitwon, R.; Whalley, S.; Wang, K.; Miller, A.; Herbst, C.; Weber, D.; Lang, K.-D.
Electro-optical Backplane Demonstrator with Integrated Multimode Gradient-index Thin Glass Waveguide Panel
 Proceedings Photonics West 2015, OPTO 2015, San Francisco, USA

Stobbe, L.; Proske, M.; Zedel, H.; Hintemann, R.; Clausen, J.; Beucker, S.
Entwicklung des IKT-bedingten Strombedarfs in Deutschland
 Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, November 2015, Berlin

Thomas, T.; Voges, S.; Fliess, M.; Becker, K.-F.; Reiners, P.; Koch, M.; Bauer, J.; Braun, T.; Lang, K.-D.
Development of Solder Paste Jetting Processes for Advanced Packaging
 Proceedings SSI 2015, Copenhagen, Dänemark

Weber, C.; Hutter, M.; Schmitz, S.; Lang, K.-D.
Dependency of the Porosity and the Layer Thickness on the Reliability of Ag Sintered Joints During Active Power Cycling
 Proceedings ECTC 2015, San Diego, USA

Wilke, M. et. al.
Hermetic 3D Wafer-Level-Packaging for LED and Sensor Modules
 Proceedings IWLPAC 2015, San Jose, USA

Windrich, F.; Malanin, M.; Eichhorn, K.-J.; Voit, B.
In-situ FT-IR Study of the Reaction Kinetics of Divinyl Siloxane Bis-benzocyclobutene in Solid State and Modeling of the Polymerization Process
 European Polymer Congress 2015, Dresden

Wöhrmann, M.; Fischer, T.; Walter, H.; Töpfer, M.; Lang, K.-D.
Next Generation Thin Film Polymers for WLP Applications and their Mechanical and Electrical Characterization
 Proceedings IMAPS Conference on Device Packaging 2015, Fountain Hills, USA

Wöhrmann, M.; Wilke, M.; Gernhardt, R.; Zoschke, K.; Fritzsche, T.; Neitz, M.; Schroeder, H.; Toepper, M.; Lang, K.-D.
Metallization of TGVs and RDL Generation of a High Density Glass Interposer
 Proceedings Global Interposer Technology (GIT) Workshop 2015, Atlanta, USA

Wolf, M.J.
3D Integration: Status, Challenges and Requirements
 Proceedings SMTA Pan Pacific Conference 2015, Kauai, USA

Wolf, M. J.
Technology for 3D System Integration
 ICEPT, Changsha, China, 2015 (Shortcourse)

Wunderle, B.; Schulz, M.; Braun, T.; Sheva, S.; May, D.; Bauer, J.; Bader, V.; Hoelck, O.; Walter, H.; Keller, J.
A Novel and Practical Method for In-situ Monitoring of Interface Delamination by Local Thermal Diffusivity Measurement
 Proceedings ECTC 2015, San Diego, USA
Yang, Y.; Radecker, M.; Lang, K.-D.; Fischer, W.-J.
An Accurate Back to Front Design Methodology for PT Based Load Resonant Converters
 Proceedings APEC 2015, Charlotte, USA

Zoschke, K., Lang, K.-D.
Technologies for Wafer Level MEMS Capping based on Permanent and Temporary Wafer Bonding
 Proceedings IMAPS Conference on Device Packaging 2015, Fountain Hills, USA

Zoschke, K., Manier, C.-A.; Wilke, M.; Oppermann, H.; Ruffieux, D.; Dekker, J.; Jaakkola, A.; Dalla Piazza, S.; Allegato, G.; Lang, K.-D.
Application of TSV Integration and Wafer Bonding Technologies for Hermetic Wafer Level Packaging of MEMS Components for Miniaturized Timing Devices
 Proceedings ECTC 2015, San Diego, USA

PATENTE & ERFINDUNGEN

Böttcher, L.; Ostmann, A.; Manassis, D.

Verfahren zum Herstellen einer Durchkontaktierung zwischen zwei Oberflächen eines Halbleitersubstrats

DE 10 2006 045 836 B4

Großer, V.; Gerritzen, A.

Vorrichtung zum Erfassen und Entfernen von schädlichem Gewebe

DE 10 2011 103 950 B4

Hahn, R.

Brennstoffzellenstack in Leichtbauweise

EP 2130256 B1

Hoene, E.; Baumann, T.; Zeiter, O.

Vorrichtung zur Messung einer Temperatur eines Leistungshalbleiters

EP 2 541 220 B1

Neumann, A.; Kostelnik, J.; Kugler, A.; Schaaf, U.; Becker, K.-F.

Verfahren zur Herstellung einer elektronischen Baugruppe

EP 2 153 707 B1

Oppermann, H.

Verfahren zur Anordnung von elektronischen Schaltelementen, elektronische Schaltanordnung und Verwendung eines Klebstoffträgers

DE 10201401635 B3

Oppermann, H.

Anordnung aus einem Substrat mit mindestens einem optischen Wellenleiter und einer optischen Koppelstelle und aus einem optoelektronischen Bauelement und Verfahren zur Herstellung einer solchen Anordnung

DE 10 2013 011 581 B4

Oppermann, H.

Optisches Kopplungssystem mit einem optischen Koppler und einem lichtdurchlässigen äußeren Medium sowie Herstellung und Verwendung eines solchen Systems

US 9,134,483 B2

Wilke, M.; Töpfer, M.

Verfahren zum Herstellen einer Beschichtung eines Substrats

EP 2 574 407 B1

KURATORIUM

Vorsitzender

Dr. F. Richter

Thin Materials AG, Eichenau

Mitglieder

Dr. H. Bossy

Bundesministerium für Bildung und Forschung

BMBF, Bonn

Dr. S. Finkbeiner

Bosch Sensortec GmbH, Reutlingen

G. Grützner

micro resist technology GmbH, Berlin

U. Hamann

Bundesdruckerei GmbH, Berlin

M. Hierholzer

Infineon Technologies AG, Warstein

Senatsrat B. Lietzau

Senatsverwaltung für Wirtschaft, Technologie und

Forschung, Berlin

J. Stahr

AT&S AG, Leoben (A)

M. Stutz

Dell GmbH, Frankfurt a. M.

Prof. C. Thomsen

Technische Universität Berlin

Prof. Dr. B. Tillack

IHP-Institut für Halbleiterphysik GmbH, Frankfurt (Oder)

Dr. T. Wille

NXP Semiconductors GmbH, Hamburg

Ministerialrat C. Zimmer-Conrad

Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst,

Dresden

**Fraunhofer-Institut
für Zuverlässigkeit und
Mikrointegration IZM**
Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin
Telefon +49 30 46403-100
Fax +49 30 46403-111
info@izm.fraunhofer.de

**Fraunhofer IZM
Institutsleiter**
Prof. Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Klaus-Dieter Lang
Telefon +49 30 46403-179
klaus-dieter.lang@izm.fraunhofer.de

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

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

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

Presse- und Öffentlichkeitsarbeit / Marketing
Georg Weigelt
Telefon +49 30 46403-279
georg.weigelt@izm.fraunhofer.de

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

**Abteilungen
Abteilung Wafer Level System Integration**
Leitung: Dipl.-Phys. Oswin Ehrmann
Telefon +49 30 46403-124
oswin.ehrmann@izm.fraunhofer.de

Leitung: Dipl.-Ing. M. Jürgen Wolf
Telefon +49 351 7955 72-12
juergen.wolf@izm.fraunhofer.de

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

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

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

Leitung: Dr.-Ing. Olaf Wittler
Telefon +49 30 46403-240
olaf.wittler@izm.fraunhofer.de

Abteilung RF & Smart Sensor Systems
Leitung: Dr.-Ing. 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

**Projektgruppen
All Silicon System Integration Dresden (ASSID)**
Ringstr. 12, 01468 Moritzburg

Leitung: Prof. Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Klaus-Dieter Lang
Telefon +49 30 46403-179
klaus-dieter.lang@izm.fraunhofer.de

Leitung: Dipl.-Ing. M. Jürgen Wolf
Telefon +49 351 7955 72-12
Telefon +49 30 46403-606
juergen.wolf@izm.fraunhofer.de

Mikromechatronik und Leiterplattentechnologie
Argelsrieder Feld 6, 82234 Oberpfaffenhofen-Weßling

Leitung: Dr.-Ing. Frank Ansorge
Telefon +49 8153 9097-500
frank.ansorge@oph.izm.fraunhofer.de

Business Development Team
BDT-Team@izm.fraunhofer.de

Dr. rer. nat. Michael Töpfer
Telefon +49 30 46403-603
michael.toepper@izm.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Rafael Jordan
Telefon +49 30 46403-219
rafael.jordan@izm.fraunhofer.de

Erik Jung
Telefon +49 30 46403-230
erik.jung@izm.fraunhofer.de

Dr.-Ing. Andreas Middendorf
Telefon +49 30 46403-135
andreas.middendorf@izm.fraunhofer.de

IMPRESSUM

Herausgeber:

Prof. Dr.-Ing. Dr. sc. techn. Klaus-Dieter Lang
Fraunhofer IZM
www.izm.fraunhofer.de

Redaktionelle Bearbeitung:

Martina Creutzfeldt, mcc Agentur für Kommunikation GmbH
Eva Baumgärtner, Georg Weigelt, Fraunhofer IZM

Layout / Satz:

Birgit Metzger, mcc Agentur für Kommunikation GmbH
www.mcc-pr.de

© Fraunhofer IZM 2016

Fotografie:

Roman Thomas, Bernd Schönberger, Anna Seibel (80), Kai Abresch (78), Hansjörg Griese (80),
Fraunhofer IPK (63)

Sämtliche andere Bildrechte Fraunhofer IZM oder Fraunhofer IZM zusammen mit
Janine Escher (5, 33,35, 38, 46, 52), Volker Mai (Cover, 8, 15, 30, 81), Chris Wohlfeld (26, 59)
Matthias Heyde (62, 63), Günter Kram (66), istockphoto [Henrik5000 (22), visdia (24), leung-
chopan (26)], fotolia [chris (24)], Jürgen Lösel (62)

Titel:

3D-integriertes MEMS-Taktmodul basierend auf TSV-Technologie im CMOS

Download Link: www.izm.fraunhofer.de/ar

**Fraunhofer Institute for
Reliability und Microintegration IZM**

Gustav-Meyer-Allee 25
13355 Berlin, Germany

Phone +49 30 46403 100
Fax +49 30 46403 111

info@izm.fraunhofer.de
www.izm.fraunhofer.de