

NEAR-INFRARED
SPECTROMETER **NIR**



INDUSTRY



INSTITUTE



SPATIAL LIGHT
MODULATOR



AUTOMOTIVE



HEALTH



Jahresbericht
2021/2022





Wir forschen für die Menschen. Anwendungsnah, innovativ und professionell.

Mit rund 500 Mitarbeitenden entwickelt das Fraunhofer IPMS an vier Standorten in Dresden, Cottbus und Erfurt innovative, kundenspezifische Lösungen in den Bereichen Intelligente Industrielösungen, Medizintechnik und Gesundheit sowie verbesserte Lebensqualität.

Unsere Forschungsschwerpunkte sind miniaturisierte Sensoren und Aktoren, integrierte Schaltungen, drahtlose und drahtgebundene Datenkommunikation, kunden- und anwendungsspezifische mikro-elektro-mechanische Systeme (MEMS) sowie „leading edge“-Technologien auf 300-mm-Wafern für künftige Anwendungen in den Bereichen Trusted Electronics sowie Neuromorphic und Quantum Computing.

Als zuverlässiger und kompetenter Forschungs- und Dienstleistungspartner bieten wir unseren Kunden dabei Komplettlösungen an: vom ersten Konzept über die Technologieentwicklung bis zur Muster- und Pilotfertigung auf 200-mm-Wafern im eigenen Reinraum nach qualifizierten, industrienahen Prozessen. Die Prozess- und Materialentwicklung auf 300-mm-Wafern vervollständigt unser Leistungsangebot.

Vorwort

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

ein erneut bewegtes Jahr liegt hinter uns. In ihm lagen viele Hoffnungen auf ein Ende der Pandemie und eine Rückkehr in die „Normalität“. Leider müssen wir konstatieren, dass die Zeiten noch immer höchst dynamisch sind. Doch jede Krise bietet auch Chancen und das Fraunhofer IPMS hat in den vergangenen zwei Jahren eine außerordentliche Resilienz bewiesen. Wir haben gelernt, dass Partnerschaften und Zusammenarbeit auch digital erfolgreich aufgebaut und gepflegt werden können. Und wir haben eine Agilität gefunden, mit der wir Ihnen – unseren Kunden und Partnern – in Zukunft noch stärker maßgeschneiderte Lösungen anbieten können. An dieser Stelle möchten wir Ihnen danken: Für Ihre nachhaltige Treue zu unserem Institut und unserer Forschung. Wir sind stolz, das Wirtschaftsjahr 2021 äußerst erfolgreich abgeschlossen zu haben und positionieren uns einmal mehr als führender Forschungs- und Entwicklungsdienstleister für elektronische und photonische Mikrosysteme.

Die Pandemie wirkte an vielen Stellen als eine Art Brennglas für Schwachstellen, so auch in der Mikroelektronik. Das Thema Chipmangel ist aktuell in aller Munde. Die Gründe dafür sind vielfältig, aber eines ist klar zu sehen: Die Nachfrage nach Mikroelektronik- und Mikrosystemtechnikforschung und -entwicklung wird weiter kontinuierlich steigen. Im Kontext der deutschen und europäischen Ziele, in der Mikroelektronik Technologiesouveränität zurückzuerlangen, sehen wir große Chancen, unser technologisches Angebot auszubauen sowie neue Kooperationspartner und Kundenkreise zu erschließen.

Wir hoffen konkret auf das baldige Zustandekommen des zweiten „Important Project of Common European Interest“ (IPCEI) und auf die Umsetzung der Wachstumspläne der gesamten Halbleiterindustrie. Diesem Thema – der Technologiesouveränität Deutschlands und Europas – widmen wir daher einen Sonderbereich in diesem Jahresbericht.

2021 wurde die Mikroelektronik in Dresden 60 Jahre alt – dass es auch für weitere 60 Jahre ausreichend Ideen und Nachfrage gibt, zeigen die sich in der Diskussion befindlichen möglichen Ansiedlungen großer Halbleiterfirmen in Sachsen. Gerne informieren wir Sie über aktuelle Entwicklungen und unseren Beitrag dazu, wie wir die Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen durch unsere Dienstleistungen und Innovationsanstöße weiterhin signifikant unterstützen können.

Dass wir das auch heute schon erfolgreich tun, zeigt eine Vielzahl von Highlights aus dem Jahr 2021, die wir Ihnen in diesem Jahresbericht vorstellen. So konnten wir eine Reihe spannender Projekte im Bereich des Next Generation Computing auf den Weg bringen. Im Quantencomputing nutzen wir unsere Expertise in industrienahen, CMOS-kompatiblen Fertigungsmethoden für die Entwicklung skalierbarer Technologien für Halbleiter-Qubits. Im Bereich Neuromorphic Computing erforschen wir Materialien, Technologien und Hardware-Lösungen für ein „denkendes Computing“ der Zukunft. Und die Bestrebungen, künftige Generationen elektronischer Systeme vertrauenswürdig zu machen, unterstützen wir mit Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu vertrauenswürdigen Lösungen auf Ebene der Fertigung, der Bauelemente, Schaltungen und ganzer Systeme.



Prof. Dr. Harald Schenk
Geschäftsführender Institutsleiter

Einen weiteren Schwerpunkt legen wir auf intelligente Sensorik. Durch Integration Edge-basierter Methoden der künstlichen Intelligenz können Anwendungen in einer Vielzahl an Branchen profitieren. Allgemein erleben wir derzeit eine sprunghafte Weiterentwicklung der Digitalisierung und Datenkommunikation, die unsere Welt antreibt. „Grüne“ und besonders energieeffiziente Elektronik ist ein definiertes Ziel, das wir mit unserer Forschung antreiben möchten.

Ganz besonders hervorheben möchten wir auch die menschlichen Momente des Jahres 2021. Die Motivation unserer Nachwuchskräfte, sich sozial zu engagieren, macht uns stolz. Unsere Azubis entwickelten eine Wohlfühlampel, die den Lärmpegel in Räumen optisch darstellt. Die Ampel wurde im Oktober 2021 dem Bremerhavener Verein „Rückenwind für Lehrer Kinder e.V.“ übergeben und sorgt nun für ein angenehmes Miteinander von Kindern zwischen sechs und zwölf Jahren, die dort ein kostenloses Betreuungs-, Freizeit- und Förderangebot erhalten.

Wenn wir auf das Jahr 2022 blicken, erwarten uns eine Reihe von Highlights. Der „Innovationscampus Elektronik und Mikrosensorik Cottbus (iCampus)“ geht nach erfolgreicher positiver Zwischenevaluierung in seine zweite Phase über. Ganz im Sinne von „Was kommt nach der Kohle? Zukunftschancen durch Mikroelektronik und Digitalisierung!“ forscht im Projekt unser Cottbuser Institutsteil „Integrated Silicon Systems“ an innovativen Technologien für Smart Health, Umweltsensorik 4.0 und Industrie 4.0. Unser ausdrücklicher Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung, das das Projekt



Prof. Dr. Hubert Lakner
Institutsleiter

und damit den Strukturwandel in der Lausitz mit 20 Millionen Euro fördert, sowie dem Land Brandenburg und insbesondere dem Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur für die Unterstützung.

Im Sommer feiern wir die Eröffnung des Centers for Advanced CMOS and Heterointegration Saxony. Hier bauen wir gemeinsam mit dem Institutsteil „All Silicon System Integration Dresden“ des Fraunhofer IZM (IZM-ASSID) unseren Geschäftsbereich Center Nanoelectronic Technologies aus. Das einzige 300-mm-Center in Deutschland für modernste Halbleitertechnologien wird es ein Leuchtturm für Forschung und Entwicklung in Europa, der Mikroelektronik auf Spitzenniveau bietet und die Innovationskraft Deutschlands stärkt.

2022 feiert die Fraunhofer-Gesellschaft und damit auch das Fraunhofer IPMS ihr 30-jähriges Bestehen in Dresden. Was für ein schöner Anlass, um gemeinsam positiv und gespannt in die Zukunft zu blicken. Wir freuen uns darauf, mit Ihnen als Kunden, Förderern und Partnern auch weiterhin erfolgreich zusammenzuarbeiten, Lösungen für Industrie und Gesellschaft zu entwickeln und innovative Ideen in die Anwendung zu bringen.

Harald Schenk

Hubert Lakner

Inhalt

Über das Fraunhofer IPMS	2
Vorwort	4
Interview mit der neuen stellvertretenden Institutsleitung	8
Technologiesouveränität	10
In aller Munde: Zitate zur Technologiesouveränität	12
Reinräume bündeln, Kompetenzen stärken	16
Kurz gesagt: Podcasts und Interviews des Fraunhofer IPMS zur Technologiesouveränität	18
Next Generation Computing	20
Quantencomputing	
QUASAR – Auf dem Weg zum Quantenprozessor „Made in Germany“	22
QLSI – Skalierbare Silizium-Qubits für Quantencomputer“	23
QSolid – Quantum Computer in the Solid State	24
PhoQuant – Photonischer Quantencomputer	25
MATQu – Neue Materialien für eine europäische Wertschöpfungskette im Quantencomputing	26
HalQ – Halbleiterbasiertes Quantencomputing	27
FMD-QNC – Forschungsfabrik Mikroelektronik für Quanten- und neuromorphes Computing	28
Neuromorphic Computing	
Leitprojekt NeurOSmart – Sensoren lernen das Denken	30
MEMION – Memristive Redox-Transistoren für neuromorphe Rechnerarchitekturen	32
SEC-Learn – Sensor Edge Cloud for Federated Learning	33
TEMPO – Technologie und Hardware für neuromorphes Computing	34
StorAlge – Neue Speichertechnologie für Edge-KIAwendungen	35
Trusted Electronics	
Velektronik – Vertrauen ist besser	36
Silhouette – Photonische Lösungen für eine abhörsichere Kommunikation	37
Vertrauenswürdige Chips durch fälschungssichere RFID-Label	38
TRAICT II – Trusted resource aware ICT	39
Nachhaltigkeit und Gesundheit	40
Green ICT – Auf dem Weg zur nachhaltigen Mikroelektronik	42
Umweltschonende Reinigungstechnologien in der Mikrochipfertigung	43
KODIAK – Komponenten und Module für die verbesserte optische Point-of-Care-Diagnostik	44
M ³ Infekt – Mobiles Monitoring von Covid-19- Erkrankungen	45
Konfokales Mikroskop zur schnellen Erkennung von Tumorgrenzen während der Operation	46



10

Technology Sovereignty



22

Quantentechnologie



30

Neuromorphic Computing



36

Trusted Electronics



40

Nachhaltigkeit und Gesundheit

Sensorik der nächsten Generation	48
NextNIR – Miniaturisierte MEMS-basierte Nahinfrarot-Spektralanalyse	50
MUT4H2 – Charakterisierung des Wasserstoffanteils in Erdgassystemen	51
Innovative Ultraschallsensoren für KMU	52
Objekt- und Oberflächenüberwachung mit Ultraschall	53
iCampus Cottbus – Mikrosensorik aus der Lausitz	54
Pilotlinie für intelligente Katheter	55
Digitalisierung & Datenkommunikation	56
T-KOS – Terahertz-Technologien	58
ZEPOWEL – Leistungselektronik für sparsamen Funkverkehr	59
USEP – Universelle Sensorplattform für den Mittelstand	60
RISC-V-Core für funktionale Sicherheit im Fahrzeug	61
Bordvernetzung mit geringster Latenz für das moderne Fahrzeug	62
SURPRISE – Flächenlichtmodulatoren für Weltraumanwendungen	64
Reichweitenoptimierung drahtloser Sensornetzwerke	65
Spotlight	66
Innovativer Modellierungsansatz für Mikrolautsprecher	68
Lärm sichtbar machen geht nicht? Doch!	69
Messen und Veranstaltungen 2021	70
Virtueller Showroom: Eine Welt voll Innovation	72
30 Jahre Fraunhofer in Dresden	74
Unsere Whitepaper	76
Unsere Webinare	78
Auszeichnungen	80
Fraunhofer IPMS im Profil	82
Das Fraunhofer IPMS in Zahlen	84
Kuratorium 2021	85
Services	86
Evaluation Kits	88
Netzwerke: Leistungszentrum Mikro/Nano, iCampus, FMD, Else-Kröner-Fresenius-Zentrum	90
Publikationen und Patente	96
Wissenschaftskooperationen: BTU Cottbus-Senftenberg, TU Dresden, HTW Dresden	97
Abschlussarbeiten	98
Organigramm	100
Ansprechpersonen und Standorte	102
Vernetzen Sie sich	104
Impressum & Bildnachweise	105



48

Sensorik der nächsten Generation



56

Digitalisierung & Datenkommunikation



66

Spotlight



82

Fraunhofer IPMS im Profil



Wir brauchen eine starke Halbleiterindustrie in Deutschland, die sich international behaupten kann.«

Jörg Amelung

Stellvertretender Institutsleiter

Am 1. Juni 2021 verstärkte das Fraunhofer IPMS seine Institutsleitung. Dr. Wenke Weinreich, Bereichsleiterin Center Nanoelectronic Technologies, ist seither Stellvertreterin des Institutsleiters Prof. Dr. Hubert Lakner. Jörg Amelung, Bereichsleiter Aktive Mikromechanische Systeme, vertritt den geschäftsführenden Institutsleiter Prof. Dr. Harald Schenk. Im Gespräch erzählen sie von den Erfolgen des Instituts im vergangenen Jahr, den Zielen für 2022 und dem Zusammenwachsen als Team am Fraunhofer IPMS.

Was empfinden Sie als die größten Erfolge für das Fraunhofer IPMS im Jahr 2021?

Amelung — Ich bin sehr stolz darauf, dass wir es geschafft haben, trotz aller Widrigkeiten der Corona-Pandemie ein ausgezeichnetes finanzielles Ergebnis zu erzielen. Alle unsere Stammkunden sind uns treu geblieben. Ich sehe das als Zeichen, dass wir sowohl personell als auch technologisch sehr gut aufgestellt sind.

Weinreich — Das stimmt, es war aus wirtschaftlicher Sicht ein überragendes Jahr. Was ich zudem großartig finde, ist, dass wir uns im vergangenen Jahr sehr stark in strategischen Zukunftsthemen etablieren konnten. Sei es im Bereich Quantencomputing, Neuromorphic Computing oder vertrauenswürdiger Elektronik – es ist uns gelungen, uns sehr gut zu positionieren und zahlreiche neue Projekte zu starten. Auch intern sind wir im Führungskreis zusammengewachsen, und haben einen gemeinsamen Wertekanon gefunden. Dass die Zusammenarbeit trotz der eingeschränkten persönlichen Kontakte so gut funktioniert hat und wir uns als Team gefunden haben, finde ich absolut fantastisch.

Was waren denn Ihre persönlichen Highlights 2021?

Weinreich — Als Erstes möchte ich da natürlich den Bereich erwähnen, den ich leite, das Center Nanoelectronic Technologies. Der Umzug unseres Reinraums an den neuen Standort ist mein absolutes Highlight. Dass wir hier angekommen sind, dass wir die

Büros eingerichtet haben, und vor allem, dass sich der Reinraum gefüllt hat. Am Anfang des Jahres standen wir noch in einem 4000 m² großen, leeren Raum. Und am Ende des Jahres sind die Anlagen aufgebaut und beginnen zu laufen. Das ist einfach bemerkenswert und eine unglaubliche Leistung.

Amelung — Mein persönliches Highlight sind die stabilen Kundenbeziehungen, auf die wir auch 2021 wieder bauen konnten. Wir haben schon in den vergangenen Jahren sehr viel Wert darauf gelegt, stabile, strategische Kooperationen aufzubauen. Dazu gehört auch, dass wir in unseren Projekten im Jahr 2021 sämtliche technologischen Herausforderungen an uns lösen konnten. Damit sind wir ein starker Forschungspartner für unsere Kunden und tragen zu ihrer Wertschöpfung bei. Mit diesem guten Gefühl aus dem Jahr gehen zu können – das ist für mich ein echtes Highlight.

Welche konkreten Ziele haben Sie für 2022?

Weinreich — Mein Ziel ist es, die oben genannten strategischen Zukunftsthemen voranzutreiben und sie vor allem in die Industrie zu bringen. Wir haben in den öffentlichen Projekten schon viele Partnerschaften geschlossen und sind in der Entwicklung so weit fortgeschritten, dass wir die Industrie mit den neuen Technologien unterstützen können. Beim Neuromorphic Computing sehe ich als Erstes das Potenzial. Zweitens ist für mich die wissenschaftliche Exzellenz und die Sichtbarkeit des Fraunhofer IPMS im wissenschaftlichen Raum sehr wichtig. Daher sehe ich es als großes Ziel, den Fokus weiter auf Veröffentlichungen in Journalen und bei Konferenzen zu setzen und da konsequent dranzubleiben.

Amelung — Wir sprechen hier ja nicht nur von 2022. Diese Themen werden uns noch jahrelang begleiten und viele Innovationen hervorbringen. Und da wollen und müssen wir uns als Innovator, also auch als Treiber, aufstellen. Gleichzeitig freue ich mich darauf, in unseren etablierten Forschungsthemen weiterhin vertrauensvoll mit unseren Kunden zusammenzuarbeiten. Der direkte Anschluss zur Industrie und der Transfer unserer Ergebnisse in die Wirtschaft sind mir sehr wichtig.



Jörg Amelung



Dr. Wenke Weinreich

Was wird sich 2022 am Fraunhofer IPMS verändern?

Amelung — Der Anspruch, dass wir uns gesellschaftlich relevanten Zukunftsthemen widmen, ist eindeutig gestiegen. Dem wollen wir uns stellen. Ein Beispiel ist die Klimaneutralität 2030, die die Fraunhofer-Gesellschaft als Gesamtes, aber natürlich auch wir als Institut erreichen wollen. Als ersten Schritt haben wir für einen unserer Reinräume zusammen mit dem Fraunhofer IZM eine Umweltanalyse durchgeführt, um überhaupt einzuschätzen, wo wir stehen. Da werden sich in diesem Jahr viele Maßnahmen ergeben, die wir gemeinsam umsetzen werden.

Weinreich — Mir fällt noch ein anderes Thema ein. Durch die Umstellung des ERP-Systems der Fraunhofer-Gesellschaft auf SAP werden sich Veränderungen in verschiedensten Prozessen ergeben. Diese können wir im Moment vielleicht noch nicht so genau definieren, aber ich bin überzeugt, dass wir hier im Verlauf des Jahres agieren müssen. Das betrifft auch das neue MES-System im Reinraum, welches wir im Zusammenhang mit der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland gemeinsam einsetzen wollen.

Amelung — Die Reinräume der Fraunhofer-Gesellschaft wachsen mehr und mehr zusammen. Durch die neue Reinraumstrategie im Verbund Mikroelektronik werden wir als einer der Hauptstandorte eine größere Auslastung unseres Reinraums erfahren. Das ist eine Herausforderung, aber natürlich gleichzeitig eine große Chance – und auf jeden Fall eine wichtige Veränderung für uns.

Die Halbleiterindustrie und ihr Status in Europa wird derzeit stark diskutiert – Stichwort „Chipmangel“. Wie stehen Sie dazu?

Amelung — Ich spreche hier lieber von Technologiesouveränität, denn das ist der eigentliche Kern der Diskussion. Wir brauchen eine starke Halbleiterindustrie in Deutschland, die sich international behaupten kann. Wir müssen ja auch nicht die gesamte Halbleiterindustrie abbilden, aber für die Kernindustrien in Deutschland, wie beispielsweise Automotive, müssen wir souverän die gesamte Wertschöpfungskette bedienen können. Das

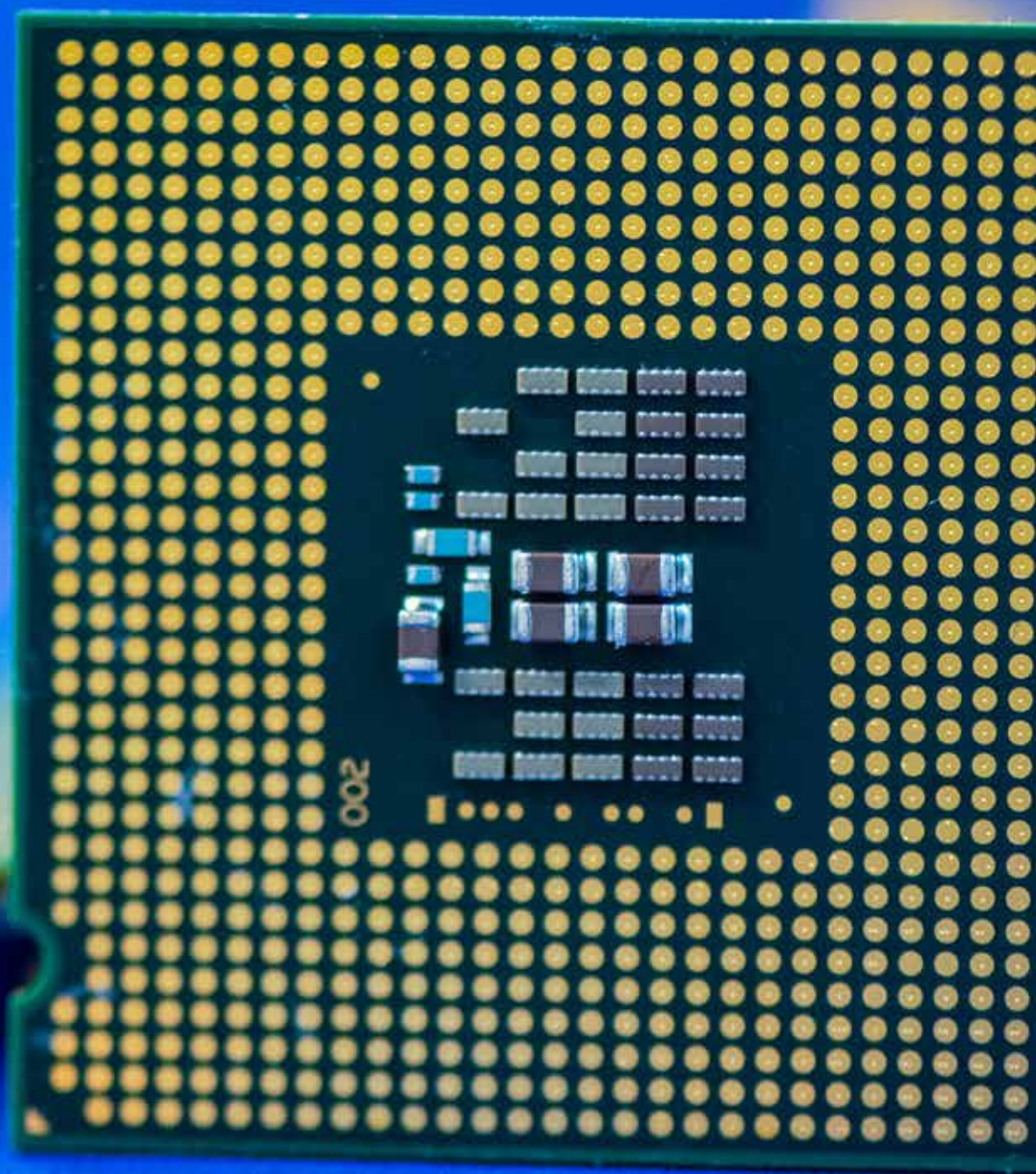
funktioniert aber am Ende nur, wenn der Schaltkreis aus Deutschland nicht mehr kostet als der aus Asien.

Weinreich — Bei der ganzen Diskussion sollte nicht vergessen werden, dass die Halbleiterindustrie sehr vielfältig ist. Es wird natürlich vor allem über den Chipmangel für Automotive gesprochen. Doch um welche Chips geht es genau? Welche Technologien werden jetzt oder auch perspektivisch gebraucht? Wie sieht es zum Beispiel mit Hochfrequenzelektronik, Leistungselektronik, Sensorik, dem Packaging oder Speichern aus? Darüber wird wenig oder gar nicht gesprochen, obwohl z.B. die Speichertechnologien das A und O für jegliche moderne Computing-Anwendung sind. Ich sehe die Herausforderung eher darin, sich klarzuwerden: Welche Technologien wollen und brauchen wir in Europa?

Amelung — Was ich auch noch ansprechen möchte, ist der absolute Fachkräftemangel und die Nachwuchsförderung. Das merken wir bei uns heute schon ganz deutlich. Egal, was wir technologisch etablieren – wir müssen junge Leute ausbilden und für die Mikroelektronik begeistern, um auch zukünftig leistungsfähig zu bleiben.

Weinreich — Dem stimme ich absolut zu. Wir haben ja eben schon besprochen, dass der Anspruch an die Forschung steigt, sich mit gesellschaftlich relevanten Themen zu befassen, und dass der Klimaschutz und das Umweltbewusstsein dabei eine große Rolle spielen. Die Halbleiterbranche ist davon natürlich nicht ausgenommen, aber perspektivisch wird die Mikroelektronik viele energieeffiziente Lösungen liefern. Ich glaube, wenn man stärker kommuniziert, dass wir durch unsere Forschung einen Beitrag Richtung saubere Zukunft leisten, können wir junge Leute von unserer Arbeit zu überzeugen und neue Fachkräfte gewinnen.

Mehr Informationen unter:
s.fhg.de/Verstaerkung-Institutsleitung



002



Technologie- souveränität

Plötzlich war es überall: Das Schlagwort „Technologiesouveränität“. Der Halbleitermangel hat deutlich gezeigt, wie wichtig eine starke Mikroelektronikbranche in Deutschland und Europa ist. Aus aktuellem Anlass präsentieren wir Ihnen daher hier nationale und internationale Stimmen zu diesem Thema.

Außerdem zeigen wir Ihnen, wie sich der Verbund Mikroelektronik der Fraunhofer-Gesellschaft mit einer neuen Reinraumstrategie positioniert, um noch schlagkräftiger agieren zu können.

Und wenn Sie gerne mehr von uns zum Thema Chipkrise und Technologiesouveränität hören und sehen möchten, haben wir dazu auch noch einige Tipps! Viel Spaß beim Lesen.

In aller Munde

Der Chipmangel hat gezeigt, wie wichtig Technologiesouveränität in der Mikroelektronik für die deutsche und europäische Wirtschaft ist. Lesen Sie hier, was führende Politiker dazu sagen – und warum sie Sachsen für einen großartigen Halbleiterstandort halten.



Das Europäische Chip-Gesetz wird die Spielregeln für die globale Wettbewerbsfähigkeit des europäischen Binnenmarkts verändern.

Kurzfristig wird es unsere Widerstandsfähigkeit gegenüber künftigen Krisen erhöhen, indem wir Störungen der Lieferkette antizipieren und vermeiden können. Mittelfristig wird es Europa zu einer führenden Position in dieser strategisch wichtigen Branche verhelfen. Mit dem Europäischen Chip-Gesetz bringen wir die Investitionen und die Strategie auf den Weg. Der Schlüssel zu unserem Erfolg liegt jedoch in den Innovatoren Europas, unseren Forschern von Weltrang und in den Menschen, die unseren Kontinent durch die Jahrzehnte haben gedeihen lassen.

Ursula von der Leyen
Präsidentin der Europäischen Kommission



Wir wollen Deutschland zum globalen Standort der Halbleiterindustrie machen.

Dazu soll die deutsche Halbleiterbranche entlang der gesamten Wertschöpfungskette auch finanziell hinreichend unterstützt werden, um diese Schlüsseltechnologie in Europa zu sichern, zu stärken und zukunftssicher auszubauen.

Olaf Scholz
Bundeskanzler



Früher galt Öl als Lebenselixier einer Volkswirtschaft. Heute sind wir dringender denn je auf Halbleiter angewiesen.

Wir sind führend bei Produktionsanlagen und stehen an der Spitze von Forschung und Innovation. [...] Die europäische Industrie braucht einen zuverlässigen Zugang zu einem breiten Spektrum von Chips, um die heutige Nachfrage zu decken und die Revolution der vernetzten Autos und Geräte von morgen voranzutreiben. Und wir brauchen energieeffiziente Halbleiter. Die Erhöhung der Energieeffizienz bleibt der Schlüssel zum Erfolg.

Margarethe Vestager
EU-Kommissarin für Wettbewerb



Ich will, dass Deutschland der große Innovationstreiber in Europa wird.

Die Chips werden immer kleiner, aber ihre Bedeutung wird immer größer – für unsere Wirtschaft wie auch für fast alle Lebensbereiche. Mikroelektronik ist Grundlage für nahezu jede zukunftssträchtige Technologie: für Anwendungen der künstlichen Intelligenz, für Quantencomputing oder eben für autonomes und vernetztes Fahren. Grund genug also, um in dieser Schlüsseltechnologie, die die Mikroelektronik zweifellos ist, auf mehr Kompetenzen und Souveränität und weniger Abhängigkeit hinzuwirken. So machen wir Deutschland wie auch ganz Europa nicht nur krisenresilienter, sondern es geht auch um neue Chancen für Wachstum und Wohlstand, für zukunftsfähige Arbeitsplätze und soziale Sicherheit.

Angela Merkel
ehem. Bundeskanzlerin der
Bundesrepublik Deutschland



Europa hat wichtige Stärken, die es einbringen kann.

So wie die Smartphones unseren Alltag von Grund auf verändert haben – die Art wie wir leben, wie wir arbeiten, wie wir heute miteinander kommunizieren – so werden uns auch die Fortschritte in der Künstlichen Intelligenz, in der Mikroelektronik, bei den Quantencomputern ganz neue Perspektiven für die Zukunft eröffnen, zum Beispiel wie wir Krankheiten erkennen und heilen können, wie wir die besten Produkte aus unseren Maschinen herausholen, mit welchen Technologien wir das Klima wirksam schützen können. Wir müssen und wollen selbst in der Lage sein, diese Technologien zu verstehen, herzustellen und auch weltweit zu verkaufen; denn das sichert uns in der Zukunft den Wohlstand.

Anja Karliczek
ehem. Bundesministerin für
Bildung und Forschung





Sachsen wird sich zu einem der wichtigsten und fortschrittlichsten industriellen und technologischen Halbleiterzentren in Europa entwickeln. Unsere Fähigkeit, die fortschrittlichsten Chips zu produzieren, wird zu unserer industriellen Führung und unserem geopolitischen Gewicht beitragen.

Thierry Breton

EU-Kommissar Binnenmarkt, hier bei seinem Besuch am Fraunhofer IPMS im November 2021



European Chips Act

Am 8. Februar 2022 schlug die Europäische Kommission den European Chips Act vor. Dieses Maßnahmenpaket soll die Versorgungssicherheit, Resilienz und technologische Führungsrolle der EU im Bereich Halbleitertechnologien und -anwendungen sichern.

Gewünscht ist, dass ein florierendes Halbleiter-Ökosystem von der Forschung bis zur Produktion und eine resiliente Lieferkette entsteht. Insgesamt soll der Marktanteil der EU bis 2030 von 10 auf 20% steigen.

Das Fraunhofer IPMS freut sich darauf, mit seiner Forschungsstärke seinen Teil dazu beizutragen.

Reinräume bündeln, Kompetenzen stärken

Die Institute des Verbunds Mikroelektronik der Fraunhofer-Gesellschaft wachsen noch näher zusammen. Eine neue Reinraumstrategie sieht vor, siliziumbasierte Technologien an zwei Haupt- und fünf Fokus-Standorten für 200-mm-Entwicklungen und einem Standort für 300-mm-Entwicklungen zu bündeln.

Beteiligt sind neben dem Fraunhofer IPMS die Institute IMS, EMFT, ISIT, IZM, IISB und ENAS. Ziel ist es, Kunden aus Industrie und Wissenschaft Technologie-Angebote entlang der gesamten Wertschöpfungskette und Technology Readiness Level unterbreiten zu können.

Als Hauptstandorte werden dabei Reinräume bezeichnet, die vollintegrierte Prozessabläufe bzw. Technologien anbieten und über einen umfangreichen Anlagenpark verfügen. Für die zwei 200-mm-Hauptstandorte sind das Fraunhofer IPMS in Dresden und das Fraunhofer ISIT in Itzehoe vorgesehen. Fokus-Reinräume konzentrieren sich auf Spezialanlagen, um beispielsweise neuartige Materialien zu erforschen. Die Fraunhofer-Institute IMS, EMFT, ENAS, IISB und IZM werden diese Fokus-Reinräume betreiben. Der einzige 300-mm-Standort befindet sich in Dresden und wird durch die Institute IPMS und IZM, Institutsteil „All Silicon System Integration Dresden – ASSID“, getragen.

Als Basis für die Reinraumstrategie wurden die Portfolios der Institute abgestimmt bzw. konsolidiert und erste konkrete Schritte zum Transfer von Equipment und Prozessen zwischen den Verbundinstituten identifiziert. Darüber hinaus wurden weitere Kooperationschancen zur Komplementierung und Erweiterung des technologischen Angebots erörtert.

Mit dieser neuen Aufstellung wird das Fraunhofer IPMS seine 200-mm-CMOS-Aktivitäten deutlich ausbauen und das technologische Angebotsspektrum mit dem Schwerpunkt auf der MEMS-on-CMOS-Integration erweitern. Das Institut wird sich auf höhere Technology Readiness Level bis zur Pilotfertigung fokussieren (TRL3/4 bis 8). In Kooperation mit den Fokusstandorten werden nicht-CMOS-kompatible Materialien erforscht. Im Bereich der 300-mm-Technologie wird der gemeinsame Standort mit dem Fraunhofer IZM-ASSID zur Vervollständigung

der Wertschöpfungskette führen, was Kunden ein attraktives Entwicklungsspektrum bietet.

Insgesamt wird das Fraunhofer IPMS so zukünftig Einzelprozesse, Module, Bauelemente, Forschung & Entwicklung bis Pilotfertigung sowie Anlagen-, Material- und Prozessevaluierungen für und mit Industriepartnern anbieten – und das mit Equipment und einem Reinraumbetrieb nach Industriestandard für 200 und 300 mm.

Das Zusammenwachsen der Institute aus dem Mikroelektronik-Verbund der Fraunhofer-Gesellschaft erfordert auch ein „digitales Miteinander“. Im Rahmen der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland wurde ein gemeinsames Manufacturing Execution System (MES) zur gemeinsamen Steuerung der Reinrauminfrastruktur beschafft. Das erleichtert den übergreifenden Austausch von Daten und Substraten und beschleunigt Auswertungen. Mit dabei sind natürlich auch die beiden Reinräume des Fraunhofer IPMS. Thomas Zarbock, Leiter des 200-mm-Reinraums am Fraunhofer IPMS, gibt im Interview einen Ausblick auf die Zukunft:

Was ist der Vorteil eines gemeinsamen MES?

Das MES flankiert die engere Kooperation von Instituten im Rahmen der Reinraumstrategie. Es ermöglicht einen standardisierten Austausch von Informationen und Daten sowie Substraten bzw. Wafern auf der Fachebene zwischen den Instituten. So können die über die verschiedenen Reinräume verteilten verfügbaren technologischen Fähigkeiten durch das MES deutlich einfacher erschlossen und gegenseitig genutzt werden. Außerdem sorgt es dafür, dass Informationen zu Materialbearbeitungszustand, Durchlaufzeiten, Qualitätsstatus und



Lithografie im Reinraum des Fraunhofer IPMS

Kontaminationsaspekten standardisiert ausgetauscht und transparent dargestellt werden können. Und was genauso wichtig ist: Das System gibt den Kolleginnen und Kollegen eine gemeinsame „Sprache“, was die Verständigung untereinander deutlich vereinfacht und die Gemeinsamkeiten als Basis für ein offenes und vertrauensvolles Miteinander betont.

Wie weit sind Sie mit der Integration am Fraunhofer IPMS?

Hier müssen wir zwei Perspektiven betrachten. Zum einen hat jedes Institut eine lokale Installation des MES für seinen eigenen Reinraum. Zum anderen gibt es in dem Software-Paket ein „Enterprise MES“, das die standortübergreifende Kollaboration ermöglicht und sozusagen die Verzahnung zwischen den Instituten darstellt. Aus der Perspektive des „Enterprise MES“ wurden erste – zunächst fiktive – institutsübergreifende Substratbearbeitungen erfolgreich simuliert.

Aus Sicht der zweiten Perspektive möchte ich einen kurzen Überblick zum Stand der lokalen Installation am Fraunhofer IPMS geben. Eine Fab mit tief integriertem Bestands-MES im laufenden Betrieb umzustellen, wie es auch am Fraunhofer IPMS der Fall ist, kann durchaus mit einer Operation am offenen Herzen verglichen werden. Eine besondere Herausforderung stellt für uns darüber hinaus die Ablösung von klassischen ERP-Funktionalitäten, wie der Materialwirtschaft, dar, welche im bisherigen MES abgebildet waren. Diese müssen nun zeitgleich mit der Implementierung des neuen MES in SAP – als das zentrale ERP-System der FhG – übertragen werden. Erste konkrete Schritte zur Anlagenanbindung und Abbildung der Geschäftsprozesse im neuen MES wurden vollzogen. Die Detailarbeit ist

jedoch sehr komplex, weswegen wir aus zeitlicher Sicht hinter unserem Implementierungsplan liegen. Unser Ziel besteht darin, dieses Jahr alle Voraussetzungen zu schaffen, um Anfang 2023 sämtliche Substratbearbeitungen im Reinraum über das neue MES abzubilden und die Nachvollziehbarkeit aus Sicht der Qualitätssicherung zu realisieren.

Wie sieht eigentlich der Forschungs-Reinraum der Zukunft aus?

Hier sehe ich zwei große Trends: Umweltfreundlichkeit und Agilität. Wir möchten das Ziel der Fraunhofer-Gesellschaft, 2030 klimaneutral zu agieren, unterstützen. Erste Analysen haben wir schon gestartet und wir kennen den CO₂-Fußabdruck unseres MEMS-Reinraums. Gleichzeitig wollen wir auch agiler werden, sodass wir flexibler auf Kundenwünsche eingehen können, kombiniert mit dem nötigen Freiraum für Forschung und Entwicklung. Beide Aspekte zusammenzubringen wird sehr spannend, da es hier durchaus intrinsische Zielkonflikte gibt!



Ansprechpartner

Thomas Zarbock
Bereichsleiter Engineering,
Manufacturing & Test
Tel. +49 351 8823-372
thomas.zarbock@
ipms.fraunhofer.de

Kurz gesagt

Wenn Sie mehr zum Thema Technologiesouveränität von uns hören und sehen wollen, schauen Sie doch einmal hier hinein:

*Prof. Dr. Hubert Lakner,
Institutsleiter des
Fraunhofer IPMS*

»Ich denke, dass uns der Chipmangel trotz aller Gegenmaßnahmen noch zwei bis drei Jahre beschäftigen wird.«



**Podcast der Fraunhofer-Gesellschaft:
„Chip-Krise: Warum Halbleiter plötzlich knapp sind“**

Halbleiterprodukte werden heute in fast allen Branchen verbaut. Als Prozessor, Speichermodul, Grafik- oder Audio-Chip stecken sie in Computern genauso wie in TV-Geräten, Smartphones oder Autos. Doch zurzeit sind die Halbleiter knapp.

Prof. Dr. Hubert Lakner, Institutsleiter des Fraunhofer IPMS, erklärt die Ursachen des Chipmangels, die Fehler der Autobranche und wie lange die Lieferkrise noch dauern wird.

 s.fhg.de/Chipkrise-Podcast

**Interview von CNBC:
„Dresden is the number one place for chips production in Europe“**

Prof. Dr. Hubert Lakner spricht im Interview mit dem europäischen Business-Sender CNBC über den Halbleitermangel und Dresden als erfolgreiches Zentrum des Silicon Saxony.

 s.fhg.de/CNBC-interview



*Dr. Wenke Weinreich,
stellvertretende
Institutsleiterin am
Fraunhofer IPMS und
Bereichsleiterin am Center
Nanoelectronic Technologies*

**Podcast der Fraunhofer-Gesellschaft:
„Halbleiterfertigung für Next Generation
Computing“ mit Dr. Wenke Weinreich**

Was sind die großen Trends in der Fertigung von Prozessoren und Speichermodulen? Wie schaffen es Halbleiterhersteller, die immer höheren Anforderungen an die Rechenleistung zu bewältigen? Wie innovative Fertigungsprozesse die Halbleiter fit für die Zukunft machen, erforscht das Center Nanoelectronic Technologies CNT am Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS. Dr. Wenke Weinreich leitet das CNT. Im Interview spricht sie über die großen Trends der Halbleiterfertigung – und was man beachten muss, wenn man einen Reinraum betritt.

 s.fhg.de/NGC-Podcast

»Nicht nur Rechenleistung, sondern auch Energieeffizienz ist bei den Chips für Next Generation Computing ein großes Thema.«





Next Generation Computing

Die nächste Generation der Rechentechnologien wird von höchster Parallelität und „Quantum Supremacy“, hoher Energieeffizienz bei hoher Performance sowie Vertrauenswürdigkeit und Abhörsicherheit bestimmt.

Unter den Stichworten

- **Quantencomputing**
- **Neuromorphic Computing**
- **Trusted Computing**

sind diese drei Ansätze weitgehend bekannt. Wir forschen mit nationalen und internationalen Partnern an neuen Materialien, Konzepten, Bauelementen und Systemen im Bereich Next Generation Computing. Auf den nächsten Seiten stellen wir Ihnen unsere Projekte vor.

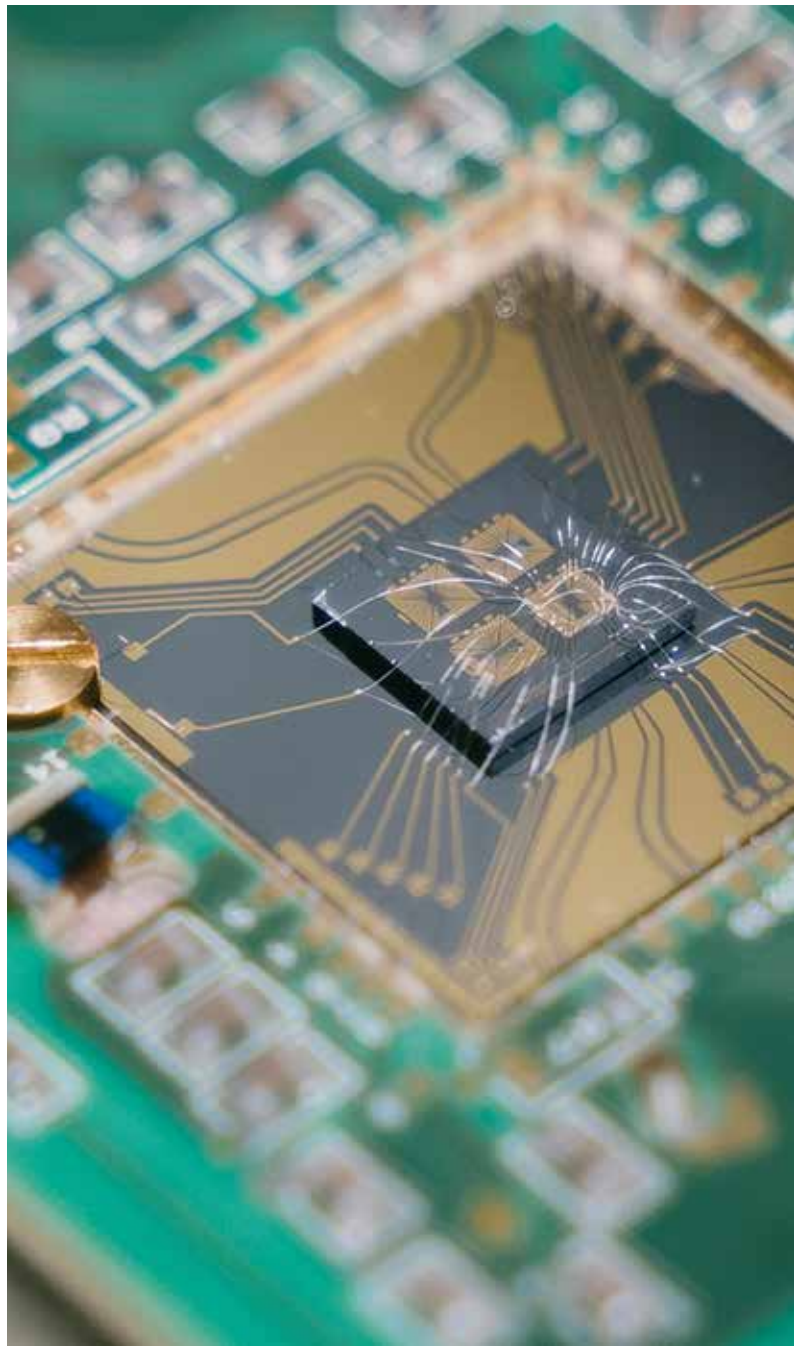
QUASAR – Auf dem Weg zum Quantenprozessor „Made in Germany“

Quantencomputer haben das Potenzial, konventionelle Superrechner bei bestimmten Problemen weit zu übertreffen. Beispielsweise wenn es darum geht, Verkehrsströme in Metropolen zu steuern oder Materialien auf atomarer Ebene zu simulieren. In der Grundlagenforschung gehört Deutschland schon lange zur Weltspitze. Im Verbundprojekt QUASAR entwickelt das Fraunhofer IPMS mit dem Forschungszentrum Jülich, Infineon in Dresden und dem Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik IHP skalierbare Konzepte für Quantencomputing auf Wafer-Level. Dies schafft die Grundlagen für die industrielle Fertigung von Quantenprozessoren „Made in Germany“.

Ein vielversprechender Ansatz dafür sind Halbleiter-Qubits, da sie sich gut skalieren lassen, was für die industrielle Fertigung entscheidend ist. Elektronenspin-Qubits in Silizium weisen dazu vergleichsweise stabile Quanteneigenschaften auf und sind im Aufbau viel kleiner als supraleitende Quantenbits. Bislang ließen sie sich aufgrund geometrischer Beschränkungen jedoch nicht so einfach skalieren wie klassische Computerchips. Die Qubits müssen sehr nahe beieinanderliegen, um sie miteinander zu koppeln. Eine mögliche Lösung stellt ein sogenannter Quantenbus dar. Dabei handelt es sich um spezielle Verbindungselemente, die Distanzen von bis zu 10 Mikrometern zwischen den einzelnen Qubits effizient überbrücken. Der Quantenbus ermöglicht es, die Elektronen auf den Quantenpunkten einzufangen und kontrolliert zu transportieren, ohne dass die Quanteninformation verloren geht. Dieser im Labor schon erfolgreich getestete Ansatz wird nun im Projekt QUASAR an industrielle Herstellungsprozesse angepasst.

Das Fraunhofer IPMS bringt im Projekt seine Expertise aus der CMOS-Fertigung ein und wird sich, basierend auf den langjährigen Erfahrungen im Bereich Elektronenstrahlolithographie und in enger Zusammenarbeit mit Infineon, mit der Herstellung der komplexen „Gate 1“-Quantengatter befassen. Am Ende sollen optimierte Bauelementstrukturen mit möglichst hoher Homogenität auf Substratebene zur Verfügung gestellt werden. Dies wäre mit bewährten Labormethoden wie Lift-off-Prozessen in der benötigten Qualität und Quantität, bezogen auf die Struktur-Skalierbarkeit, nicht zu erreichen.

 [s.fhg.de/QUASAR-de](https://www.s.fhg.de/QUASAR-de)



Halbleiter-Quantenchip der JARA-Kooperation des Forschungszentrum Jülich und der RWTH Aachen

QLSI – Skalierbare Silizium-Qubits für Quantencomputer

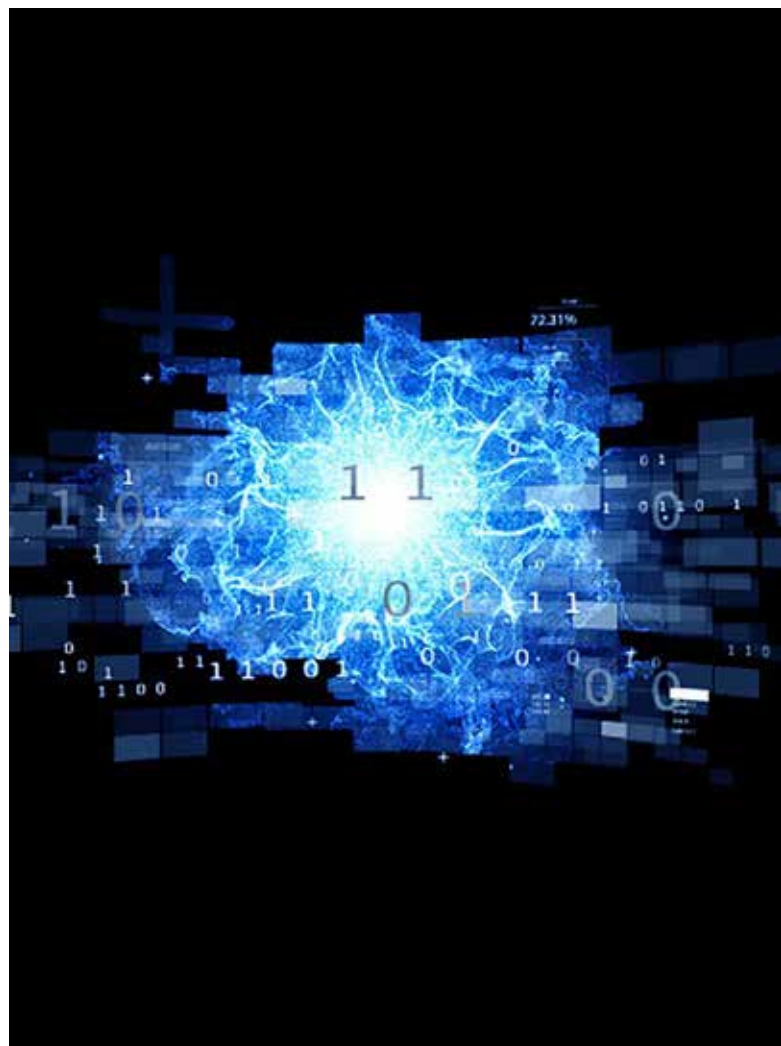
Das Rennen um den Quantencomputer ist in vollen Gange. Um Europa einen bedeutenden Schritt nach vorne zu bringen, entwickelt das Fraunhofer IPMS im Projekt QLSI – Quantum Large-Scale Integration with Silicon – mit 18 europäischen Partnern einen 16-Qubit-Chip. Damit wird der Grundstein für die industrielle Umsetzung von Halbleiter-Quantenprozessoren in Europa gelegt.

Der Chip basiert auf Silizium-Qubits, die sich schnell ansteuern und auslesen lassen und aufgrund ihrer kleinen Größe, ihrer hohen Güte und ihrer Kompatibilität mit industriellen Herstellungsprozessen ideal für das Quantencomputing geeignet sind. Silizium-Qubits wurden schon erfolgreich demonstriert; im Projekt geht es nun darum, eine skalierbare Technologie für eine spätere industrielle Umsetzung zu entwickeln und einen 16-Qubit-Chip zu fertigen.

Das Fraunhofer IPMS bringt seine Expertise in hochmoderner, industriekompatibler CMOS-Halbleiterfertigung auf 300-mm Wafer-Standard ein. Damit wird die Infrastruktur geschaffen, um höchstskalierbare Quantenprozessoren überhaupt erst zu ermöglichen. Dies betrifft zum Beispiel Fertigungsprozesse zur Nanostrukturierung, aber auch Materialentwicklung und elektrische Ansteuerungen aus dem CMOS-Bereich.

Das Projekt QLSI ist Teil des ehrgeizigen Quantum Flagship-Programms der EU, einer 10-Jahres-Forschungsinitiative mit einem Volumen von 1 Mrd. €, die 2018 gestartet wurde. Das übergeordnete Ziel ist es, die wissenschaftliche Führung und Exzellenz Europas im Quantencomputing zu konsolidieren und auszubauen, eine wettbewerbsfähige europäische Industrie für Quantentechnologien in Gang zu bringen und Europa zu einer dynamischen und attraktiven Region für innovative Forschung, Unternehmen und Investitionen in diesem Bereich zu machen.

 s.fhg.de/QLSI-de



Ansprechpartner

Dr. Benjamin Lilienthal-Uhlig
Geschäftsfeldleiter Next
Generation Computing
Tel. +49 351 2607-3064
[benjamin.lilienthal-uhlig@
ipms.fraunhofer.de](mailto:benjamin.lilienthal-uhlig@ipms.fraunhofer.de)

QSolid – Quantum Computer in the Solid State

Der Bau eines kompletten Quantenrechners basierend auf Spitzentechnologie aus Deutschland, das ist das Ziel des Verbundprojekts QSolid. Gemeinsam mit 24 deutschen Forschungseinrichtungen und Unternehmen und unter Koordination des Forschungszentrums (FZ) Jülich arbeitet das Fraunhofer IPMS an einem Quantencomputer mit verbesserten Fehlerraten. Ziel ist es, Deutschland auf dem Gebiet der Quantentechnologie an die Weltspitze zu bringen und zahlreiche neue Anwendungen für Wissenschaft und Industrie zu erschließen. Der erste Demonstrator wird Mitte 2024 in Betrieb gehen und es ermöglichen, Anwendungen sowie Benchmarks für Industriestandards zu testen.

Im Mittelpunkt des Projekts stehen Quantenbits – kurz Qubits – von sehr hoher Qualität, d.h. mit einer geringen Fehlerrate. Vorgesehen ist ein System, das verschiedene Quantenprozessoren enthält, die auf supraleitenden Schaltkreisen mit reduzierter Fehlerrate beruhen. Der Ansatz gilt als weltweit führend und wird u. a. auch von Google, IBM und Intel verfolgt. Die Multiprozessor-Maschine des FZ Jülich soll mindestens drei unterschiedliche Quantenchips parallel betreiben: ein „Moonshot-System“, dessen Rechenleistung die klassischen Superrechner übertrifft, ein anwendungsspezifisch designtes System, das bereits für industriell nützliche Quantenberechnungen geeignet ist, sowie eine Benchmarking-Plattform, die vorrangig auf die Entwicklung digitaler Zwillinge und industrieller Standards ausgerichtet ist.

Das Fraunhofer IPMS steuert seine Expertise in der hochmodernen, industriekompatiblen CMOS-Halbleiterfertigung im 300-mm-Waferstandard bei. Damit werden skalierbare Quantenprozessoren ermöglicht, die auf den Errungenschaften und Vorteilen der siliziumbasierten Halbleiterfertigung aufbauen. Dies betrifft zum Beispiel Herstellungsprozesse wie Abscheidung und Nanostrukturierung oder die elektrische Charakterisierung im Wafermaßstab. Gemeinsam mit GLOBALFOUNDRIES und dem Fraunhofer IZM-ASSID wird eine Interposer-Technologie entwickelt, die sich auf hochdichte supraleitende Verbindungen und thermische Entkopplung durch fortschrittliches Packaging konzentriert. Zusätzlich soll die kryogene Charakterisierung der CMOS-Technologie von GLOBALFOUNDRIES für eine skalierbare Steuerung erfolgen.

 [s.fhg.de/QSolid-de](https://www.s.fhg.de/QSolid-de)



Kryogener Aufbau und Ansteuerung eines supraleitenden Quantencomputers am Forschungszentrum Jülich



Ansprechpartner

Dr. Benjamin Lilienthal-Uhlig
Geschäftsfeldleiter Next
Generation Computing
Tel. +49 351 2607-3064
benjamin.lilienthal-uhlig@ipms.fraunhofer.de

PhoQuant – Photonischer Quantencomputer

Bei ausreichender hoher Vernetzung vieler Rechen-einheiten (Qubits) in einem System können Quantencomputer eine höhere Rechengeschwindigkeit gegenüber klassischen Computern erzielen. Gerade bei dieser Skalierung bietet der photonische Ansatz, der Lichtteilchen (Photonen) als Qubits verwendet, enorme Vorteile. Denn die für die Rechenoperationen benötigten Funktionen können auf einem einzigen Chip mittels ausgereifter Halbleiter-Fertigungsverfahren hergestellt werden. Daher forscht das Fraunhofer IPMS zusammen mit Partnern an einem photonischen Quantencomputer.

Das Projektziel ist es, einen Vorteil für die Berechnung von industrierelevanten Anwendungen bereitzustellen. Ein erstes Beispiel ist die Echtzeitoptimierung von Ablaufplänen an Flughäfen bei unvorhergesehener Verspätung. Hierfür entwickelt das Konsortium, bestehend aus universitärer Forschung, Start-ups und Industrie, eine neue photonische Rechnerarchitektur, welche im Laufe des Projektes einen Quantencomputer mit bis zu 100 Qubits ermöglicht.

Das Projekt basiert auf einer Methode des Koordinators Q.ANT, mit der sich extrem leistungsfähige Quantencomputerchips herstellen lassen. Durch die Schaffung hochspezialisierter optischer Kanäle auf Siliziumchips ist dieser photonische Chip-Prozess in der Lage, Quanten nahezu verlustfrei zu transportieren, zu steuern und zu überwachen, selbst bei Raumtemperatur. Damit können die Chips in Zukunft auch in herkömmlichen Großrechnern eingesetzt werden.

Die integrierte (monolithische) Aufbauweise dieser Architektur wird im Projekt kombiniert mit skalierbaren Herstellungsprozessen aus der Halbleiterindustrie. Dies verspricht die Möglichkeit, das System in Zukunft auch auf über 100 Qubits hinaus weiterentwickeln zu können. Zugeschnitten auf diese neue Architektur werden im Laufe des Projektes sowohl optimierte Algorithmen für spezielle Problemstellungen, als auch Algorithmen für das universelle Quantencomputing entwickelt und per Cloud-Anbindung für die Öffentlichkeit bereitgestellt.



Grafische Darstellung eines photonischen Quantencomputers mit Ringresonatoren als Quantenlichtquellen (violette Kreise), Wellenleitern (violette Linien), elektrisch modulierbaren Mach-Zehnder-Interferometern (Rauten) sowie elektrischen Kontakten (schwarze Kästchen), Chipsteuerung (schwarze ICs mit dem Q-Logo) und Verdrahtung (goldene und weiße Linien).

In zweieinhalb Jahren wollen die Projektpartner einen ersten Prototyp vorlegen, in spätestens fünf Jahren soll ein Quantencomputerchip entstehen, der großflächige Berechnungen durchführen kann.

 s.fhg.de/PhoQuant-de



Ansprechpartner

Dr. Frank Deicke
Geschäftsfeldleiter Wireless
Microsystems
Tel. +49 351 8823-385
[frank.deicke@
ipms.fraunhofer.de](mailto:frank.deicke@ipms.fraunhofer.de)



Testchip mit supraleitenden Qubits auf Basis von 300-mm-Wafertechnologie

MATQu – Neue Materialien für eine europäische Wertschöpfungskette im Quantencomputing

Die (Rechen-)Leistung von Quantencomputern hängt stark von ihrem zentralen Hardwareelement ab: dem Qubit. Es existieren mehrere Ansätze zur Realisierung von Qubits, jedoch fehlen aktuell stabile, skalierbare Fertigungsverfahren, um einen Durchbruch in der industriellen Nutzung zu erreichen. Im Projekt MATQu zielt das Fraunhofer IPMS mit Partnern darauf ab, das vorhandene europäische Know-how im Bereich der Materialien und Produktionsprozesse zu erweitern. So soll der europäischen Industrie der Weg zu festkörperbasierten Quantencomputern geebnet werden.

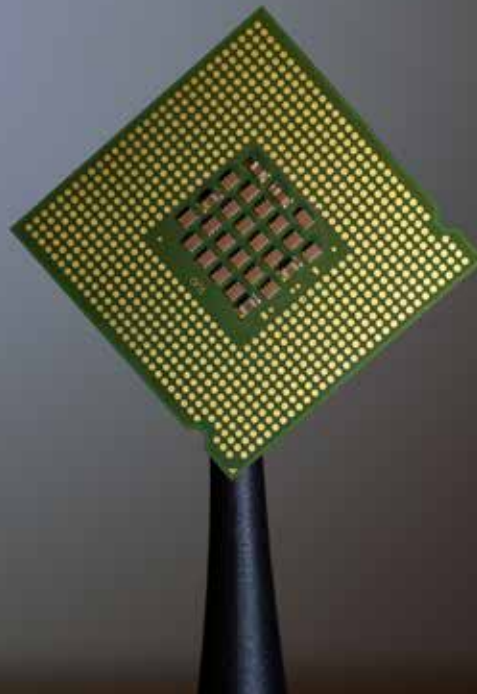
Ziel ist, durch die enge Zusammenarbeit von führenden europäischen Forschungsinstituten, Industrie und Anwendungspartnern eine europäische Lieferkette für Materialien und Prozesse für Festkörper-Qubits zu etablieren. Supraleitende Qubits gehören zu den vielversprechendsten Bauelementen, um einen Quantencomputer im großen Maßstab zu realisieren.

Ihre Leistungsfähigkeit hängt jedoch entscheidend von der Qualität der verwendeten Substrate und der Materialien sowie der Reproduzierbarkeit der bei der Herstellung angewandten Prozesse ab. Eine stabile und etablierte Wertschöpfungskette ist daher der Schlüssel zur Verbesserung dieser Parameter in der Zukunft. Somit ist das technische Hauptziel des Projekts MATQu die Verbesserung und der Transfer von Materialien und Technologien aus den Laboren in den Markt.

Der Fokus des Fraunhofer IPMS im Projekt liegt darauf, die bestehenden Konzepte und Technologien aus dem Labor in die industrielle Fertigung zu bringen. Dabei beruft sich das Institut auf seine Expertise in der 300-mm-Fertigung, die bereits als Industriestandard für CMOS-Computing-Plattformen dient. Nun werden neue Einblicke in die Material- und Prozesseinflüsse für das Herstellungsverfahren von supraleitenden Qubits, insbesondere im Bereich der Abscheidung, Strukturierung und der Integration von supraleitenden Schichten, erwartet. Zusätzlich wird das Fraunhofer IPMS durch neuartige Herstellungsprozesse und die Erprobung bei kryogenen Temperaturen die Fertigung von Bauelementen für das Quantencomputing auf europäischer Ebene voranbringen.

Ein zweiter Schwerpunkt besteht darin, gemeinsam mit Industrie- und Forschungspartnern europäischen Mittelständlern und Start-ups Zugang zu modernsten Fertigungsanlagen und Know-how zu verschaffen, um die Reife der supraleitenden Qubit-Technologie deutlich zu steigern und das europäische Ökosystem der Quantentechnologie zu stärken. Das Projekt wird von der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland und dem Fraunhofer IAF koordiniert. Partner sind neben imec und CEA-Leti 15 weitere Partner.

 www.matqu.eu



HalQ – Halbleiterbasiertes Quantencomputing

Für die zukünftige deutsche und europäische Technologiesouveränität – auch in der Hardware – ist die Entwicklung von eigenen Technologien zur Fertigung skalierbarer und industrie-kompatibler Quantencomputing-Chips entscheidend. Im Projekt HalQ evaluiert das Fraunhofer IPMS daher Konzepte zu verschiedenen Integrationstechnologien von Qubits in ein Gesamtsystem. Insbesondere sollen die Stärken der Mikroelektronik zur Realisierung von höchstskalierbaren Quantencomputern betrachtet und entsprechende notwendige Technologien weiterentwickelt werden.

Der Fokus des Projektes liegt auf der Herstellung von Qubits und deren elektronischem Interfacing. Konkrete Ansätze in der Herstellung von Qubits, die hohes Potential für industriennahe Skalierbarkeit haben, sind Si/SiGe, Si-MOSFET, supraleitende sowie auf Farbzentren und MEMS-Ionenfallen basierende Qubit-Technologien. Neben den eigentlichen Qubits muss eine effektive und integrierbare Ansteuerung (Auslesen und Manipulieren) realisiert werden. Darüber hinaus ist die Kommunikation zwischen den Qubits sowie eine schnelle Verarbeitung und Rückkopp- lung der gelesenen Signale mit speziell abgestimmter digitaler

Signalverarbeitung in Echtzeit nötig. Dies muss sowohl auf Entwurfs- als auch auf der Technologieebene geschehen. Ebenso wichtig ist die Entwicklung von neuen und optimierten Materialien, Prozessen und Integrationskonzepten für die Kryoelektronik sowie die supraleitende Aufbau- und Verbindungstechnik.

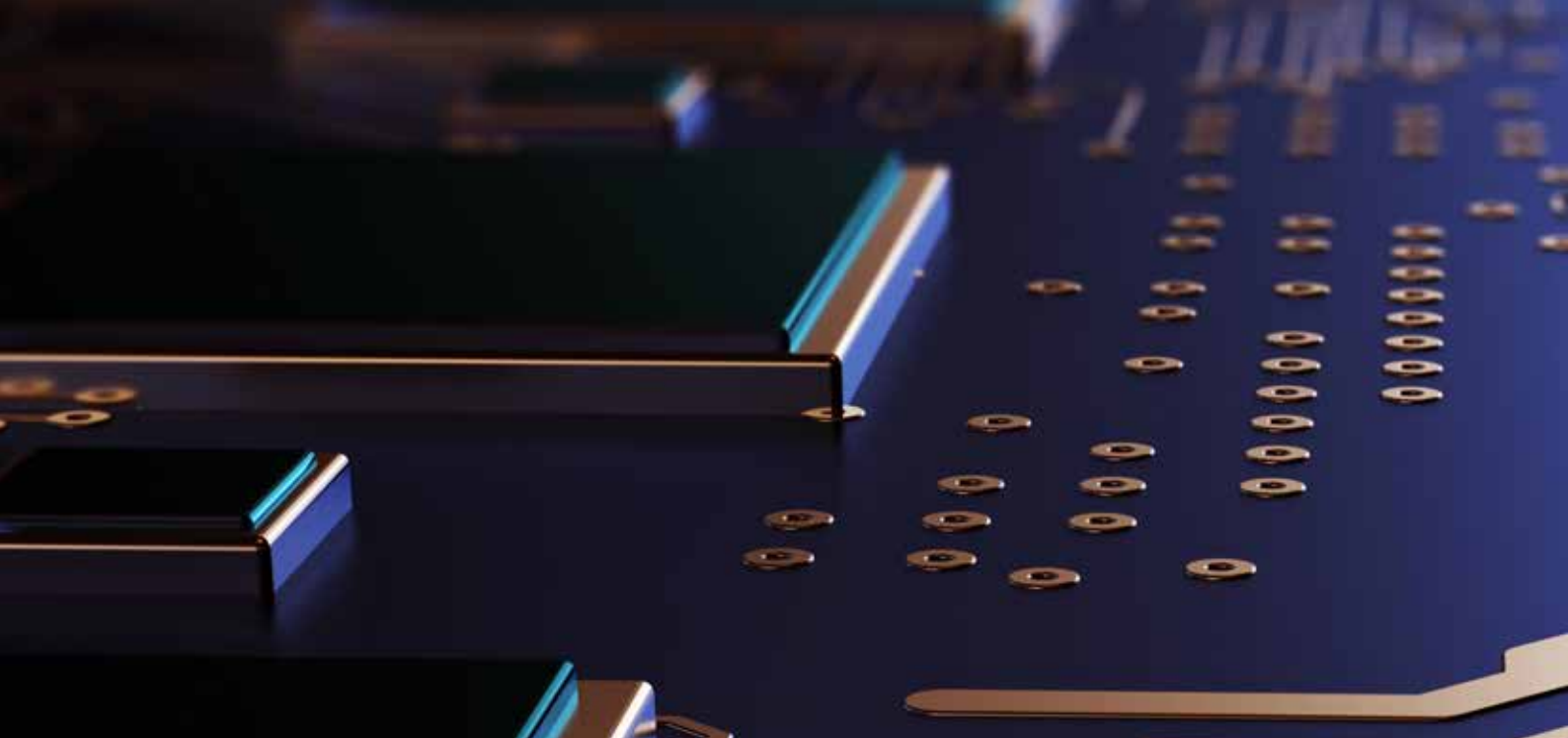
Das vom Fraunhofer IPMS koordinierte Projekt HalQ widmet sich dieser gesamtheitlichen Betrachtung mit dem Ziel, eine übergreifende Plattform innerhalb der Mikroelektronik zur Evaluation und Integration von Qubit-Konzepten zu schaffen, die auf die in der Mikroelektronik existierenden Technologien aufsetzen und die eine für Quantencomputing mit Fehlerkorrektur erforderliche Qubit-Anzahl ermöglichen. Konkret soll die Herstellung von physikalischen Qubits (Quantendots, supraleitende Qubits) für die Bereiche Materialentwicklung, Integration und Prozessentwicklung adressiert werden. Hierbei bringt das Fraunhofer IPMS seine Kompetenzen im Bereich CMOS- und RF-Technologie sowie FDSOI und elektrische Charakterisierung ein. Die moderne 300-mm-Reinraum-Umgebung des Fraunhofer IPMS bietet hier optimale Voraussetzungen.

 s.fhg.de/HalQ



Ansprechpartner

Dr. Benjamin Lilienthal-Uhlig
Geschäftsfeldleiter Next
Generation Computing
Tel. +49 351 2607-3064
[benjamin.lilienthal-uhlig@
ipms.fraunhofer.de](mailto:benjamin.lilienthal-uhlig@ipms.fraunhofer.de)



FMD-QNC – Forschungsfabrik Mikroelektronik für Quanten- und neuromorphes Computing

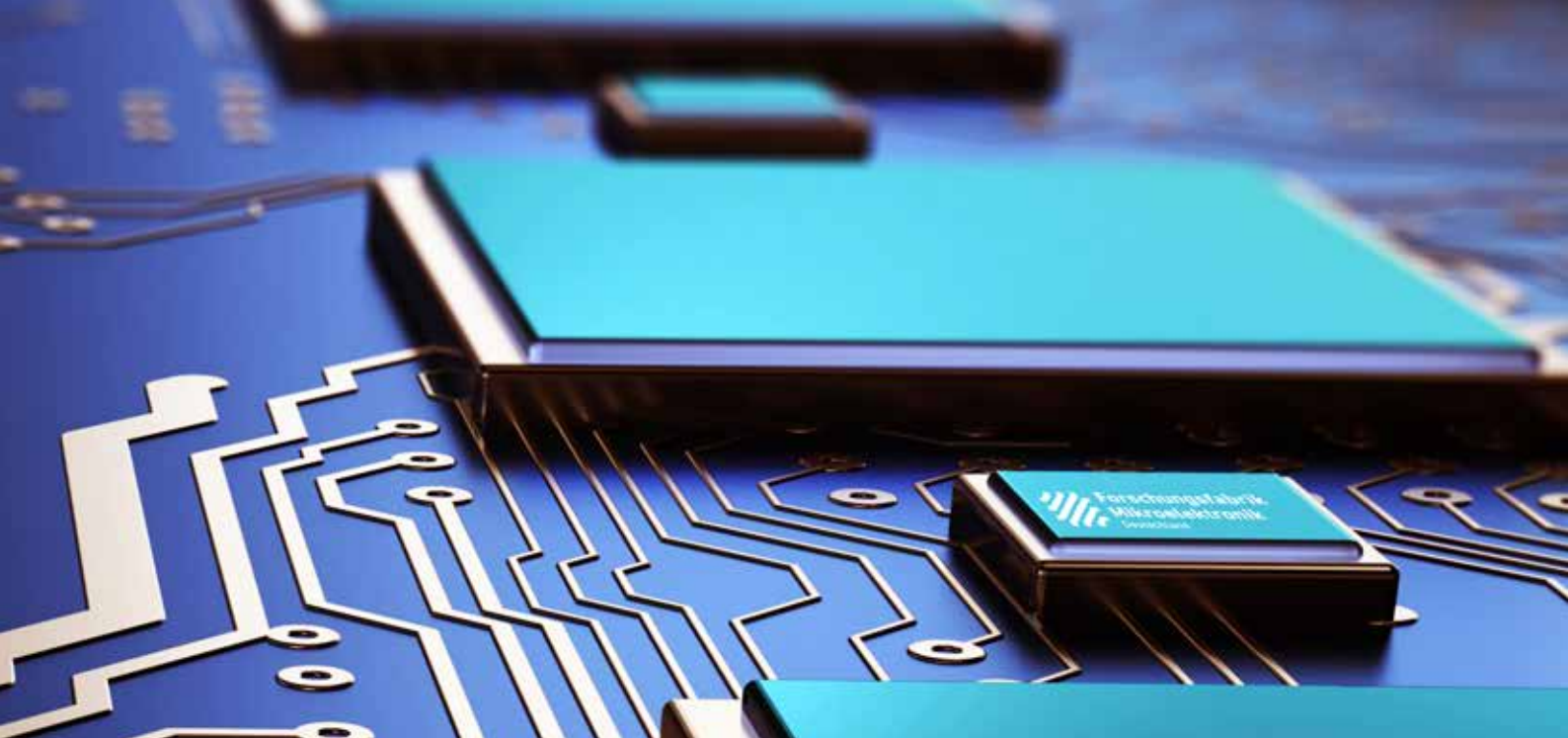
Quantencomputing und neuromorphes Computing sind die wesentlichen Grundlagen für die Rechentechnologien der nächsten Generation, ohne die zukünftig viele wettbewerbs- und sicherheitskritische Applikationen nicht realisiert werden können. Mit der Schaffung einer zentralen Anlaufstelle für die wissenschaftliche Forschung und industrielle Anwendung können die sich zurzeit in Deutschland in Entwicklung befindlichen Technologien in ihrer praktischen Umsetzung erheblich beschleunigt werden. Solch ein niederschwelliger Zugang zu Fertigungstechnologien ist gerade bei diesen hochkomplexen Themen essenziell, um auch neue Ideen von z. B. Start-ups und KMUs in zeitnahen Demonstratoren und Prototypen zu realisieren. Daher bewirbt sich die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland mit Partnern beim Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF um einen entsprechenden Ausbau ihrer Geräteinfrastruktur.

Die bereits bestehende Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland aus einem vorausgegangenen BMBF-geförderten Projekt ist inzwischen zu einem erfolgreichen „One-Stop-Shop“ für wissenschaftliche und industrielle Forschung geworden. Sie verfügt über etablierte und professionelle

Organisationsstrukturen, einen starken Reinraum-Verbund sowie weitreichende Kompetenzen in der Mikroelektronikfertigung. Darauf soll die FMD-QNC aufbauen und die gerätetechnischen und strukturellen Voraussetzungen für Forschung auf höchstem Niveau im Bereich Quanten- und Neuromorphic Computing schaffen. Um der komplexen inhaltlichen Herausforderung gerecht zu werden, wird die Kompetenzbandbreite durch Einbindung der Fraunhofer-Institute IMWS, IOF, IPM und ILT sowie der RWTH Aachen, der TU München, dem Forschungszentrum Jülich und der AMO GmbH erweitert.

Die beantragte FMD-QNC-Forschungsfabrik soll technologisch die wesentlichen derzeit erkennbaren Erfordernisse der Quanten- und Neuromorphic Computing-Forschung abdecken. Im Bereich des Quantencomputings handelt es sich beispielsweise um Farbzentren, Supraleiter, Neutralatom-, Ionenfallen- und elektrostatisch definierte Qubits. Insgesamt umfasst das Technologieangebot der FMD-QNC 4 Bereiche. Diese beinhalten

- Design, Simulation und Modellierung;
- Aufbau- und Verbindungstechnologien / Integration;
- Test, Charakterisierung und Zuverlässigkeit;
- Pilotfertigung auf Wafer Ebene.



Ein flexibles Zugangsmodell erlaubt Kunden, da einzusteigen, wo ihr Bedarf liegt – beispielsweise bei gemeinsamen Forschungsprojekten, der Entwicklung von Demonstratoren, Rapid Prototyping oder der Pilotfertigung. Zusätzlich setzt die FMD-QNC auch auf den Nachwuchs: Eine integrierte Akademie sorgt für die Ausbildung hochqualifizierter Fach- und Nachwuchskräfte durch Weiterbildungen, PhD- und PostDoc-Programme sowie ein Lehr- und Konferenzangebot. Über 50 Forschungspartner aus Industrie und Wirtschaft haben bereits Interesse an der Nutzung der FMD-QNC erklärt. Das Fraunhofer IPMS freut sich darauf, mit seiner technologischen Expertise im Quanten- und Neuromorphic Computing als starker Partner in der FMD-QNC zu agieren.



Ansprechpartner

Jörg Amelung
Stellvertretender
Institutsleiter
Tel. +49 351 8823-49691
joerg.amelung@
ipms.fraunhofer.de

Leitprojekt NeurOSmart – Sensoren lernen das Denken


Für viele Hersteller von intelligenten Sensorlösungen in Europa ist Industrie 4.0 ein bedeutender Treiber. Insbesondere in der Fabrik- und Logistikautomation kommen autonome mobile Roboter und fahrerlos geführte Fahrzeuge verstärkt zum Einsatz. Prognosen gehen davon aus, dass die nötige Rechenkapazität der Sensorperipherie von solchen Geräten in weniger als 10 Jahren jener eines Supercomputers von heute entsprechen muss. Im Fraunhofer-Leitprojekt NeurOSmart hat sich das Fraunhofer IPMS mit 4 weiteren Instituten zusammengeschlossen, um besonders energieeffiziente und intelligente Sensoren auf Basis neuromorpher Architekturen für die nächste Generation autonomer Systeme zu entwickeln.

Um autonom arbeiten zu können, sind mobile Roboter mit Sensoren und Elektronik gespickt, die es ihnen ermöglichen, ihre Umgebung wahrzunehmen und auch unvorhergesehene Situationen eigenständig zu bewältigen. Je komplizierter das Aufgabengebiet, desto intelligenter und agiler muss die Maschine sein. Allerdings geht dieser Trend mit einem erheblich steigenden Energieverbrauch einher. Um eine Lösung zu finden, entwickelt das Fraunhofer IPMS im Projekt NeurOSmart zusammen mit 4 weiteren Instituten einen neuromorphen In-Memory-Beschleuniger, der auf den jeweiligen Sensor maßgeschneidert wird. Als Vorbild dient dabei das energieeffiziente menschliche Gehirn.

Die Datenverarbeitung, also das Denken, wird durch eine neuartige analoge Computer-Speichertechnologie realisiert, die zudem in der Lage ist, Rechenoperationen durchzuführen, wenn Daten in dem System neu erfasst werden. In der Praxis wird dies genutzt, um Objekte und ihr Verhalten exakt und in Echtzeit zu erkennen. Bisher sind für diese Funktionsweise mehrere getrennt entwickelte Komponenten in Computern und eine besonders energieaufwändige Kommunikation zwischen ihnen nötig.

Das Fraunhofer IPMS entwickelt und trainiert innerhalb des Projekts den Schaltkreis des neuromorphen Beschleunigers. Dessen Kern ermöglicht die Abbildung komplexer digitaler Berechnungen für KI-Modelle auf energieeffiziente Speicheroperationen im Schaltkreis. Für die interne Steuerung der Datenflüsse wird der vom Fraunhofer IPMS entwickelte RISC-V-Prozessorkern EMSA5 mit direkten Schnittstellen zur analogen Beschleunigerbaugruppe und übergeordneten Systemen sowie Fehlerschutzmechanismen implementiert. Die Erforschung einer softwareprogrammierbaren Systemarchitektur wird dabei einen flexiblen Einsatz des Schaltkreises in einer Vielzahl von Anwendungsfällen ermöglichen.

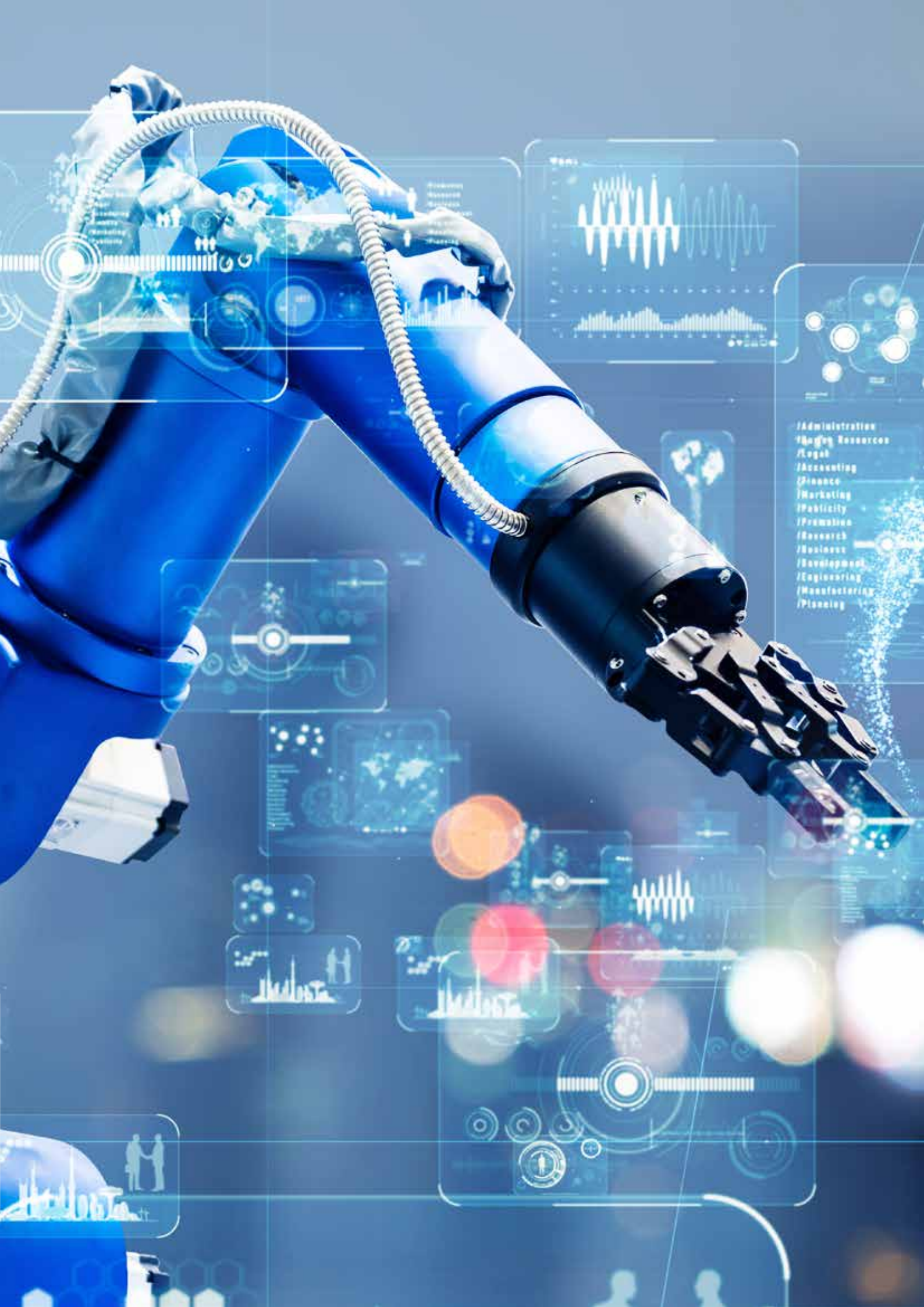
Weiterhin ist das Fraunhofer IPMS an der Erforschung des neuronalen Netzmodells für die LiDAR-Datenauswertung beteiligt. Ziel ist dabei die automatisierte Abbildung auf der verfügbaren Hardwaretopologie sowie deren Übertragung auf ein Schaltkreisdesign. Dabei erfolgt die Kommunikation zwischen Vorverarbeitung (FPGA) und Beschleuniger-Schaltkreis über eine echtzeitfähige Highspeed-Ethernet-Schnittstelle. Abschließend ist das Fraunhofer IPMS Teil der Validierung der neuen Speicherzellen-Ansätze für zukünftige Beschleunigerumsetzungen.

 www.neurosmart.fraunhofer.de

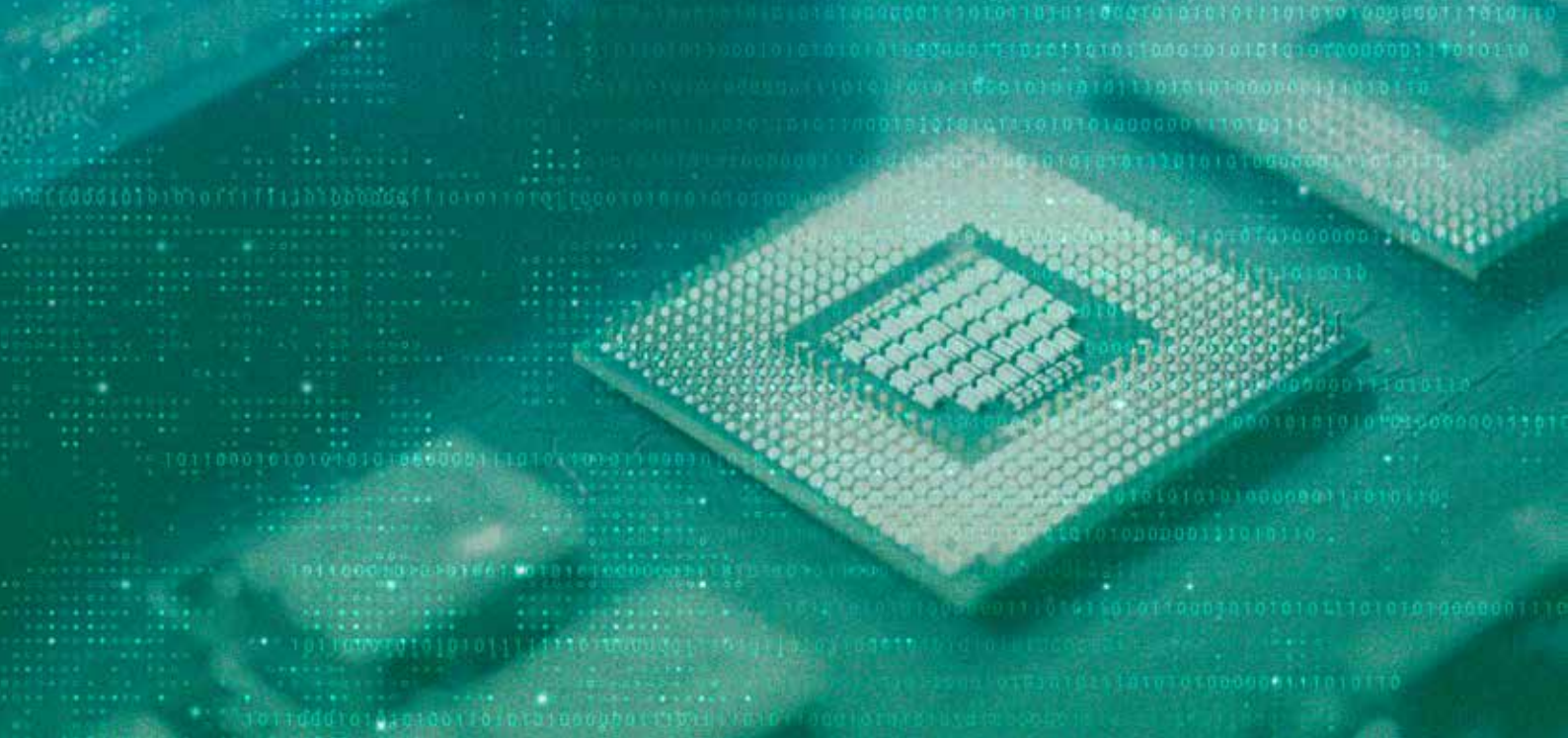


Ansprechpartnerin

Dr. Wenke Weinreich
Bereichsleiterin Center
Nanoelectronic Technologies
Tel. +49 351 2607-3053
wenke.weinreich@
ipms.fraunhofer.de



- /Administration
- /Human Resources
- /Legal
- /Accounting
- /Finance
- /Marketing
- /Publicity
- /Production
- /Research
- /Business
- /Development
- /Engineering
- /Manufacturing
- /Planning



MEMION – Memristive Redox- Transistoren für neuromorphe Rechnerarchitekturen

Um im Bereich elektronischer Datenerfassung und -verarbeitung ganz neue Maßstäbe zu setzen, rücken alternative Rechnerarchitekturen immer weiter in den Fokus – insbesondere das sogenannte Neuromorphic Computing. Dabei ist das Ziel, Architekturen zu entwerfen, die die Funktionalität eines Gehirns möglichst originalgetreu abbilden und einen hohen Grad an Plastizität ermöglichen. Das Entwicklungsziel im Projekt MEMION sind energieeffiziente Transistoren mit vielstufigem Schaltverhalten, die in neuromorphen Rechnetzenwerken eingesetzt werden können.

Die wichtigsten Grundelemente eines neuromorphen Rechners sind elektronische Synapsen. Als besonders aussichtsreich werden neuromorphe Architekturen bewertet, die auf resistiven Speichern (RRAM) basieren. Hier können durch die mehrstufigen Schalteigenschaften wesentlich höhere Informationsdichten erreicht werden. Da der Widerstand solcher Elemente von ihrer eigenen Historie abhängt, werden solche Elemente oft als Memristoren bezeichnet.

Im Vergleich zu klassischen RRAM-Elementen, bei denen die Leitfähigkeit des Kanals durch die Bildung von Filamenten (kontrollierter Durchbruch) verändert wird, erlauben elektro-chemische bzw. Redox-Transistoren sehr viel höhere Zustandsdichten bei besserer Genauigkeit. Im Projekt MEMION wird am Fraunhofer IPMS ein lithumbasierter synaptischer Transistor mit Prozessen der Halbleitertechnologien hergestellt und charakterisiert. Das Konzept basiert auf einem batterieähnlichen Schichtstapel mit Festelektrolyt auf Siliziumsubstrat, der gut integrierbar und skalierbar ist. Ein niedriger Energieverbrauch und einfache Strukturen sind dabei essenziell, um hochintegrierte Speicher realisieren zu können.

Ziel ist ein Bauelement, das sich mit äußerst geringem Leistungsverbrauch zwischen Spannungszuständen schalten lässt. Dazu wurden nanoskopische Teststrukturen konzipiert und hergestellt. Die Lamellenanordnung bietet eine Strukturbreite von 50 nm, um Widerstandsmessungen mit hohem Signal-Rauschabstand zu ermöglichen. Die einstellbare Änderung der Materialeigenschaften in Abhängigkeit von dem Lithiumierungszustand von Lithiumtitanat konnte am Beispiel der ionischen Leitfähigkeit erfolgreich demonstriert werden.

 s.fhg.de/MEMION-de



Ansprechpartner

Sascha Bönhardt
Gruppe Low Power
Functions
Tel. +49 351 2607-3026
[sascha.boenhardt@
ipms.fraunhofer.de](mailto:sascha.boenhardt@ipms.fraunhofer.de)



SEC-Learn – Sensor Edge Cloud for Federated Learning

Komplexe Informationssysteme und Digitaltechnologien sind wesentliche Faktoren für das wirtschaftliche Wachstum und die Wettbewerbsfähigkeit Europas. Durch die fortschreitende Digitalisierung wächst die Menge an zu erfassenden und auszuwertenden Sensordaten rapide an, was mit hohen Ansprüchen an Soft- und Hardware einhergeht. Zudem werden zunehmend höhere Anforderungen an den Datenschutz sowie die -sicherheit gestellt. Herkömmliche Computing-Technologien stoßen bezüglich Geschwindigkeit, Leistungsfähigkeit und Energieeffizienz an ihre Grenzen. Daher verfolgt das Fraunhofer IPMS im Projekt SEC-Learn neuartige Ansätze aus dem Neuromorphic Computing, um beispielsweise rechenintensive Aufgaben auch in Anwendungen wie mobilen Endgeräten oder Fahrzeugen realisieren zu können, bei denen die Energie- und Speicherkapazitäten begrenzt sind.

Viele Verfahren, die das Auswerten, Kategorisieren oder Darstellen riesiger Datenmengen verlangen, stützen sich heutzutage auf Künstliche Intelligenz (KI). Einerseits gehen die dadurch generierten vielen Datensätze mit einem gesteigerten Energiebedarf einher, andererseits werden die Daten zentral gespeichert, was Risiken aus Sicht des Datenschutzes und der Datensicherheit mit sich bringt. Wünschenswert sind also neue Ansätze, die sowohl

Energieeffizienz als auch Sicherheitsaspekte vereinen. Im Projekt SEC-Learn forscht das Fraunhofer IPMS mit zehn weiteren Fraunhofer-Instituten an der Entwicklung einer neuromorphen Computing-Architektur für föderiertes Lernen.

Föderiertes Lernen bezeichnet einen Ansatz, bei dem KI-Algorithmen so trainiert werden, dass Daten auf mehreren Geräten oder Servern verteilt gespeichert werden. Im Gegensatz zu klassischem Cloud-basierten maschinellem Lernen besteht der Vorteil darin, dass sensible Daten in lokalen Systemen verbleiben – ein großer Gewinn in puncto Datenschutz und Datensicherheit. Bei der im Projekt SEC-Learn entwickelten Plattform sollen zusätzlich neuromorphe Hardwarebeschleuniger zum Einsatz kommen, die eine um einige Größenordnungen geringere Leistungsaufnahme aufweisen. Getestet werden die Entwicklungen an zwei Use Cases – der Spracherkennung für Sprachassistenten und der Bilderkennung für autonomes Fahren. Das Fraunhofer IPMS nutzt im Projekt seine Expertise in neuartigen Speichertechnologien, insbesondere eingebettete nicht-flüchtige Speicher (NVM) in fortgeschrittenen Technologieknoten. Diese ermöglichen eine lokale Integration von Logikelementen und somit In-Memory-Computing.

 s.fhg.de/SECLearn



Ansprechpartner

Dr. Thomas Kämpfe
Gruppenleiter Integrated
RF & AI
Tel. +49 351 2607-3215
[thomas.kaempfe@
ipms.fraunhofer.de](mailto:thomas.kaempfe@ipms.fraunhofer.de)

TEMPO – Technologie und Hardware für neuromorphes Computing

Neuromorphes Computing ist ein neuer Ansatz für das Design von mikroelektronischen Chips, der sich von den leistungsstarken und effizienten biologischen neuronalen Netzen inspirieren lässt. Neuromorphe Chips sind in der Lage, Daten mit ultraniedriger Leistungsaufnahme zu erfassen, auszuwerten und zu steuern. Um die Technologie an die Anforderungen von zukünftigen Produkten weiterzuentwickeln, ist jedoch noch Forschungsarbeit in Bezug auf Hardware-Design und Algorithmen nötig. Das Projekt TEMPO setzt sich daher zum Ziel, die Energieeffizienz neuromorpher Hardware deutlich zu verbessern, um neuartige Anwendungen in der Industrie, im Gesundheitswesen und im Bereich Automotive zu ermöglichen.

Das Fraunhofer IPMS beschäftigt sich dabei mit der technologischen Umsetzung von mikroelektronischen Komponenten mit besonders niedriger Leistungsaufnahme, die auch für Anwendungen im Bereich Künstliche Intelligenz, IoT und Edge

Computing nutzbar sein werden. Ein Teilaspekt sind neuartige Speicherkonzepte sowie die Integration zusätzlicher Funktionsmodule aus ferroelektrischen Kondensatoren. Außerdem kooperiert das Fraunhofer IPMS innerhalb des Projekts direkt mit Industriepartnern, um die spätere industrielle Umsetzbarkeit der neuromorphen Schaltungen und Chips sicherstellen zu können.

Insgesamt haben sich im Projekt 19 europäische Partner zusammengeschlossen. Das Fraunhofer IPMS forscht an Chips im 28 Nanometer-Technologieknoten von Globalfoundries, um den Verbindungsaufbau zu verkleinern sowie Leckströme und Prozessschwankungen zu reduzieren. Die Chips werden zunächst in Bilderkennungssystemen eingesetzt, beispielsweise für das autonome Fahren oder für die Verarbeitung von Sensordaten in Radarsystemen. Ziel ist es, die Leistungsaufnahme aufgrund des neuromorphen Chip-Designs und der angepassten Peripherie um einige Größenordnungen zu reduzieren.

 www.tempo-ecsel.eu



Ansprechpartner

Dr. Thomas Kämpfe
Gruppenleiter Integrated
RF & AI
Tel. +49 351 2607-3215
thomas.kaempfe@
ipms.fraunhofer.de



StorAlge – Neue Speicher- technologie für Edge-KI- Anwendungen

Künstliche Intelligenz (KI) wird heute in immer mehr Anwendungen eingesetzt und bereits als Schlüsseltechnologie für elektronische Komponenten und Systeme angesehen. Heutige KI-Technologien sind ineffizient, teuer und leiden häufig noch unter einer geringen Akzeptanz in der Bevölkerung. Im Projekt StorAlge hat sich das Fraunhofer IPMS mit europäischen Partnern zusammengeschlossen, um eine Plattform für siliziumbasierte KI-Chips zu entwickeln, die hochleistungsfähig, energieeffizient und sicher ist und wettbewerbsfähige Edge-KI-Anwendungen im Automobil-, Industrie-, Sicherheits- und Consumerbereich ermöglicht.

Die meisten KI-Systeme werden heutzutage zur Datenanalyse und für datengesteuerte Entscheidungen eingesetzt. Edge-KI-Ansätze, bei denen direkt im Auswertechip des Sensors eine intelligente Datenanalyse durchgeführt wird, bieten dabei große Vorteile: Entscheidungen können schneller getroffen werden (Latenz), ohne auf Netzwerkverbindungen angewiesen

zu sein (geringere Bandbreitennutzung). Außerdem müssen große Datenmengen nicht über ein Netzwerk hin- und hergeschoben werden (geringere Datenspeicherung). Dies reduziert insgesamt den Stromverbrauch des Systems. Da Daten lokal verarbeitet werden, erhöht sich gleichzeitig die Sicherheit.

Die wesentliche Herausforderung des Projekts besteht darin, das Design komplexer Systems-on-Chip für intelligentere, sicherere, flexiblere, stromsparende und kostengünstigere Anwendungen zu entwickeln. Um dies zu ermöglichen, setzt das Fraunhofer IPMS auf ferroelektrische Feldeffekttransistoren (FeFETs). Diese werden direkt auf dem Halbleiterchip implementiert. So kann das Institut seine Erfahrungen bei der Integration, Charakterisierung und Optimierung der ferroelektrischen Speichertechnologie ausbauen.

 s.fhg.de/StorAlge

 storage.eu



Ansprechpartner

Konrad Seidel
Gruppenleiter
Emerging Memories
Tel. +49 351 2607-3059
[konrad.seidel@
ipms.fraunhofer.de](mailto:konrad.seidel@ipms.fraunhofer.de)

Velektronik – Vertrauen ist besser

Eine zukunftsorientierte Gesellschaft ist in allen relevanten technischen Anwendungsdomänen – ob in kritischen Infrastrukturen, in der Industrie 4.0, im Automobilbereich oder auch bei medizinischen Geräten – auf elektronische Komponenten angewiesen. Um Elektronik sicher und zuverlässig einzusetzen, muss man nachvollziehen können, woher sie kommt, was sie tut und wie sie aufgebaut ist. Aktuell gibt es zwar einige technische Lösungen im Sinne einer vertrauenswürdigen Elektronik, aber noch keine durchgängige Methodik, die die komplette Wertschöpfungskette ausreichend einbezieht. Das im März 2021 gestartete Forschungsprojekt Velektronik setzt hier an. Das Fraunhofer IPMS beschäftigt sich im Projekt mit vertrauenswürdigen Fertigungsverfahren.

Technologische Souveränität bedeutet, dass wir vor dem Hintergrund einer stark internationalisierten Wertschöpfung die Hoheit darüber behalten, welche konkreten Eigenschaften die elektronischen Komponenten unserer Produkte aufweisen. Konkret ist Elektronik also dann vertrauenswürdig, wenn sie all unseren Erwartungen an die Funktionalität entspricht und gleichzeitig keine Hintertüren oder Schwachstellen für Angreifer und Manipulationen offenlässt. In diesem Sinne entwickelt das Projekt Velektronik eine Plattformlösung, die die komplette Wertschöpfungskette berücksichtigt, um konkrete Konzepte für vertrauenswürdige Elektronik zu liefern. Dafür konzentrieren sich die Partner darauf, eine technologische Übersicht zu schaffen,

Beiträge zur notwendigen Standardisierung zu erstellen und das Netzwerk von Forschung und Wirtschaft sowie das letztendliche Know-how aufzubauen.

Die Verbundplattform Velektronik wird von der Geschäftsstelle der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland koordiniert. Dabei werden übergreifende Fragestellungen im Rahmen der drei Säulen, Design, Fertigung und Analyse der Mikroelektronik-Wertschöpfungskette adressiert. Erforscht und zusammengetragen werden dafür beispielsweise Entwurfsmethoden, Analyseverfahren und Ansätze für besonders vertrauenswürdige Fertigungsverfahren für die Kleinserie.

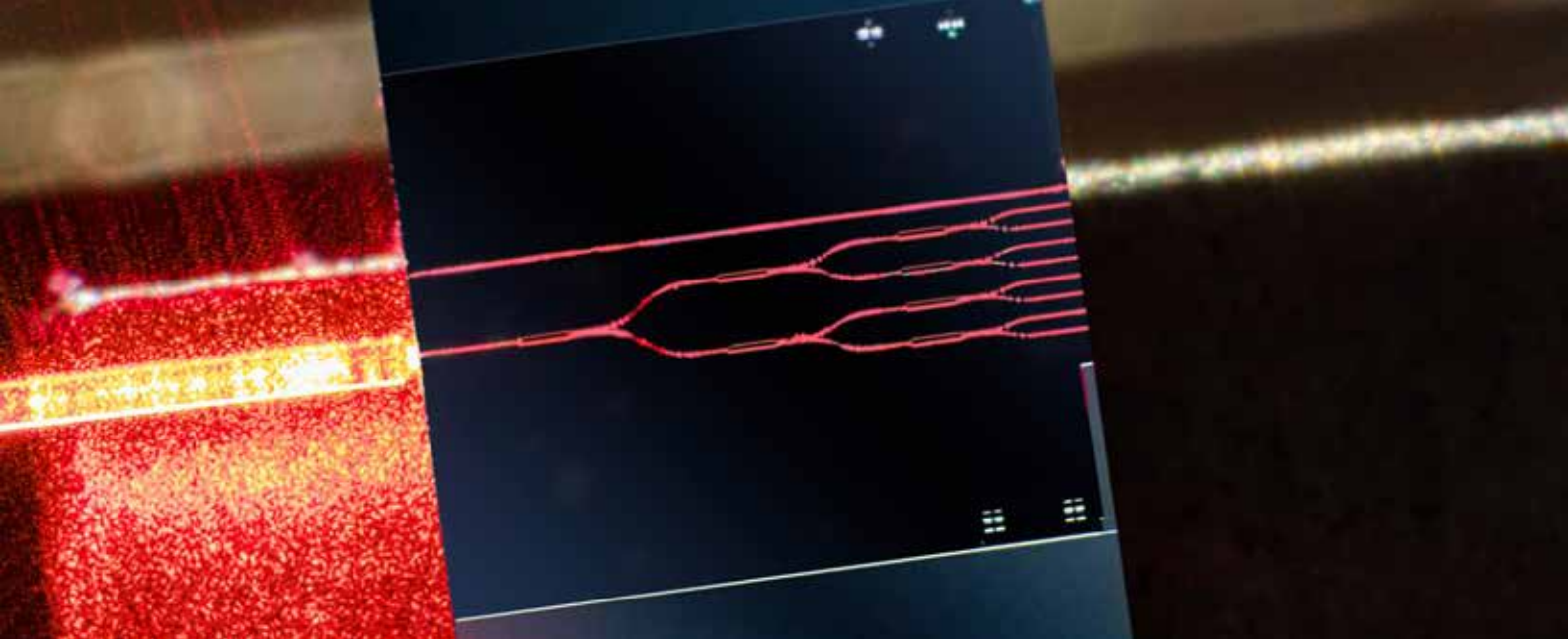
Das Fraunhofer IPMS beschäftigt sich innerhalb des Projekts mit der Fertigung elektronischer Bauelemente an verschiedenen Fertigungsstandorten, dem sogenannten „Split Manufacturing“. Darunter versteht man den Ansatz, einen Chip durch unterschiedliche Foundries zu bearbeiten und aufbauen zu lassen. Dabei kann beispielsweise der Aufbau der CMOS-Backplane von der MEMS-Fertigung losgelöst werden, was typischerweise so in den internationalen Wertschöpfungsketten vorzufinden ist. Im Sinne der vertrauenswürdigen Elektronik gilt es, die IP der Einzelkomponenten zu schützen, Schnittstellen und Funktionalitäten zu erhalten und dennoch Sicherheitsmerkmale in Hard- und Software vorzusehen.

 www.velektronik.de



Ansprechpartner

Thomas Zarbock
Bereichsleiter Engineering,
Manufacturing & Test
Tel. +49 351 8823-372
thomas.zarbock@ipms.fraunhofer.de



Test-Kit für hochgenaue selbst-ausrichtende Montagetechnologie zur Integration von Lichtquellen und Detektoren mit photonischen integrierten Schaltungen

Silhouette – Photonische Lösungen für eine abhörsichere Kommunikation

Weltweit wird an einer verbesserten Sicherheit von vernetzten Geräten gearbeitet, um sensible Daten vor einer missbräuchlichen Nutzung durch Dritte zu schützen. Dabei kommen immer stärkere, hardwareunterstützte kryptografische Algorithmen zum Einsatz. Doch mit stetig steigenden Kommunikationsgeschwindigkeiten entsteht ein zunehmend negatives Kosten- und Energiebudget. Eine Lösung findet sich in der Erweiterung der siliziumbasierten Technologien um photonische Spezialkomponenten. Im Projekt Silhouette entwickelt das Fraunhofer IPMS daher eine universelle Plattformlösung zur Entwicklung solcher hybriden Systeme. Wesentlicher Kernpunkt ist es, sicherheitskritische elektrische Signale konsequent in optische Signale zu wandeln, weiter zu verarbeiten bzw. zu validieren und schließlich zurück zu wandeln. Denn allein die photonischen Übertragungskanäle bieten den Vorteil, sowohl kaum manipulierbar als auch abhörsicher zu sein.

Der hybride Ansatz erlaubt den Einsatz bereits bestehender sicherheitskritischer Komponenten von Drittanbietern, sodass die aktuelle Anwendungsbreite im Idealfall erhalten bleiben kann. Das Projekt umfasst die komplette Wertschöpfungskette: Vom Design der elektrischen und optischen Komponenten über die Fertigung, die Aufbau- und Verbindungstechnik bis hin zur Test- und Prüfmethodik. Um eine Technologiesouveränität und Vertrauenswürdigkeit auch im Design- und Herstellungsprozess gewährleisten zu können, wird die angestrebte elektro-optische Plattformlösung im europäischen Wirtschaftsraum verortet.

Das Fraunhofer IPMS bringt seine Erfahrung im Bereich der Integration besonders energiesparender Komponenten für IoT-Anwendungen ein. Weiterhin werden drei unterschiedliche Konzepte eines quantenkryptografisch sicheren Schlüsselgenerators auf Basis kryptografischer Multimodeinterferometer (k-MMI) hinsichtlich ihrer Performance, Sicherheit und Risiken bewertet. Mit dem bestgeeigneten Konzept wird eine k-MMI-Komponente gefertigt und dessen Funktionsnachweis durch kryptografische Analysemethoden erbracht. Außerdem wird am Institut die Entwicklung der offenen RISC-V-Peripheriekomponenten auf elektronischer Seite umgesetzt. Dabei stehen sowohl die digitale als auch die analoge Ansteuerung und Auswertung der photonischen Erweiterungen im Fokus.

 s.fhg.de/Silhouette-de



Ansprechpartner

Marcus Pietzsch
Gruppenleiter IP Cores & ASICs
Tel. +49 351 8823-355
marcus.pietzsch@ipms.fraunhofer.de



Vertrauenswürdige Chips durch fälschungssichere RFID-Label

Die Entwicklung und Fertigung elektronischer Komponenten und Systeme findet heutzutage über den gesamten Globus verteilt statt. Dies macht den Sicherheitsaspekt für Hersteller und Anwender zu einer zentralen Fragestellung. Von besonderer Wichtigkeit ist dabei der Nachweis, dass im Herstellungsprozess nur vertrauenswürdige Komponenten verbaut wurden. Bisherige technische Lösungen scheiterten an den Kosten und der Größe. Das Fraunhofer IPMS hat einen nur 1,5 mm² großen RFID-Tag entwickelt, der als fälschungssicheres Label in jeden einzelnen mikroelektronischen Chip integriert werden und so die Vertrauenswürdigkeit sicherstellen kann.

Der Fertigungsprozess moderner elektronischer Bauelemente und Systeme kann heutzutage nur über Begleitpapiere und aufgedruckte Seriennummern nachverfolgt werden. Dies birgt das Risiko eines gezielten Einbringens zusätzlicher Funktionalität, um Information über das System zu erlangen und so die Sicherheit zu umgehen. Von vertrauenswürdiger Elektronik kann so keine Rede sein.

Das Fraunhofer IPMS verfolgt eine Lösung durch einen nur 1,5 mm² großen, fälschungssicheren RFID-Tag, der in jedem einzelnen mikroelektronischen Chip integriert werden kann und so die gesamte Lebensdauer überwacht. Der Chip arbeitet vollständig autonom und besitzt keine elektrische Verbindung zu seiner Umgebung – er ist dadurch manipulationssicher. Zur Energieversorgung werden Energy-Harvesting-Prinzipien genutzt. Der Datenverkehr wird über kryptografische Verfahren abgesichert.

Im Projekt werden die technischen Parameter verbessert, um eine breitere Anwendbarkeit zu erreichen. So wird beispielsweise der Leseabstand zwischen Lesegerät und Authentifizierungschip auf ca. 5 cm verzehnfacht, die Chipfläche unter 1 mm² verkleinert und die Authentifizierungsgeschwindigkeit auf unter 100 ms gesenkt. Erreicht wird all dies durch die Nutzung von Millimeterwellen-Frequenzbändern bei über 60 GHz, durch die eine Verkleinerung der Antenne erzielt werden kann sowie den Einsatz modernster CMOS-Technologie, um das System über Energy-Harvesting-Baugruppen mit einer extrem niedrigen Versorgungsspannung von 0,4 V batterieles betreiben zu können. Weiterhin wird die Anwendung der Technologie in weiteren Branchen validiert (Logistik, Echtheitsnachweis von Medikamenten, Asset-Tracking).

 s.fhg.de/TrustedElectronics



Ansprechpartner

Dr. Frank Deicke
Geschäftsfeldleiter Wireless
Microsystems
Tel. +49 351 8823-385
frank.deicke@ipms.fraunhofer.de



TRAICT II – Trusted resource aware ICT

Das Projekt TRAICT II verbindet die beiden hochaktuellen Forschungsgebiete der vertrauenswürdigen und nachhaltigen Elektronik, indem es die folgenden Fragen aufwirft: Wie kann die Verlässlichkeit und Vertrauenswürdigkeit kritischer elektronischer Komponenten und Systeme in global verflochtenen Liefer- und Wertschöpfungsketten gewährleistet werden? Und wie kann man gleichzeitig Ressourcen schonen und die Energieeffizienz von elektronischen Komponenten und Systemen steigern? Zur Beantwortung dieser Fragen bietet sich der Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie wie kein anderer an.

Die Informations- und Kommunikationstechnologie (IKT) gilt in unserer modernen, vernetzten Welt als eine der wichtigsten kritischen Infrastrukturen, sowohl für Endverbraucher als auch für die Industrie. Als solches stützt sich die IKT essenziell auf die Verfügbarkeit von mikroelektronischen Komponenten und Systemen, die sowohl vertrauenswürdig sind, um Daten zu schützen, als auch besonders effizient, um die immer höheren Datenmengen aus Gesichtspunkten der Energieeffizienz weiterhin handhabbar zu halten. Daher forscht das Fraunhofer IPMS im Projekt TRAICT II mit seinen Partnern an vertrauenswürdigen und energieeffizienten Hardware- und Softwarekomponenten für moderne 5G-Kommunikationstechnologie.

Im Projekt werden vertrauenswürdige Systemarchitekturen und Komponenten untersucht. Dabei werden 5G-Hardwarekomponenten mit Hilfe neuer Prüfverfahren und Reverse Engineering von der Baugruppe bis zur Transistorebene analysiert und daraus eine neue Methodik für die Prüfung entwickelt. Das Fraunhofer IPMS bringt seine Expertise im Bereich der RISC-V-Plattform ein und arbeitet an integrierten, funktionell sicheren RISC-V-Subsystemen zur Echtzeitkommunikation: eine dynamisch rekonfigurierbare Embedded Plattform für Software/Hardware-Co-Designs für die industrielle und automobilen Kommunikation. Außerdem wird der Prototyp eines Sicherheitsmoduls auf RISC-V-Basis demonstriert, welches die Sicherheit von kritischen Netzkomponenten und intelligenten Sensoranwendungen erhöht.

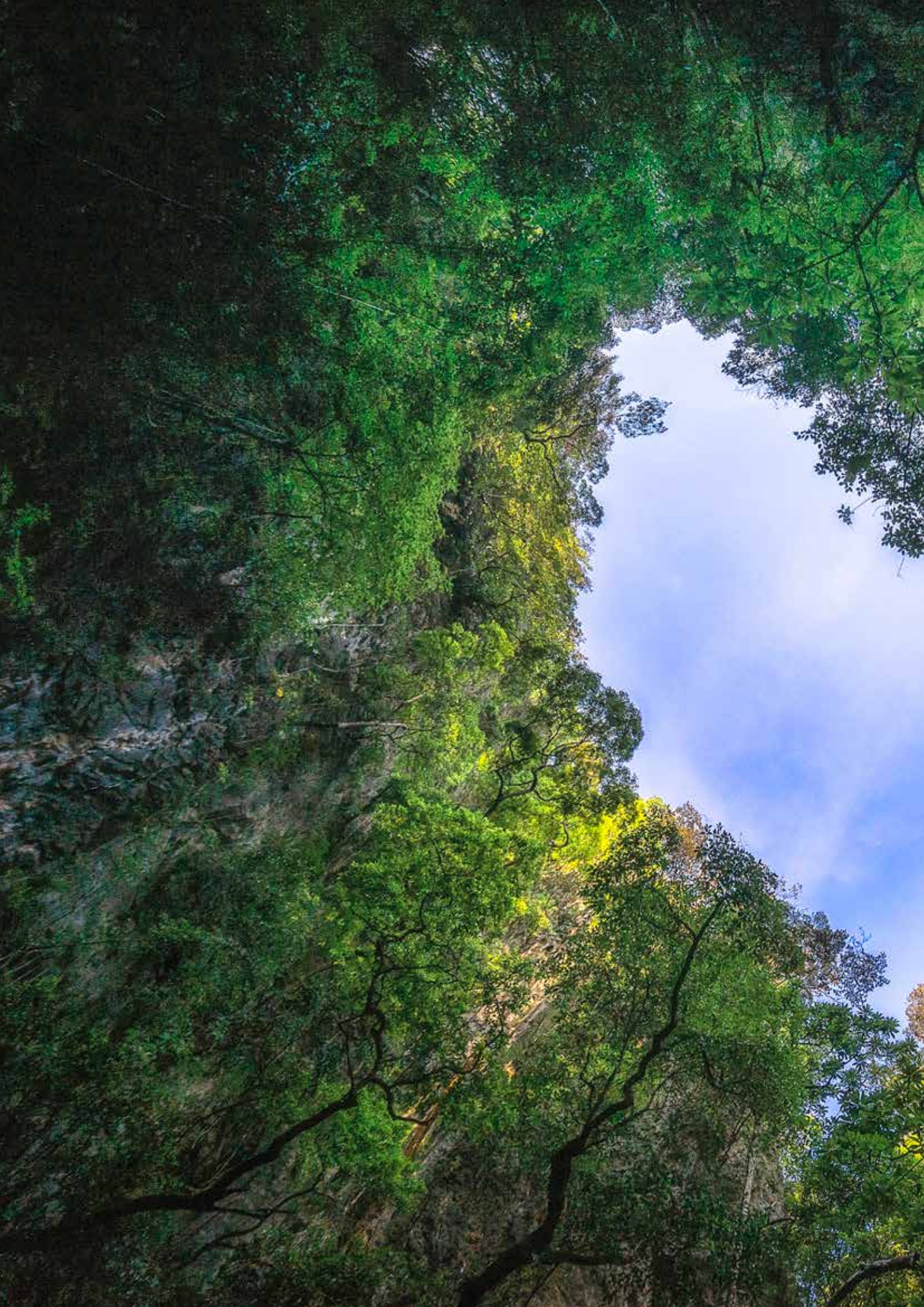
Die Energieoptimierung des Systems wird sowohl lokal in Komponenten, Subsystemen und Baugruppen als auch bei verteiltem Rechnen und im System anhand von KI-basierten Modellen realisiert. Neuartige Halbleitermaterialien für mikroelektronische Komponenten in Edge- und Sensor-Devices ermöglichen hier signifikante Energieeinsparungen im Vergleich zu bestehenden Technologien.

 s.fhg.de/TRAICT2



Ansprechpartner

Marcus Pietzsch
Gruppenleiter IP Cores &
ASICs
Tel. +49 351 8823-355
[marcus.pietzsch@
ipms.fraunhofer.de](mailto:marcus.pietzsch@ipms.fraunhofer.de)





Nachhaltigkeit und Gesundheit

Nachhaltigkeit und Gesundheit sind – wie keine anderen zwei Schlagworte – 2021 relevant: Der Klimawandel schreitet unaufhaltsam fort; die Corona-Pandemie hat unser Leben deutlich verändert.

Am Fraunhofer IPMS forschen wir an nachhaltiger Elektronik - im Bereich der besonders energieeffizienten Bauelemente, aber auch an neuen Konzepten, wie schon im Herstellungsprozess saubere Materialien eingesetzt und Energie gespart werden können.

Und für die Gesundheit der Menschen wollen wir mit intelligenter Medizintechnik einen Beitrag leisten. So haben wir neue Technologien zur Früherkennung von Krankheiten entwickelt.

Wir laden Sie herzlich ein, sich auf den folgenden Seiten über unsere Forschung zu informieren.

Green ICT – Auf dem Weg zur nachhaltigen Mikroelektronik

In unserer hochdigitalisierten Gesellschaft steigt der Gesamtenergieverbrauch der Informations- und Kommunikationstechnik kontinuierlich an. Gleichzeitig besteht das Ziel der weltweiten Reduktion der CO₂-Emissionen. Dies stellt die Mikroelektronik vor die Herausforderung, die erforderlichen Ressourcen sowohl für Herstellung als auch für den Betrieb von elektronischen Systemen zu reduzieren und nachhaltigere Lösungen zu verfolgen. In dem geplanten Vorhaben „Green ICT @ FMD“ soll ein Kompetenzzentrum unter der Leitung der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) entstehen, das einen deutlichen Beitrag zur Umsetzung der Green-ICT-Mission der Bundesregierung leistet.



Ziel des Green-ICT-Kompetenzzentrums ist es, als zentraler Ansprechpartner für Industrie, Politik und Wissenschaft in Deutschland und Europa zu fungieren. Dabei sollen technologieübergreifende Green-ICT-Gesamtlösungen bis zu einem hohen technischen Reifegrad aus einer Hand für Partner in Wirtschaft und Wissenschaft angeboten werden. Das Zentrum orientiert sich dabei an den unterschiedlichen Bewertungsdimensionen „grüner“ ICT-Systeme – wie beispielsweise geringer Energieverbrauch im nominellen Betrieb, Vermeidung toxischer Materialien oder auch Verbesserung der Recyclingfähigkeiten mikroelektronischer

Systeme. Weitere Angebote, wie eine Studierenden-Akademie sowie ein umfassendes Weiterbildungs- und Qualifizierungsprogramm für die Wirtschaft zu „grünen“ Technologien und Systemen, werden als flankierende Maßnahmen etabliert, um zum verbesserten Know-how-Transfer beizutragen und Fachkräfte im Bereich Green ICT auszubilden.

Das Fraunhofer IPMS konzentriert sich innerhalb des Gesamtvorhabens zum einem auf neue Hardwarekonzepte zur Energieoptimierung von intelligenten Sensorsystemen (Sensor-Edge-Cloud-Systeme). Zum anderen werden Angebote für die Entwicklung von energiesparenden Kommunikationsinfrastrukturen, beispielsweise durch den Einsatz der besonders effizienten und strahlungsarmen optischen LiFi-Datenübertragungstechnologie, bereitgestellt. Ein weiterer Fokus liegt auf der optimierten Nutzung von Ressourcen innerhalb der Herstellungsprozesse. Neben der Reduktion des Ressourcenbedarfs sollen auch Prozesse mit alternativen Materialtypen evaluiert und angeboten werden. Da die Reinraum-Infrastruktur einen wesentlichen Faktor hinsichtlich des umwelttechnischen Impacts von elektronischen Systemen darstellt, befasst sich das Fraunhofer IPMS zudem mit einer optimierten Steuerung der Infrastrukturtechnik (z. B. der Umlufttechnik) und der Nutzung von Rückgewinnungselementen (Kälteenergie-Rückgewinnung bzw. Kraft-Wärme-Kopplung). So möchte das Institut auch am eigenen Standort einen Schritt in eine grüne Mikroelektronik-Zukunft gehen.

 s.fhg.de/GreenICT



Ansprechpartner

Jörg Amelung
Stellvertretender
Institutsleiter
Tel. +49 351 8823-4691
[joerg.amelung@
ipms.fraunhofer.de](mailto:joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de)

Umweltschonende Reinigungs- technologien in der Mikrochipfertigung

Viele Einzelprozessschritte sind nötig, bevor in der Mikroelektronik ein Chip entsteht. Dabei ist es immer wieder notwendig, Wafer zu reinigen oder bestehende Schichten ganz oder teilweise zu entfernen. Üblicherweise geschieht dies unter Nutzung von aggressiven chemischen Reinigungsverfahren. Am Fraunhofer IPMS wird zusammen mit der intelligent fluids GmbH eine alternative Technologie entwickelt, die leistungsfähiger, kostengünstiger und vor allem umweltfreundlicher ist.

Die auf Phasenfluiden basierende Technologie setzt neue Standards in Sachen Umweltfreundlichkeit, Arbeitssicherheit und Anlagenverträglichkeit und stellt einen großen Schritt in Richtung Green Fab bei der Halbleiterproduktion dar. Zudem können Prozessabläufe vereinfacht werden, was Einsparungen bei der Produktionszeit und den Verbrauchsmitteln mit sich bringt und neue Anwendungsszenarien bei der Prozessintegration ermöglicht.

Im Gegensatz zu herkömmlichen Verfahren, bei denen z. B. Fotolacke mittels aggressiven Lösungsmitteln und zum Teil toxischen Chemikalien aufgelöst und im Anschluss aufwendig entsorgt werden, unterwandern Phasenfluide die entsprechenden Schichten, fragmentieren sie und „heben“ diese defektfrei von der Waferoberfläche ab. Im Anschluss werden das Phasenfluid und der abgelöste Fotolack mit DI-Wasser abgespült und rückstandsfrei entfernt. Da kein chemisch-aggressives Auflösen der Kontaminationen oder Beschichtungen stattfindet, werden selbst sensible Substrate und Oberflächen nicht angegriffen und demzufolge geschont. Die Technologie für Fotolackentfernung im Front-End-Bereich für den industriellen Einsatz in 300-mm-Fertigungsanlagen wird vom Leipziger Technologieunternehmen intelligent fluids in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IPMS qualifiziert. So entsteht eine umweltschonende Reinigungstechnologie, die in die Halbleiterfertigungen der nächsten Generation integriert werden können.

 s.fhg.de/Reinigungstechnologie



Ansprechpartnerin

Dr. Wenke Weinreich
Bereichsleiterin Center
Nanoelectronic Technologies
Tel. +49 351 2607-3053
[wenke.weinreich@
ipms.fraunhofer.de](mailto:wenke.weinreich@ipms.fraunhofer.de)

KODIAK – Komponenten und Module für die verbesserte optische Point-of-Care-Diagnostik

Lab-on-Chip (LOC)-Diagnostik ist heutzutage bei verschiedenen labordiagnostischen Verfahren Stand der Technik. Sie ermöglicht die automatisierte Verarbeitung und Auswertung von Proben. Diagnostische Ergebnisse können dadurch kostengünstiger, schneller und und früher zur Verfügung gestellt werden als mit der herkömmlichen Analyse in einem medizinischen Labor. Jedoch gibt es nicht für alle Anwendungsfälle Lab-on-Chip-Systeme. Zusammen mit Partnern entwickelt das Fraunhofer-Zentrum MEOS daher neue Komponenten und Module für die LOC-Diagnostik im Bereich des Zytokin-Freisetzungssyndroms.

Das Zytokin-Freisetzungssyndrom (cytokine release syndrome, CRS) kann bei einer Vielzahl von Erkrankungen und Therapien auftreten, beispielsweise bei Immunotherapie, Sepsis und Infektionserkrankungen wie z. B. Covid-19. Bei einem CRS werden im Zuge der Immunreaktion des Körpers Zytokine gebildet, die weitere Immunzellen aktivieren. Diese wandern an den Ort der Entzündung und bilden ebenfalls Zytokine, sodass eine überschießende Immunreaktion stattfindet. Diese klingt nicht wie üblicherweise automatisch ab, sondern verstärkt sich immer weiter. Da diese schwere Nebenwirkung tödlich enden kann, muss sie schnellstmöglich diagnostiziert und behandelt werden.

Um eine schnelle Analyse des CRS zu gewährleisten, müssen verschiedene Biomarker im Blut, die typisch für eine Entzündungsreaktion sind, schnell und hochsensitiv nachgewiesen werden. Dies kann über fluoreszenz- oder lumineszenz-basierte Assays auf einem mikrofluidischen Chip nachgewiesen und quantifiziert werden. Derzeit erfolgt die Diagnostik symptomatisch, d. h. zeitverzögert, unspezifisch und über Bluttests, also invasiv. Wünschenswert wäre eine Online-Überwachung, die das Auftreten von CRS sofort erkennt. Hier setzt das Verbundprojekt KODIAK an. Dabei werden neben dem biologischen Assay elektronische, optische und fluidische Komponenten sowie die zugehörigen Integrationstechniken entwickelt und deren Nutzen an einem Lab-on-Chip-System für die CRS-Diagnostik demonstriert.



Die am Zentrum MEOS tätigen Mitarbeitenden des Fraunhofer IZI entwickeln im Rahmen von KODIAK das Lumineszenz-Assay zur CRS-Detektion. Der Nachweis erfolgt in optisch transparenten mikrofluidischen Kavitäten, an die SPAD (Single Photon Avalanche Diode)-Sensoren des Projektpartners IMMS zur optischen Detektion angebunden sind. Das notwendige Optik-Design stammt vom Fraunhofer IPMS. Insgesamt soll die neue Technologie dazu beitragen, ernsthafte Krankheitsverläufe früher zu erkennen, klinische Kapazitäten effektiver zu nutzen und die medizinische Versorgung von Patientinnen und Patienten zu stärken.

 [s.fhg.de/KODIAK](https://www.s.fhg.de/KODIAK)

M³Infekt – Mobiles Monitoring von Covid-19- Erkrankungen

Das Fraunhofer Clusterprojekt M³Infekt startete im Jahr 2020, um ein Monitoringsystem zu entwickeln, das ein schnelles Eingreifen bei plötzlichen medizinischen Zustandsverschlechterungen im Rahmen einer Covid-19-Infektion ermöglicht – und das auf modulare, multimodale und mobile Weise, sowohl auf Normalstationen als auch in außerklinischen Umgebungen. Zum Ende des Projekts 2021 konnten mit Beteiligung des Fraunhofer IPMS zwei Sensortechnologien auf hohem Reifegrad entwickelt werden, die erfolgreich bei Messungen im Klinikumfeld getestet wurden. Die Systeme können somit dabei helfen, Krankheitsverläufe abzumildern, die Therapiedauer zu verkürzen und Intensivtherapiestationen flexibel zu nutzen.

Im Rahmen des Projekts wurden Systeme im Bereich der körpergetragenen Sensorik, der berührungslosen Vitalparameter-Erfassung sowie der Atemluftanalyse entwickelt. Gemessen wurden Parameter des Herz-Kreislaufsystems (u. a. Herzrate, EKG, Sauerstoffsättigung, Durchblutungssituation) und der Atmung (u. a. Atemfrequenz/-volumen, Atemluftanalyse). Als Basis zur Auswertung wurden KI-basierte Methoden gewählt, die die Diagnosestellung erleichtern.

Das Fraunhofer IPMS beschäftigte sich im Projekt auf technologischer Seite vorrangig mit zwei Themen: der ultraschallbasierten Atemanalyse sowie der Ionenmobilitätsspektrometrie (IMS) für die Biomarker-Erkennung. Zur Erfassung von physikalischen Atmungsparametern (z. B. Atemvolumen und Atemfrequenz) wurde ein Ultraschallspirometer entwickelt, bestehend aus einem Mehrwegsystem für Elektronik und Datenverarbeitung sowie einem Einwegmodul für die Sensorik. Die neu gewonnenen Erkenntnisse zu den einzelnen Komponenten des Spirometers, deren technische Herausforderungen und das Feedback aus der klinischen Studie sowie den Gesprächen mit klinischem Fachpersonal offenbarten großes Potenzial für die Weiterentwicklung des Systems.



Bei der IMS wurde am Zentrum MEOS gemeinsam mit Mitarbeitenden aus dem Fraunhofer IZI ein Probennahmesystem für die Atemluft etabliert. Hierfür muss in einen sog. Tedlar® Bag ausgeatmet werden: Dies erfolgt entweder über einen Schlauch und ein optionales Mundstück durch den Mund oder über einen Nasenadapter durch die Nase. Beide Systeme wurden innerhalb des Projektes an Referenzgeräten sowie in der Klinik getestet, um die jeweiligen Vor- und Nachteile zu erfassen und bewerten. Ergänzend zu diesem Ansatz wurde ein funktionsfähiger Labordemonstrator auf Basis eines MEMS-Filterbauelements, der die sogenannte Field Asymmetric Ion Mobility Spectrometry (FAIMS) ermöglicht, entwickelt.

Das M³Infekt-Konsortium unter Leitung des Fraunhofer IIS und des Fraunhofer-Zentrums MEOS bestand aus 10 Fraunhofer-Instituten und 4 medizinischen Partnern. Bis Projektende im September 2021 erfolgte die Entwicklung der Sensormodule. Deren klinische Erprobung sowie die Systemintegration geschieht im Anschluss.

 [s.fhg.de/M3infekt-de](https://www.s.fhg.de/M3infekt-de)



Ansprechpartner

Dr. Michael Scholles
Leiter Fraunhofer-Zentrum
MEOS
Tel. +49 361 66338-151
[michael.scholles@
ipms.fraunhofer.de](mailto:michael.scholles@ipms.fraunhofer.de)

Konfokales Mikroskop zur schnellen Erkennung von Tumorgrenzen während der Operation

Jedes Jahr erkranken ca. 500.000 Menschen in Deutschland an Krebs. Die Diagnostik und die Behandlung entwickeln sich stetig, jedoch ist es für Ärztinnen und Ärzte heute immer noch kaum möglich, den Erfolg einer Tumoresektion in sehr kurzer Zeit während einer Operation festzustellen. So ist es üblich, nach erfolgter operativer Entfernung eines Tumors, eine Gewebeprobe des Wundrandes zu entnehmen und diese im Labor pathologisch untersuchen zu lassen, um sicherzustellen, dass alle Tumorzellen entfernt wurden. Dieser Vorgang dauert bis zu 20 Minuten. Wünschenswert wäre eine Methode, die schnell, zuverlässig und direkt vor Ort im Operationsaal eingesetzt werden kann. Daher haben Mitarbeitende des Fraunhofer IPMS und des Fraunhofer IZI gemeinsam im Fraunhofer-Zentrum MEOS ein neues konfokales Mikroskop zur intraoperativen Tumordiagnostik entwickelt.

Die Unterscheidung zwischen gesundem Gewebe und Tumorgewebe ist oft nicht einfach vorzunehmen. Ziel der Operation von Tumoren ist es, tumorfreie Resektionsränder bei gleichzeitig gesteigertem Erhalt des umliegenden, gesunden Gewebes zu schaffen. Dies wird derzeit dadurch erschwert, dass mit heutigen technischen Lösungen eine dreidimensionale Darstellung des Tumorrandes nicht möglich ist. Eine histologische Analyse während der Operation ist zwar realisierbar, jedoch ist diese zeitaufwändig und nicht für alle Gewebearten durchführbar (z. B. für Knochen). Es besteht daher ein großer Bedarf für eine leicht anwendbare, optische Methode, die intraoperativ und in einem kurzen Zeitraum gesunde Gewebestrukturen von Tumorgewebe unterscheidet.

Im Fraunhofer-Zentrum MEOS haben Mitarbeitende des Fraunhofer IPMS und des Fraunhofer IZI gemeinsam ein MEMS-basiertes Laser-Scanning-Mikroskop und eine Fluoreszenz-Marker-Methode von Tumorzellen entwickelt. Ziel ist es, Tumorgrenzen bestmöglich zu lokalisieren, um den vollständigen Erhalt von z. B. Hirnzellen und Arterien während neurochirurgischer Eingriffe zu gewährleisten. Im ersten Schritt muss

dafür der Tumorrand eingefärbt werden. Hier kommt eine spezielle Methode zur spezifischen Anfärbung von Tumorzellen mittels Fluoreszenz-markierter Antikörper auf Zellebene zum Einsatz, die von Mitarbeitenden des Fraunhofer IZI entwickelt wurde. Anschließend wird durch das konfokale Mikroskop ein Bild der Schnittfläche aufgenommen. Kernstück des Mikroskops ist ein am Fraunhofer IPMS entwickelter Scannerspiegel, der es erlaubt, das Licht in x- und y-Richtung abzulenken und somit praktisch in Echtzeit ein Bild zu generieren. Damit kann im Fluoreszenzbild bei einer Bildfeldgröße von $200 \times 200 \mu\text{m}^2$ (960×960 Pixel) eine laterale Auflösung $< 1.0 \mu\text{m}$ erreicht werden. Für Schnittbilder ist das System mit einem z-Shifter mit einer maximalen Weglänge von $2000 \mu\text{m}$ und 5 nm minimaler Schrittgröße ausgestattet.

2021 wurde ein Demonstrator des Mikroskops am Fraunhofer-Zentrum MEOS in Erfurt aufgebaut und erfolgreich getestet. Dafür wurden vom Anwendungspartner, dem Helios-Klinikum in Erfurt, Gewebeproben zur Verfügung gestellt. Schwerpunkte der zukünftigen Arbeiten sind der Einsatz von Künstlicher Intelligenz (KI) zur automatisierten Erkennung von Tumoresektionsrändern, Robotik zur Schaffung eines Assistenzsystems für das chirurgische Fachpersonal sowie die Systemanpassungen für den Transfer in eine klinische Umgebung.

 s.fhg.de/LSCOnco



Ansprechpartner

Dr. Peter Reinig
Gruppe Chemische Sensorik
Tel. +49 351 8823-103
peter.reinig@ipms.fraunhofer.de



Fraunhofer

LSC-Onco

MEOS







Sensorik der nächsten Generation

Mikroelektronik, als Basis für miniaturisierte, intelligente und vernetzte Sensoren und Aktoren, ist Schlüsseltechnologie und Enabler für die Digitalisierung, IoT und Industrie 4.0.

Daher forschen wir daran, Sensoren leistungsfähiger, energieeffizienter und smarter zu machen. Durch Ansätze wie Edge Computing, bei denen die Datenverarbeitung direkt am Sensor geschieht, tragen wir außerdem zu einer erhöhten Vertrauenswürdigkeit der Systeme bei. In einer Reihe von Projekten ist es uns durch innovative Technologien zudem gelungen, mit Partnern Plattformlösungen zu entwickeln, sodass auch Mittelständler von unserer Hochtechnologie profitieren können.

Gewinnen Sie auf den folgenden Seiten einen Eindruck von unseren aktuellen Forschungsprojekten im Bereich der optischen, elektrischen, chemischen und Ultraschall-basierten Sensoren.

NextNIR – Miniaturisierte MEMS-basierte Nahinfrarot-Spektralanalyse



Vom Fraunhofer IPMS entwickeltes miniaturisiertes Nahinfrarot-Spektrometer

Zur zerstörungsfreien optischen Materialprüfung werden in vielen Bereichen bereits erfolgreich spektroskopische Verfahren eingesetzt. Der nahinfraroten (NIR) Spektralbereich mit Wellenlängen von 900 bis 1900 nm eignet sich besonders zur Analyse von Kunststoffen, Lebensmitteln und Agrarprodukten. Hier entwickelt sich ein zunehmender Bedarf an kompakten, mobilen Systemen zur schnellen, kostengünstigen NIR-Analyse vor Ort. Die Anwendungen dafür sind mannigfaltig: stringente Überwachung von Liefer- und Prozessketten, Wareneingangskontrollen sowie das Umweltmonitoring. Solche mobilen und kompakten MEMS-basierten Systeme entwickelt das Fraunhofer IPMS mit dem Industriepartner Hiperscan GmbH.

Ziel des 2021 abgeschlossenen Projektes NextNIR war die Erforschung und Erprobung von Spektroskopiesystemen im langwelligen Nahinfrarot für leistungsfähige, flexible und kostengünstige Analysen. Durch Innovationen in den Bereichen

Funktionalität, Miniaturisierbarkeit und Mobilität entstanden neue leistungsfähige und flexible optische NIR-Analysesysteme. Damit können neben der etablierten pharmazeutischen Wareneingangskontrolle des Projektpartners neue Anwendungen und Märkte, z. B. in der Lebensmittel-, Textil- und Recyclingbranche, erschlossen werden.

Das Fraunhofer IPMS entwickelte mehrere Demonstratoren für MEMS-basierte Monochromatoren zur Nahinfrarot-Spektralanalyse und hochminiaturisierte NIR-Systeme für den Einsatz in Smartphones. Darüber hinaus wurden MEMS-Entwicklungen für größere Wellenlängen durchgeführt, um mit geeigneten Beugungsgittern auch den langwelligen Nahinfrarotbereich (1400 – 2500 nm) zu adressieren. Damit werden zukünftig präzisere und zuverlässigere Analysen als bisher möglich.

Ein besonderer Meilenstein gelang dem Fraunhofer IPMS bei der Entwicklung eines hochminiaturisierten NIR-Spektrometers auf Basis von MEMS-Gitterchips. Mit einer Größe von nur $13 \times 12 \times 6 \text{ mm}^3$ hat das Modul einen freien Spektralbereich von 900 – 1850 nm und eine spektrale Auflösung $< 12 \text{ nm}$ (FWHM). So kann das Spektrometer in Standardgehäuse von mobilen Endgeräten wie Smartphones und Tablets integriert werden, was für zukünftige Anwendungen vielversprechend ist. Das Projekt wurde im Rahmen der EFRE-Technologieförderung von der Sächsischen Aufbaubank (SAB) gefördert.

 s.fhg.de/NIR-de



Ansprechpartner

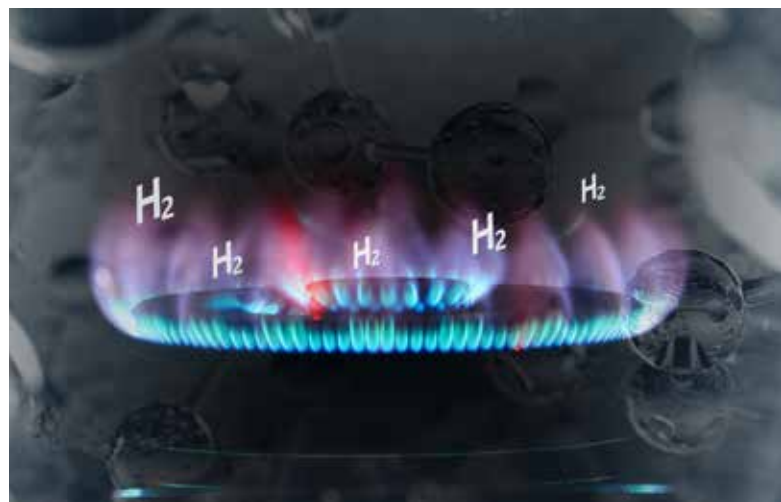
Dr. Peter Reinig
Gruppe Chemische Sensorik
Tel. +49 351 8823-103
[peter.reinig@
ipms.fraunhofer.de](mailto:peter.reinig@ipms.fraunhofer.de)

MUT4H2 – Charakterisierung des Wasserstoffanteils in Erdgassystemen

Die Verwendung von Wasserstoff als Energieträger ist ein essenzieller Baustein für die Energiewende. Neben der Herstellung sind der Transport und die Verteilung wichtige Aspekte für grünen Wasserstoff. Dafür sollen unter anderem vorhandene Erdgas-Pipelines verwendet werden. Damit Endverbraucher vor Ort die Gasgemische jedoch sicher und effektiv nutzen können, ist eine genaue Kenntnis des Gasgemisches essenziell. Daher entwickelt das Fraunhofer IPMS innerhalb des Projekts MUT4H2 erstmals eine neue Technologie zur Messung von Gasgemischen basierend auf mikromechanischen Ultraschallelementen (MUT). Diese ermöglichen eine kompakte und günstige Analyse sowie die dezentrale Überwachung bzw. Steuerung der lokalen Anlagen.

Die Charakterisierung gasförmiger Systeme, wie bei Wasserstoff im Erdgassystem, wird heute hauptsächlich mittels Gaschromatographen realisiert. Gerade für kleinere Gassysteme bei Endnutzern ist dieses Verfahren allerdings zu teuer. Dort werden für die Durchflussmessung immer noch Balgengaszähler, Drehkolbenzähler oder Turbinenradzähler eingesetzt. Sollen in Zukunft jedoch Wasserstoff-Erdgasgemische genutzt werden, braucht es eine genaue Messmöglichkeit, um die Tauglichkeit vorhandener Heizanlagen bei den Endverbrauchern sicherzustellen. Hierbei sind bestehende Anlagen bis zu einer H₂-Zumischung von 10 Vol.-% tauglich, darüber hinaus müssen die Anlagen angepasst werden.

Das neuartige Messsystem, das im Projekt MUT4H2 entwickelt wird, basiert auf Ultraschallmessungen mittels mikromechanischen Ultraschallelementen (MUT), die eine preiswerte und unkomplizierte Messung von Gasanteilen und Flussgeschwindigkeit, z. B. des Wasserstoffanteils in Erdgasen beim Abnehmer, ermöglicht. Dabei setzt das Fraunhofer IPMS in der Entwicklung auf ein Multisensorsystem bestehend aus einem Fluss-, einem Wasserstoff-, einem Druck- und einem Temperatursensor. Der Flusssensor wird basierend auf der Technologie für kapazitive mikromechanische Ultraschallsensoren (CMUT) für nicht korrodierende Gase entwickelt. Bei dem Wasserstoffsensoren setzt das Institut auf einen NEDMUT-basierten Sensor für nicht-korrodierende binäre Gase basierend auf einer Schallgeschwindigkeitsmessung.



Die Integration aller Einzelsensoren in ein kompaktes Messsystem stellt hohe Anforderungen an die Stabilität der Plattform. Das Projekt strebt eine kompakte und kostengünstige Integrations-technologie (< 50 cm³) an, die eine vorverarbeitete digitale Schnittstelle für den direkten Anschluss an eine Steuereinheit enthält. Der entwickelte Demonstrator soll damit die Basis eines Multisensorsystems für die Charakterisierung von Gasgemischen im Bereich Industrie, Heim und Mobilität bilden.

 s.fhg.de/MUT4H2



Ansprechpartner

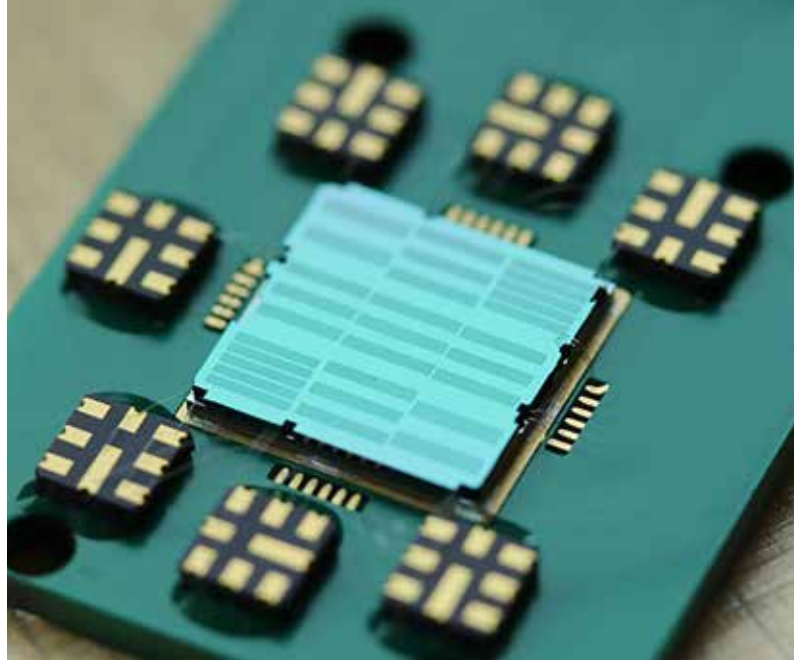
Jörg Amelung
Bereichsleiter Aktive
Mikromechanische Systeme
Tel. +49 351 8823-4691
[joerg.amelung@
ipms.fraunhofer.de](mailto:joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de)

Innovative Ultraschallsensoren für KMU

Viele Überwachungs-, Messungs- und Charakterisierungsaufgaben in der Industrie basieren heutzutage auf klassischen Ultraschallsensoren. Mikromechanische Ultraschall-Wandler (MUT) stellen dabei eine innovative und effektive Weiterentwicklung dar, die durch ihre kompakte Bauweise und ihre Leistungseffizienz neue Anwendungsbereiche erschließen können. Die Investitionskosten für die Entwicklung solcher MUTs sind für viele kleine und mittelständische Unternehmen (KMUs) jedoch zu hoch. Daher etablierte das Fraunhofer IPMS mit Partnern eine Anwendungsplattform, welche auch KMUs den Einsatz von MUTs ermöglicht. In einer ersten Phase der Plattform wurden durch Kooperationen mit Industriepartnern verschiedene Anwendungsbereiche von MUTs evaluiert.

Ob Distanzmessung und Mikropositionierung, Gestensteuerung und Kollisionssensorik, Endoskopie und Sonographie – Ultraschallsensoren bilden seit Jahren die Basis in der Industrie, Medizin und Mobilität. Aktuell werden diese anwendungsspezifischen Sensoren meist durch die KMUs selbst entwickelt und gefertigt. Der Einsatz von modernen mikromechanisch basierten Ultraschall-Elementen ermöglicht die Realisierung von hochkompakten Systemen, einer gesteigerten Sensitivität sowie einer effizienten Nutzung von Arrayfunktionalitäten wie Bildgebung oder Richtcharakteristik. Zudem können gesundheits- und umweltschädliche Materialien vermieden werden. Dem gegenüber stehen jedoch die zusätzlichen, meist hohen Kosten für die Entwicklung dieser halbleiterbasierten MUTs. Hier schafft das Fraunhofer IPMS zusammen mit dem Fraunhofer ISIT und dem Fraunhofer ENAS im Gemeinschaftsprojekt KMU-MUT Abhilfe.

Die drei Fraunhofer-Institute IPMS, ISIT, ENAS entwickeln verschiedene Technologien, um Lösungen für ein breites Applikationsspektrum im gesamten Frequenzbereich von 20 kHz bis 20 MHz anbieten zu können. Das Fraunhofer IPMS setzt auf kapazitive (CMUT) und elektrostatische (NED) Lösungen, während sich das Fraunhofer ISIT auf piezoelektrische (PMUT) Ultraschallwandler konzentriert. Das Fraunhofer ENAS arbeitet sowohl an der Entwicklung kapazitiver (CMUT) als auch piezoelektrischer



NEDMUT des Fraunhofer IPMS

(PMUT) Ultraschallwandler. Vom Design über die Fertigung, Charakterisierung, Aufbau- und Verbindungstechnik bis hin zur Systemintegration können die Institute Entwicklungsdienstleistungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette anbieten.

Durch den modularen Plattform-Ansatz können schnell und effizient innovative Ultraschallsysteme an spezifische Anwendungen angepasst und für KMUs entwickelt werden. Im Rahmen des Aufbaus der MUT-Plattform, finanziert durch das Projekt KMU-MUT der Fraunhofer-Gesellschaft, wurden vorrangig drei zentrale Forschungsfelder adressiert: die Produktionstechnologie, die Mensch-Maschine-Interaktion und die Medizintechnik. Um die Entwicklungen zielgerichtet zu steuern, fanden schon früh im Projekt gemeinsame Workshops mit interessierten Industriepartnern statt. So wurden gemeinsam potenzielle Chancen und Anforderungsprofile für MUTs abgeleitet, welche die Grundlage für weiterführende Machbarkeitsstudien und gemeinsame Entwicklungsprojekte legten. Im Projekt KMU-MUT wurden innerhalb von vier Clustern mit Industriepartnern für verschiedene Anwendungsfelder Machbarkeitsstudien für den Einsatz von MUTs durchgeführt. Ziel war es, eine gute Integrierbarkeit der MUTs in bereits bestehende Systeme aufzuzeigen und diese auch für KMUs direkt einsetzbar zu machen. Das Projekt KMU-MUT unterstützte hierbei den erfolgreichen Start der Plattform, welche im Jahre 2022 weitergeführt wird.

 s.fhg.de/KMUMUT



Ansprechpartner

Jörg Amelung
Bereichsleiter Aktive
Mikromechanische Systeme
Tel. +49 351 8823-4691
[joerg.amelung@
ipms.fraunhofer.de](mailto:joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de)

Objekt- und Oberflächenüberwachung mit Ultraschall

Das Greifen und Ablegen von Objekten sowie die Erfassung von Oberflächeneigenschaften sind grundlegende Aufgaben, sowohl in der Industrierobotik (Maschinenbeschickung, Teileübergabe, Griff-in-die-Kiste) als auch in der Service- und Assistenzrobotik (Labor, Landwirtschaft, Krankenhaus). In klar strukturierten Prozessen werden hierfür standardisierte Automatisierungs- und Greiferlösungen genutzt. Diese sind allerdings ungeeignet, wenn Objekte und Oberflächen mit hoher Variabilität oder unbekanntem Eigenschaften verarbeitet werden müssen oder wenn die Umgebung sehr unstrukturiert ist. Um die zunehmende Vielfalt der zu untersuchenden Objekte und Oberflächeneigenschaften sowie die Handlungskomplexität bei der Mensch-Maschine-Kollaboration zu bewältigen, hat das Projekt ProTaktiLUS erfolgreich ultraschallbasierte, miniaturisierte Sensorsysteme mit hoher räumlicher Ortsauflösung entwickelt.

Im Rahmen des von der Fraunhofer-Gesellschaft geförderten Projekts entwickelte das Fraunhofer IPMS zusammen mit den Fraunhofer-Instituten IKTS, EMFT und IFF eine Systemplattform für die ultraschallbasierte Objekt- und Oberflächenüberwachung. Das Fraunhofer IPMS beteiligte sich mit seinen kapazitiven mikro-mechanischen Ultraschallwandlern (CMUTs). Diese wurden zum einen für hochaufgelöste kontaktlose Distanzmessungen im Megahertz-Frequenzbereich und Schutzstrukturen für Luftanwendungen optimiert. Zum anderen wurden sie erfolgreich für den Einsatz als sensitive, kapazitive Taktilsensoren adaptiert und validiert.

Um die ProTaktiLUS-Plattform in der Anwendung zu testen, wurde am Fraunhofer IFF ein Demonstrator bestehend aus einem Roboter mit einem adaptiven Zwei-Finger-Greifer aufgebaut. Ultraschallbasierte Abstandssensoren in den Greiferbacken erfassen per 3D-Scannen („in-gripper scanning“) ein dazwischenliegendes Objekt und gewinnen auf diese Weise ein dreidimensionales Abbild in Form einer Punktwolke. Darüber hinaus werden die Ultraschallsignale genutzt, um die Objektposition während eines Greifvorgangs dynamisch zu überwachen und somit das sichere Greifen des Objekts vom Roboter zu gewährleisten („adaptive



CMUT Evaluation Kit des Fraunhofer IPMS

grasping“). Im nächsten Schritt soll nun durch Nutzung von KI-basierten Auswertelgorithmen die Oberflächenform erkannt und einem dynamischen Verhalten des Objekts während des Transport („slip detection“) gegengesteuert werden.

Mithilfe dieser neuen Entwicklungen werden nun eine Vielzahl unterschiedlicher Greiffertigkeiten ermöglicht, die sowohl in der Industrie- als auch der Assistenz- und Servicerobotik von hohem Nutzen sind: adaptive Planung des Greif- und Ablegevorgangs, Griffvalidierung, gefühlvolles Greifen, Lage- und Konturerkennung sowie Objektklassifikation im Greifer. Zudem bietet die hochauflösende Luftultraschallsensorik des Fraunhofer IPMS weiteres Anwendungspotenzial, z. B. in der kontaktlosen Topologieanalyse und der Gasstrommessung.

Damit Kunden die Ultraschallwandler schnell und einfach in ihrer Anwendung evaluieren können, entwickelte das Fraunhofer IPMS zudem im Projekt ein voll funktionsfähiges Versuchs-Setup für CMUTs. Anwender können sich dadurch mit geringem Aufwand von den technischen Vorteilen der CMUT-Technologie überzeugen und die Sensorik für verschiedene Einsatzszenarien – wie der Nahdistanzüberwachung, der akustischen Spektroskopie, der Durchflussmessung – bewerten, in denen ein Bedarf zur Miniaturisierung bei gleichzeitig gesteigerter Sensitivität besteht.

 s.fhg.de/CMUT-Evaluationkit



Ansprechpartner

Dr. Sandro Koch
Gruppenleiter
Ultrasonic Components
Tel. +49 351 8823-239
sandro.koch@ipms.fraunhofer.de

iCampus Cottbus – Mikrosensorik aus der Lausitz



Der Innovationscampus Elektronik und Mikrosensorik Cottbus – iCampus – ist eine Forschungskoooperation zur Entwicklung innovativer Sensoren, anhand derer kleine und mittlere Unternehmen aus der Region an Themen der Hochtechnologie wie Mikrosensorik, KI-gestützte Algorithmen oder 5G-Datenübertragung herangeführt werden können. Als Mitglied des iCampus forscht das Fraunhofer IPMS mit seinem Cottbuser Standort an Technologien im Bereich Umweltsensorik, Industrie 4.0 und Smart Health.

Ultraschallkamera für Smart Health

Das Fraunhofer IPMS treibt die Entwicklung einer Ultraschallkamera inklusive der nachfolgenden KI-Auswertung voran. Die empfangenen Daten werden dabei durch ein KI-unterstütztes, lernfähiges Netzwerk analysiert und können in der Folge für die Steuerung eines weiteren Systems (z. B. Alarmindikatoren) genutzt werden. Anwendungen finden sich in der Bewegungsdetektion und Objekterkennung im Sicherheitsbereich, der Oberflächenabtastung in der Industrie oder auch der Statusüberwachung von Erkrankten im Klinik- und Pflegebereich. Letzteres ermöglicht nicht nur die Bewegungsdetektion von Erkrankten bei Nacht; aufgrund der erhöhten Sensitivität und Auflösung sind auch Vitalparameter (Atemzyklen) detektierbar.


Sensoren für das nahe Infrarot (NIR) für Industrie 4.0

Automatisierte und autonome Systeme verlassen sich auf eine breite Anzahl an Sensoren, die ihre Sinnesorgane darstellen. Leistungsfähigere Sensoren bieten zusätzliche Informationen, die zur sicheren Verwendung der Systeme beitragen. Ziel der

Entwicklungen am Fraunhofer IPMS ist die Validierung und Optimierung von nahinfraroten Sensoren und eine Weiterentwicklung hin zu einer Kamera. Dabei wird ein ganzheitliches Konzept verfolgt, das sich bis zur Integration von Sensorbauelementen in Pixel in einer Sensormatrix erstreckt.

MEMS-HF-Varaktor für 5G-Mobilfunk

Kapazitive MEMS-Abstimmeelemente, sogenannte Varaktoren, werden in vielen Bereichen eingesetzt, z. B. in der Messtechnik, Telekommunikation, Industrie 4.0, Internet-of-Things (IoT) und HF-Sensorik. Die am Fraunhofer IPMS realisierte nanoscopic electronic drive (NED)-Aktorik ermöglicht es, besonders große Frequenzbereiche abzubilden, wie sie für den 5G-Mobilfunk benötigt werden. Im Projekt wird die Technologie für den Einsatz für Frequenzen > 15 GHz weiterentwickelt. Ziel ist die Herstellung eines universell einsetzbaren mikromechanischen Varaktors, der sich dank seiner breiten Parameter und der CMOS-Kompatibilität leicht integrieren lässt.

 www.icampus-cottbus.de



Ansprechpartner

Dr. Sebastian Meyer
Institutsteilnehmer Integrated
Silicon Systems
Tel. +49 351 8823-137
[sebastian.meyer@
ipms.fraunhofer.de](mailto:sebastian.meyer@ipms.fraunhofer.de)

Pilotlinie für intelligente Katheter

Etwa 10 Prozent der westlichen Bevölkerung werden zu einem bestimmten Zeitpunkt ihres Lebens in ein Katheterlabor für Angioplastieoperationen (Stentplatzierung) für die Behandlung einer Arrhythmie oder den Ersatz einer Herzklappe gebracht. Unterstützt werden diese Eingriffe durch eine Vielzahl von intelligenten, bildgebenden und sensorischen Kathetern, die die „Augen und Ohren“ des Chirurgen direkt am Eingriffspunkt sind. Die Technologie dahinter wurde in den vergangenen 10 Jahren jedoch nur wenig weiterentwickelt. Gleichzeitig steigt der Bedarf nach kleineren, günstigeren Instrumenten mit besserer Funktionalität. Im Projekt Position II entwickelt das Fraunhofer IPMS mit Partnern daher eine Plattformlösung, durch die mit wenig Aufwand und zu geringen Kosten Innovationen mit einem hohen Produktionsvolumen ihren Weg auf den Markt finden können.

Eine der eingesetzten Technologien in intelligenten Kathetern sind MEMS-basierte Ultraschallsensoren. Für sie gibt es in Europa eine Vielzahl an Herstellern, die sich auf eine Reihe unterschiedlicher Basistechnologien berufen, welche sich stark in den Herstellungsverfahren, den adressierbaren Sensoreigenschaften sowie der möglichen Systemintegration unterscheiden. Dies macht eine objektive Einschätzung, welche Technologie die Anforderungen für Katheter oder andere spezielle Anwendungen am besten erfüllt, unmöglich. Im Projekt Position II entwickelte das Fraunhofer IPMS in Kooperation mit Partnern daher ein Benchmarking von mikromechanischen Ultraschallwandlern führender Anbieter für piezoelektrische (PMUT) und kapazitive Ultraschallwandler (CMUT), um auf Basis der Erkenntnisse den Weg für Weiter- und innovative Neuentwicklungen zu ebneten.

Um eine objektive Vergleichbarkeit verschiedener Technologieansätze, Leistungs- und Betriebsparameter sowie Technologiereifegrade zu erzielen, wurden für die zu vergleichenden MEMS-Chips möglichst ähnliche Spezifikationen und ein einheitliches Chip-Layout festgelegt. Auf dieser Basis wurden Teststrukturen gefertigt und miteinander verglichen. Im Ergebnis erreichten die CMUTs, wie sie auch vom Fraunhofer



CMUT-Chips auf einem Wafer

IPMS entwickelt werden, die beste Leistung sowie den höchsten technologischen Reifegrad. Die Kombination aus maximal erzeugbarem Schalldruck und Empfangsempfindlichkeit sehr hoher Bandbreite machen diese Technologie über die medizinische Anwendung von smarten Kathetern hinaus vielversprechend.

Auf Basis des Benchmarks wurde am Fraunhofer IPMS ein Demonstrator aufgebaut, in dem ein Testchip integriert ist. Die Module aus Gehäuse, Leiterplatte und integrierter Vorverstärkerelektronik eignen sich für alle innerhalb des Projektes entstandenen Chips. Damit kann für Kunden sofort ein passender Chip aus dem Portfolio ausgewählt und im Demonstrator aufgebaut werden. Diese wesentlich kürzeren Entwicklungszyklen von der Anfrage eines MEMS-Systems bis hin zum Test in einer Anwendung ermöglichen eine erheblich schnellere Entwicklung neuer Ideen und verringern den Abstand zwischen Forschungsergebnissen und deren Weg auf den Markt.

 www.position-2.eu



Ansprechpartner

Marco Kircher
Gruppe Ultrasonic
Components
Tel. +49 351 8823-361
marco.kircher@ipms.fraunhofer.de



A hand holding a smartphone is the central focus, overlaid with a complex digital network of white lines and glowing nodes. In the background, there are faint blue and white data visualizations, including a line graph and a bar chart, set against a light blue gradient. The overall aesthetic is clean, modern, and tech-oriented.

Digitalisierung & Datenkommunikation

Jeden Tag generieren wir Unmengen von Daten. 2018 waren es weltweit 33 Zettabyte – 33.000.000.000.000.000.000 Bytes. Für 2025 sind 175 Zettabyte pro Jahr vorausgesagt (Quelle Statista). Die fortschreitende Digitalisierung bringt uns in ein Zeitalter des Wissens, das durch digitale Technologien und Innovationen geprägt ist.

Bei dieser Datenmenge ist klar, dass wir besonders auf zwei Aspekte achten müssen: Wir müssen die Daten so effizient wie möglich erzeugen, übertragen und speichern, um die Umweltbilanz so niedrig wie möglich zu halten. Außerdem müssen wir die Datenkapazität und Bandbreite unserer Technologien so gestalten, dass wir möglichst viele Daten in einem möglichst kleinen Zeitraum über eine möglichst große Strecke übertragen – auch das spart Energie. An beiden Ansätzen arbeiten wir am Fraunhofer IPMS.

Zudem ist es uns ein Anliegen, Hochtechnologien auch für den Mittelstand, das Rückgrat der deutschen Industrie, zugänglich zu machen. Hier arbeiten wir mit Partnern an flexiblen und kostengünstigen Plattformlösungen.

Auf den folgenden Seiten stellen wir Ihnen unsere Projekte im Bereich Datenkommunikation und Digitalisierung vor.



T-KOS – Terahertz-Technologien

In unserer digitalisierten, hochtechnisierten Lebens- und Arbeitswelt ist die Verfügbarkeit von Kommunikations- und Datenverbindungen eine Grundvoraussetzung. Durch die zunehmende Mobilität der Nutzer, die flexible Nutzung von breitbandigen Multimediainhalten (z. B. Entertainment, Medizin, Logistik) und Zukunftstechnologien wie das Internet of Things oder das autonome Fahren wachsen sowohl das Datenaufkommen in Mobilfunknetzen als auch die Anforderungen an die Kommunikationsnetze selbst. Eine vielversprechende Möglichkeit für die Erhöhung der Datenkapazität und nutzbaren Bandbreite ist der zusätzliche Einsatz von Terahertz-Technologien. Im Verbundprojekt T-KOS beschäftigt sich das Fraunhofer IPMS daher mit Hochfrequenz-Frontend-Lösungen von 60 – 500 GHz sowie einem energieeffizienten KI-Beschleuniger auf der Basis von In-Memory-Computing.

Obwohl Terahertz-Strahlung für vielfältige Einsatzgebiete prädestiniert ist, z. B. in der Sicherheitstechnik, Qualitätssicherung oder Materialprüfung, scheiterte die industrielle Einführung bisher an der fehlenden Verfügbarkeit preiswerter, schneller und hochauflösender Systeme mit optimierten, KI-basierten Bilderkennungs-Algorithmen. Im Verbundprojekt T-KOS arbeiten 10 Fraunhofer-Institute nun daran, die Terahertz-Technologie für drahtlose Funkübertragung, zerstörungsfreie Prüftechnik, Spektroskopie und berührungslose Inline-Messtechnik synergetisch zu erschließen. Gemeinsam entwickeln sie drei Demonstratoren, die die Zukunftsfelder Hochfrequenzelektronik, Terahertz-Photonik und drahtlose, hochbitratige Kommunikation adressieren.

Ein besonderes Augenmerk liegt auf dem Aufbau einer deutschen Wertschöpfungskette zu Terahertz-Funklinks, z. B. für die hochbitratige Kommunikation in der industriellen Produktion, die Inline-Überwachung von Produktionsprozessen mit KI-basierter und bildgebender Echtzeitverarbeitung für

ressourceneffiziente Produktion. Auch soll erstmalig eine industrietaugliche Terahertz-Kommunikation und -Sensorik durch die Kombination skalierbarer elektronischer und photonischer Konzepte demonstriert werden.

Das Fraunhofer IPMS widmet sich im Projekt RF-/Millimeterwellen-Frontend-Lösungen mit hoher Ausgangsleistung im Frequenzbereich von 60 – 500 GHz. Außerdem werden energieeffiziente KI-Beschleuniger auf Basis von In-Memory-Computing in Technologie-Knoten wie 28 nm HKMG sowie 22 nm FDSOI entworfen. Aufbauend auf bereits entwickelten Transceiver-Systemen bei 240 GHz und 480 GHz in SiGe-BiCMOS-Technologie wird eine Lösung für 300 GHz mit erhöhter Sendeleistungsdynamik entwickelt. Des Weiteren wird eine FPGA-Implementation als Vorstufe eines In-Memory-Computing-ASIC-Cores entwickelt, um für die Anforderungen der Terahertz-Daten-Klassifizierungen eine optimale bitweise Computing-Architektur zu etablieren.

 s.fhg.de/TKOS-de



Ansprechpartner

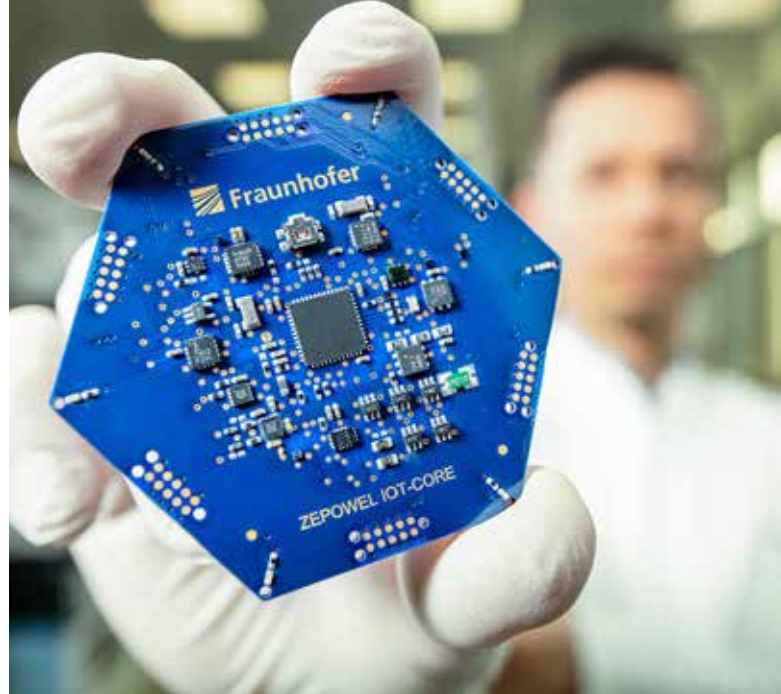
Dr. Thoms Kämpfe
Gruppenleiter Integrated
RF & AI
Tel. +49 351 2607-3215
[thomas.kaempfe@
ipms.fraunhofer.de](mailto:thomas.kaempfe@ipms.fraunhofer.de)

ZEPOWEL – Leistungselektronik für sparsamen Funkverkehr

Immer mehr Geräte werden heute mithilfe intelligenter Sensoren drahtlos miteinander verbunden. Doch mit der Anzahl der Geräte im wachsenden Internet of Things steigt auch der Strombedarf. Im Fraunhofer-Leitprojekt Zero Power Electronics (ZEPOWEL) wurde daher eine Hardware entwickelt, die die Sensoren nicht nur energieeffizient, sondern zu regelrechten Energiesparern macht. Entstanden sind zwei Sensorknoten für verschiedenen Einsatzszenarien: für raue Industriebedingungen und für Datenerfassung in einer Stadtumgebung. Am Fraunhofer IPMS wurden dabei die Technologien für Energy Harvesting zum Energiemanagement und zur -speicherung entwickelt.

Ganz gleich, ob es darum geht, das eigene Haus vor Einbrechern zu schützen oder die Maschinen in einer Fabrik im Blick zu behalten – Sensoren für die Überwachung und Steuerung sind im Kommen. Sensoren, die melden, wenn plötzlich ein Fenster geöffnet wird, oder solche, die registrieren, dass eine Maschine im Leerlauf dreht und Energie vergeudet. Doch diese Sensorknoten verbrauchen aufgrund ihrer hohen Anzahl bislang selbst noch große Mengen an Energie. Das Fraunhofer IPMS entwickelte daher mit sieben weiteren Instituten besonders effiziente Lösungen: einen autarken „Smart City“-Sensorknoten, der sich von ganz allein mit Energie versorgt und Umweltdaten sammelt – beispielsweise über die Luftqualität – und einen intelligenten Sensorknoten, der den Betriebszustand von Maschinen, Motoren oder Pumpen erfasst, um deren Energiebedarf drastisch zu verringern.

Der „SmartCity“-Knoten zeichnet sich dadurch aus, dass er in einen sehr energiesparenden Tiefschlaf-Modus fällt, wenn er nicht benötigt wird. In diesem Zustand verbraucht er nur noch wenige Nanowatt, die auch über Energy Harvesting bereitgestellt werden können. Erst wenn er über Funk aktiviert wird, fährt er hoch – etwa um Feinstaub zu messen und die Messwerte über Funk zu versenden. Aufgrund seiner geringen Größe, Wartungsfreiheit und kostengünstigen Herstellung kann er an vielen Stellen eingesetzt werden, um feinmaschige



Energieautarker Sensorknoten

Messnetzwerke aufzubauen. Das Fraunhofer IPMS beschäftigte sich vorrangig mit den Bereichen Energy Harvesting und Energiespeicherung. So wurden Konzepte für integrierte Schaltungen für Energy Harvesting und das Energie-Management erforscht und in selbst entworfene Chips (ASICs) integriert. Diese wurden dann mit den integrierten Energiespeichern des Fraunhofer IPMS kombiniert und erfolgreich getestet.

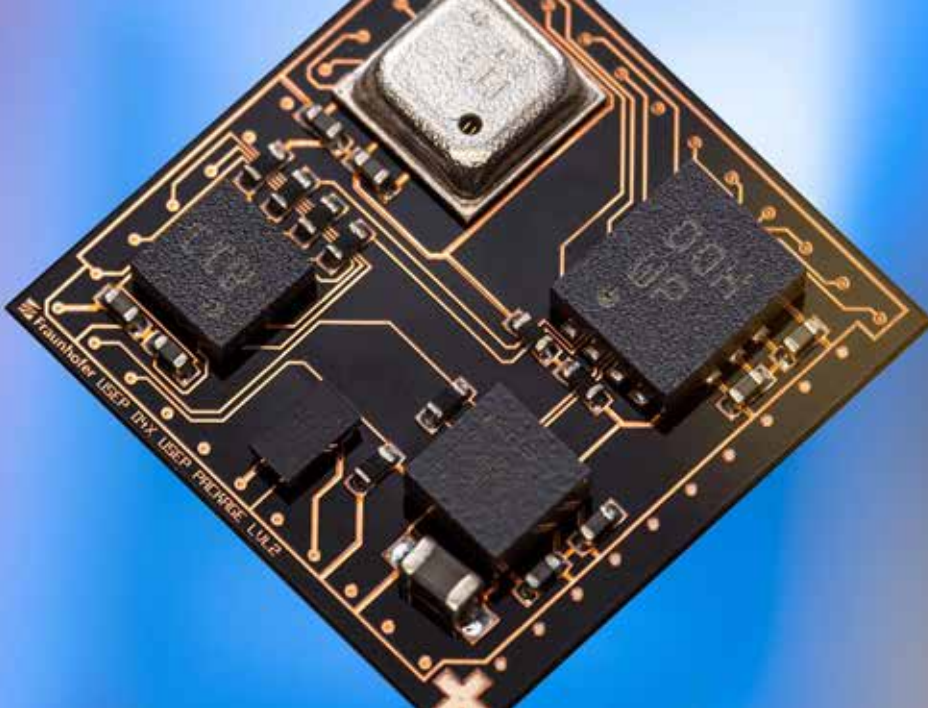
Der Sensorknoten für Industrieanwendungen wurde besonders für raue Umgebungen optimiert. Das betrifft sowohl die Anforderungen an Kommunikation und Datenaustausch in stark belegten und ggf. gestörten Frequenzbändern als auch Belastungen durch Umgebungstemperaturen, Vibrationen und Stöße. Im Unterschied zum „SmartCity“-Demonstrator sind hier die Technologien für Energy Harvesting sehr viel gezielter auf den Einsatzort abzustimmen. So wurde ein Harvester entwickelt, der Energie aus rotierenden oder vibrierenden Teilen gewinnen kann. Aufgrund der hohen Anzahl an Sensoren wird der Anschluss an die elektrische Versorgung und ihre Wartung zum treibenden Kostenfaktor. Auf dem Weg zur Industrie 4.0 ist die alternative, drahtlose Energieversorgung ein wesentlicher Baustein.

 s.fhg.de/ZEPOWEL-de



Ansprechpartner

Sascha Bönhardt
Gruppe Low Power
Functions
Tel. +49 351 2607-3026
[sascha.boenhardt@
ipms.fraunhofer.de](mailto:sascha.boenhardt@ipms.fraunhofer.de)



USeP – Universelle Sensorplattform für den Mittelstand

Wie können wir eine hochintegrierte, mehrkanalige Sensorlösung für den Maschinenbau entwickeln? Oder ein vernetztes Sensorsystem zur Gebäudeautomation? Die bedarfsgerechte, miniaturisierte und an individuelle Vorgaben angepasste Entwicklung smarter Systeme ist für kleinere und mittlere Unternehmen (KMU) oft ein aufwendiges und teures Vorhaben. Daher hat das Fraunhofer IPMS mit Verbundpartnern eine Sensor-Plattform entwickelt, mit der individuell konfigurierbare IoT- und Edge-Computing-Lösungen geschaffen werden können. Damit haben nun erstmals auch kleinere und mittelständische Anbieter die Möglichkeit, kostengünstig besonders leistungsfähige, energieeffiziente und hochintegrierte Systeme zu produzieren.

Die Sensor-Plattform bietet ein energieeffizientes und hochleistungsfähiges System-on-Chip-Design. Dank ihrer flexiblen Baublöcke und der zugehörigen Softwareumgebung ermöglicht sie eine unkomplizierte Integration unterschiedlicher physischer Sensoren, die so perfekt an die Anforderung des jeweiligen Kunden angepasst werden können. Die zentrale Rechen- und Steuereinheit basiert auf einem leistungsfähigen 32-Bit RISC-V-Prozessor mit insgesamt 9 Cores. Diese Open-Source-Prozessorarchitektur gilt nicht zuletzt aufgrund ihrer Offenheit und Flexibilität als zukunftsweisend und bietet die ideale Basis für sichere und vertrauenswürdige Elektronik.

Eine erste Bewährungsprobe in der Praxis hat die universelle Sensorplattform bereits gemeistert. Innerhalb einer Kooperation von Globalfoundries Dresden mit fünf weiteren Unternehmen aus dem Hard- und Softwarebereich war sie der

Kern einer Edge-KI-Pilotlösung. Mit ihrer Hilfe konnten die Firmen innerhalb von nur 3 Monaten eine erste Produktversion (Minimum Viable Product) zur vorausschauenden Wartung von Reinstwasserventilen in der Chipproduktion entwickeln.

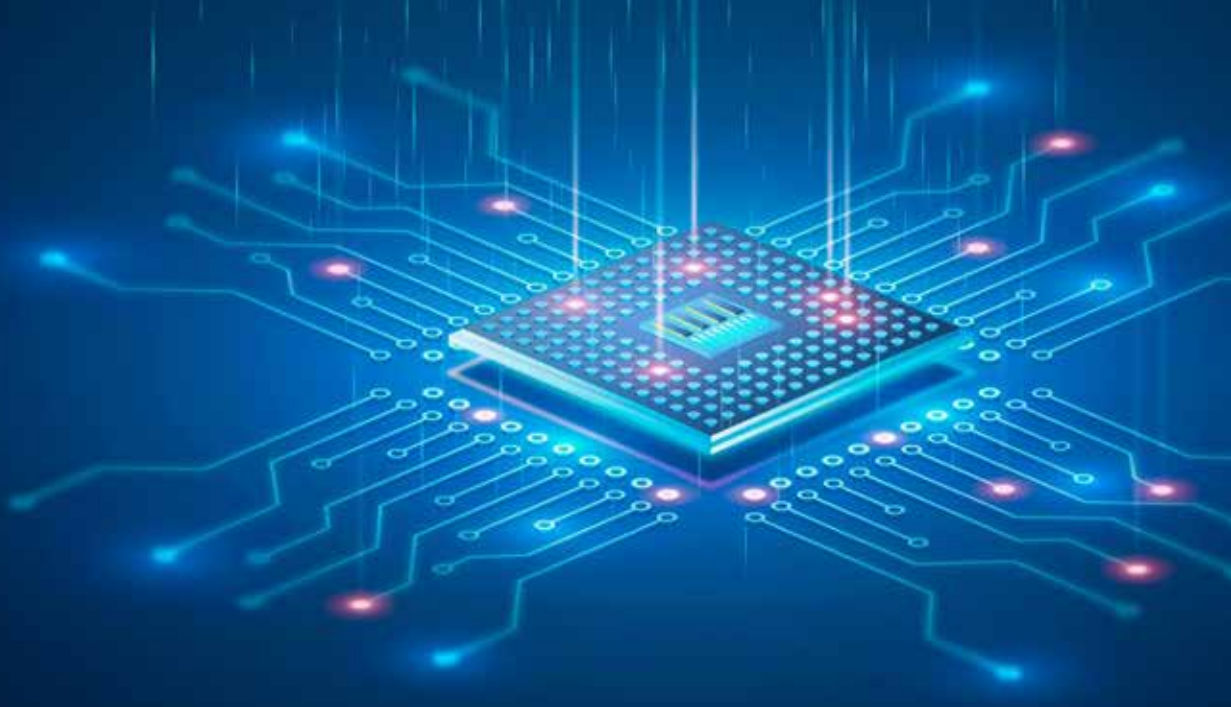
Mittlerweile ist aus dem Projekt sogar ein eigenständiges Unternehmen entstanden: Das Start-up Sensry in Dresden bietet seinen Kunden nicht nur die Möglichkeit, hochintegrierte Sensor-Elektronik-Module mithilfe der Universellen Sensor-Plattform maßzuschneidern, sondern kann interessierten KMU auch die Kompetenzen der USeP-Entwicklungspartner vermitteln. Sie haben damit eine Supply Chain zur Verfügung, mit der sie ihre Ideen und Visionen effizient umsetzen können: Konzeptentwicklung, Systemdesign, Prozessoren, Sensorik und Datenübertragung sowie Simulation und Tests ihres geplanten Systems werden umfassend und nachhaltig unterstützt.

 s.fhg.de/USeP



Ansprechpartner

Dr. Frank Deicke
Geschäftsfeldleiter Wireless
Microsystems
Tel. +49 351 8823-385
[frank.deicke@
ipms.fraunhofer.de](mailto:frank.deicke@ipms.fraunhofer.de)



RISC-V-Core für funktionale Sicherheit im Fahrzeug

Sicherheitsrelevante Anwendungen sind in der Welt überall zu finden: in Antriebssteuerungen, der Automatisierungstechnik sowie in Fahrzeugen. Sicherheitsstandards wie IEC 61508 garantieren, dass Elektroniksysteme den neusten Sicherheitsanforderungen entsprechen. Das gilt auch für Prozessoren, die in solchen Systemen zum Einsatz kommen. Das Fraunhofer IPMS hat nun den ersten nach ISO 26262 zertifizierbaren RISC-V-Prozessorkern für sicherheitskritische Funktionen im Fahrzeug auf den Markt gebracht – den EMSA5-FS.

Der vom Fraunhofer IPMS entwickelte, eingebettete RISC-V-Prozessorkern für Anwendungen im Kontext der funktionalen Sicherheit ist ein 32-Bit, In-Order, Single-Issue, 5-Stage-Pipeline Prozessor. Mit dem fehlertoleranten Design und den mitgelieferten Sicherheitsdokumenten können Anwender einfacher und schneller eine ISO 26262-Zertifizierung bis zu ASIL-D, dem höchsten Automotive Safety Integrity Level, erreichen. Der RISC-V-Core eignet sich somit für den Einsatz in sicherheitskritischen Systemen im Fahrzeug. Aufgrund der Unterstützung von mehreren IDEs ermöglicht der Prozessorkern eine effiziente und professionelle Softwareentwicklung für Gesamtsysteme. Verfügbare FPGA-basierte Entwicklungskits und Musterdesigns erleichtern darüber hinaus die Zertifizierung, Evaluierung und das Rapid Prototyping.

Entwickler, die den EMSA5-FS-Prozessorkern verwenden, können Open-Source RISC-V-Entwicklungsumgebungen (IDE), Testwerkzeuge und Bibliotheken, einschließlich der GNU-Toolchain und der umfassenden Eclipse-IDE mit OpenOCD-Debug-Unterstützung nutzen. Das Fraunhofer IPMS arbeitet auch mit

kommerziellen Drittanbietern von Compilern und Software-Tools zusammen, um die Unterstützung von EMSA5-FS durch Safety-Ready-Entwicklungs-Toolsets zu ermöglichen. Beispielsweise wird mit der Verwendung der IAR Embedded Workbench eine durchgehend IEC 61508 und ISO 26262 konforme Entwicklung möglich. So können Unternehmen den eigenen Zertifizierungsprozess vereinfachen, die Qualität ihres eigenen Design-Prozesses erhöhen und Kosten über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg sparen.

Der EMSA5-FS-Prozessorkern des Fraunhofer IPMS kann für beliebige FPGA-Plattformen zur Verfügung gestellt werden. Die Integration in kundenspezifische ASICs für beliebige Foundry-Technologien ist ebenso möglich. Das Fraunhofer IPMS stellt zudem Services bereit, um den IP-Core um kundenspezifische Module zu erweitern.

 s.fhg.de/EMSA5-de



Ansprechpartner

Marcus Pietzsch
Gruppenleiter IP Cores & ASICs
Tel. +49 351 8823-355
marcus.pietzsch@ipms.fraunhofer.de

Bordvernetzung mit geringster Latenz für das moderne Fahrzeug

Die Digitalisierung hält auch im Fahrzeug Einzug. Zahlreiche Sensoren zur Zustandsüberwachung, Komfortfunktionen, Infotainment-Anwendungen, Antrieb und Fahrerassistenzsysteme – bereits heute kommen dafür mehr als 70 Steuergeräte zum Einsatz, deren Signale priorisiert und über Kommunikationsprotokolle übertragen werden müssen. Wichtig dafür ist ein leistungsfähiges Fahrzeugnetzwerk wie Automotive Ethernet, das Vorteile wie Standardisierung, Skalierbarkeit und Unterstützung für IP-Protokolle bietet. Das Fraunhofer IPMS entwickelt dafür plattformunabhängige IP-Core-Controller mit sehr geringen Latenzen.

Moderne Fahrzeuge erzeugen und übertragen ununterbrochen Daten, um uns als Passagiere sicher und entspannt zum Ziel zu bringen. Zahlreiche Sensoren zur Zustandsüberwachung, Komfortfunktionen, Infotainment-Anwendungen, Antrieb und Fahrerassistenzsysteme – bereits heute kommen dafür mehr als 70 Steuergeräte zum Einsatz, deren Signale priorisiert und über Kommunikationsprotokolle übertragen werden müssen. Entsprechend hoch ist der Datenverkehr, der von klassischen Systemen nicht mehr bereitgestellt werden kann. Time Sensitive Networking (TSN) ist eine Schlüsseltechnologie für deterministische Automotive-Ethernet-Netzwerke mit garantierter Bandbreite und geringen Latenzen.

Die Automobilbranche bewegt sich weg vom Einsatz vieler einzelner Steuergeräte, welche über vergleichsweise langsame klassische Bussysteme wie CAN oder LIN verbunden sind, hin zu zentralisierten Recheneinheiten, die mit hohen Bandbreiten und geringen Latenzen vernetzt sind. So lassen sich die Ansprüche an Energieeffizienz, Sicherheit und Wirtschaftlichkeit vereinbaren. Offene Lösungen, die aus Kompatibilitätsgründen weltweit standardisiert sind, wie IEEE 802.1/3 Ethernet, rücken dabei in den Vordergrund.

Aufbauend auf diesen Standards entwickelt das Fraunhofer IPMS plattformunabhängige IP Cores für die Kommunikation im Fahrzeug. Die automobilen IP-Cores eignen sich sowohl für die Integration in FPGAs als auch in ASICs. Durch die Vorzertifizierung nach ISO 26262 bis ASIL-D verkürzt sich die Entwicklung und der Zulassungsprozess des Gesamtsystems enorm, da alle Funktionen einschließlich der notwendigen Sicherheitsfeatures vollständig implementiert und getestet sind. Dies garantiert maximale funktionale Sicherheit im Fahrzeug; gleichzeitig werden Kosten und Zeitaufwand in der Systementwicklung minimiert.

Das IP-Portfolio besteht derzeit aus einem CAN Controller Core (CAN 2.0, CAN FD und CAN XL), verschiedenen TSN Cores, einem LIN Controller Core und einem Low Latency Ethernet MAC Core. Daneben werden auch kundenspezifische Design-Anpassungen vorgenommen oder Systeme auf Basis spezieller Kundenanforderungen entwickelt.

 [s.fhg.de/Automotive-IP-de](https://www.s.fhg.de/Automotive-IP-de)



Ansprechpartner

Marcus Pietzsch
Gruppenleiter IP Cores & ASICs
Tel. +49 351 8823-355
marcus.pietzsch@ipms.fraunhofer.de



SURPRISE – Flächenlichtmodulatoren für Weltraumanwendungen


Erdbeobachtungsdaten werden immer wichtiger für unser Verständnis des Planeten und für die Bewältigung sozio-ökologischer Herausforderungen – beispielsweise im Bereich der Umweltüberwachung. Derzeit sind die Methoden für die Datenerfassung und -verarbeitung aus dem Weltall durch lange Aufnahmezeiten (bis zu mehrere Tage pro Messung), eine geringe räumliche Auflösung (ca. 1 km) sowie den nutzbaren Spektralbereich (vor allem im Sichtbaren) begrenzt. Neuartige Kamerasysteme auf Basis von Flächenlichtmodulatoren können hier Abhilfe schaffen, welche innerhalb des EU-Projekts SURPRISE erstmalig realisiert und getestet werden. Das Fraunhofer IPMS trägt mit seiner langjährigen Expertise auf dem Gebiet der Flächenlichtmodulatoren bei und plant die Entwicklung eines weltraumtauglichen Flächenlichtmodulators.

Das Hauptziel des Projekts ist die Entwicklung eines Demonstrators. Kernparameter sind der spektral breitbandige Arbeitsbereich – im sichtbaren (VIS), im nahen Infrarot (NIR) und im mittleren Infrarot (MIR) – verbesserte Leistung in Bezug auf die Auflösung am Boden sowie eine innovative Datenverarbeitungs- und Verschlüsselungsfunktionalität an Bord. Dafür wird die innovative Compressive Sensing (CS)-Technologie genutzt. Sie erlaubt es, ein flächiges Bild mithilfe eines Einpixeldetektors aufzunehmen. Das ist für das mittlere Infrarot besonders interessant, weil in diesem Spektralbereich keine passenden 2D-Detektoren zur Verfügung stehen. Gleichzeitig bietet CS Vorteile bei der Verarbeitung großer Datenmengen sowie eine native Datenverschlüsselung.

Die im Projekt genutzte spezielle CS-Bildaufnahmetechnik für die Erdbeobachtung erfordert besondere Komponenten. Flächenlichtmodulatoren stellen die geeignetste Lösung für diese Aufgabe dar, da variable Bildmuster mit hoher Geschwindigkeit

erzeugt werden können. Diese Muster werden mit der Beobachtungsszene überlagert und von Einzelpixeldetektoren aufgenommen. Die verwendeten Flächenlichtmodulatoren des Fraunhofer IPMS bestehen aus Tausenden oder sogar Millionen von einzelnen beweglichen Spiegeln mit einer Größe von jeweils nur wenigen Mikrometern. Das Fraunhofer IPMS nutzt seine umfangreiche Erfahrung in der Entwicklung und Herstellung von Lichtmodulatoren, um die beste Lösung für die speziellen Anforderungen im Projekt zu finden. Dabei sind die größten Herausforderungen die Weltraumtauglichkeit aller Komponenten sowie die Abdeckung eines breiten Spektralbereichs vom sichtbaren bis zum mittleren Infrarot.

Das Fraunhofer IPMS leitet die Aktivitäten im Projekt bezüglich der Flächenlichtmodulatoren. Hauptaufgaben sind die Mitarbeit an der Demonstratorentwicklung sowie die Erstellung einer Machbarkeitsstudie und Entwicklungs-Roadmap für einen ersten weltraumtauglichen Flächenmodulator (SLM), der vollständig in Europa entwickelt wurde.

 www.h2020surprise.eu



Ansprechpartnerin

Sara Francés González
Gruppe Lichtmodulator-
Produktentwicklung
Tel. +49 351 8823-472
[sara.frances-gonzale@
ipms.fraunhofer.de](mailto:sara.frances-gonzale@ipms.fraunhofer.de)

Reichweiten- optimierung drahtloser Sensornetzwerke

In vielen dünn besiedelten Regionen ist nur eine schwache Mobilfunkinfrastruktur zu finden. Dies macht die Digitalisierung von Messstellen zu einer großen Herausforderung; sei es zum Hochwasserschutz, zur Grundwasser-/Gewässer-, Waldbrand-, Bauwerks-, Infrastruktur- oder Geländeüberwachung sowie in der digitalen Landwirtschaft. Speziell die Funkschnittstelle zur Vernetzung von Sensoren mit Cloudanwendungen oder zentralisierten Monitoring-Stationen ist in vielen Fällen reichweitenlimitiert, wodurch eine Abdeckung in stark verteilten Szenarien erschwert wird. Daher forscht das Fraunhofer IPMS zusammen mit Partnern an energieeffizienter Sensorik mit langer Reichweite.


Die größten Herausforderungen für die Mobilfunkinfrastruktur in ländlichen Umgebungen sind zum einen die zu überbrückenden Entfernungen, zum anderen ein effizienter Einsatz limitierter Batteriekapazität bei abgelegenen Standorten ohne zentrale Energieversorgung. In vielen Fällen kann über dezentrale Energiegewinnung, z. B. mit Hilfe von Photovoltaik-Zellen, ein autarker Betrieb langfristig sichergestellt werden. Aber gerade im industriellen Einsatz gibt es viele Anwendungen, bei denen solare Energie oder andere Quellen nicht in ausreichendem Maße verfügbar sind oder Größen- und Gewichtslimitierungen Konzepte zur Energiegewinnung verbieten. Deshalb besteht ein großer Bedarf an rein batteriebetriebenen drahtlosen Sensorknoten, die dennoch eine lange Laufzeit garantieren. Gleichzeitig sind die einzelnen Messstellen oft weit verteilt, wodurch ein hoher Energiebedarf für das Senden und Empfangen entsteht.

Für die Lösung dieser Herausforderungen haben sich die Actemium BEA GmbH, die TU Hamburg und das Fraunhofer IPMS zusammengeschlossen, um MEMS-basierte parametrische Verstärker für die Reichweitenoptimierung drahtloser Sensornetze zu entwickeln. Da die Funkschnittstelle den höchsten Energiebedarf aller Komponenten hat, ist dies der Schwerpunkt des Projekts. Die grundlegende Idee besteht darin,



Energie für den Verstärker aus einer hochfrequenten elektromechanischen Anregung zu generieren. Dies soll ein mechanischer MEMS-Oszillator ermöglichen, der am Fraunhofer IPMS entwickelt wird. Des Weiteren entsteht im Projekt ein energieeffizienter Sensorknoten. Dazu wird am Fraunhofer IPMS ein Mikrosystem in Silizium gefertigt, das als effizienzoptimiertes Verstärkungselement in den Empfänger der TU Hamburg integriert wird. Damit werden die beiden größten Herausforderungen – Energieverbrauch und Reichweite – gelöst. Der Anwendungspartner Actemium BEA GmbH wird den Einsatz dieses Systems an seinen Automatisierungsanlagen und Maschinen oder an dezentralen Messstellen demonstrieren.

Weitere mögliche Sektoren der wirtschaftlichen Verwertung sind die digitale Landwirtschaft und Bodenschätzegewinnung, aber auch das Umweltmonitoring und die Ausstattung weißer Ware (wie Kühlschränke, Geschirrspüler, Waschmaschinen) mit der neuartigen, effizienten Funk- und Signalverarbeitungsplattform. Diese Plattform kann in nahezu alle Anwendungen integriert werden, in denen große Datenmengen entstehen und übertragen werden sollen. Bei Bedarf kann sogar die Ablaufsteuerung nachgelagerter Sensorik übernommen werden.

 s.fhg.de/Reichweitenoptimierung-Sensornetzwerk



Ansprechpartnerin

Dr. Christine Ruffert
Stab des stellv. Institutsleiters
Jörg Amelung
Tel. +49 355 69-4763
christine.ruffert@ipms.fraunhofer.de

Spotlight







Innovativer Modellierungsansatz für Mikrolautsprecher

Das Internet der Dinge und speziell das Internet der Sprache erfordert energieeffiziente und hochwertige Audiogeräte. Eine besondere Herausforderung stellen hierbei In-Ear-Kopfhörer dar. Diese akku-betriebenen Kleinstgeräte sollen einen immer größeren Funktionsumfang abdecken. Eine vom Fraunhofer IPMS entwickelte innovative Lautsprechertechnologie stellt aufgrund ihres geringen Bauteil-Volumens und hoher Energieeffizienz einen wichtigen Entwicklungsschub dar. 2021 gelang es dem Institut, seine neusten Forschungsergebnisse im renommierten „Nature Journal Microsystems & Nanoengineering“ vorzustellen.

Das Neuartige an der vom Fraunhofer IPMS entwickelten Lautsprechertechnologie ist das siliziumbasierte Schallwandlerprinzip, welches keine herkömmliche Membran mehr besitzt, sondern mit Biegebalken arbeitet. Beim Anlegen einer Audiosignalspannung werden diese zum Schwingen angeregt und erzeugen hörbare Schallwellen. Durch die Integration aller Komponenten direkt im Siliziumchip sind diese Klanggeber potenziell wesentlich kleiner und energieeffizienter als herkömmliche Lautsprecher. Dadurch können eine Vielzahl weiterer Funktionalitäten in zukünftige In-Ear-Kopfhörer integriert werden. So erlauben sie smarte Hearable-Anwendungen wie Instant-Übersetzung, Bezahlfunktionen und weitere Internetdienstleistungen – alles sprachgesteuert und ohne Blick auf das Smartphone. Diese Multitalente könnten in Zukunft sogar die komplette Internetkommunikation übernehmen.

2021 veröffentlichte das Fraunhofer IPMS seine neusten Forschungsergebnisse im renommierten „Nature Journal Microsystems & Nanoengineering“. Unter dem Titel „Coulomb-actuated microbeams revisited: experimental and numerical modal decomposition of the saddle-node bifurcation“ wird

die Weiterentwicklung von ordnungsreduzierten Modellen von elektrostatisch ausgelenkten Mikrobalken beschrieben, indem die modale Beteiligung von Euler-Bernoulli-Moden an der statischen Auslenkung numerisch und experimentell untersucht wird. Die Erkenntnisse erlauben die Erstellung von ordnungsreduzierten Modellen basierend auf der Projektion auf die Euler-Bernoulli-Nullmode, wodurch eine akkurate Abbildung der Deformation von Mikrobalken über einen einzigen Freiheitsgrad ermöglicht wird.

Die Vermarktung der innovativen Forschungsergebnisse übernimmt die vom Fraunhofer IPMS 2019 ausgegründete Arioso Systems GmbH. Das Verwertungspotenzial der neuartigen Mikrolautsprecher wird derzeit in Gesprächen mit interessierten Industriekunden evaluiert. Gleichzeitig arbeitet das Team bereits an der Patentierung und Umsetzung weiterer Ideen.

 s.fhg.de/Nature-paper



Ansprechpartner

Dr. Anton Melnikov
Gruppe Monolithisch
integrierte Aktor- und
Sensorsysteme
Tel. +49 351 8823-4635
[anton.melnikov@
ipms.fraunhofer.de](mailto:anton.melnikov@ipms.fraunhofer.de)

Lärm sichtbar machen geht nicht? Doch!



Der Bremerhavener Verein „Rückenwind für Lehrer Kinder e.V.“ bietet Kindern des Stadtteils Lehe ein kostenloses Betreuungs-, Freizeit- und Förderangebot. Die Kinder finden hier vielfältige Aktivitäten vor und lernen, sich an Regeln zu halten. Trotzdem wird es manchmal laut. Zu laut. Um einen angemessenen Lärmpegel in verschiedenen Situationen zu gewährleisten, widmete sich ein Azubi-Projekt des Fraunhofer IPMS der Entwicklung einer Wohlfühlampel zur Visualisierung der Lautstärke in Räumen.

Die Wohlfühlampel stellt mittels cleverer Technik den Lärmpegel in geschlossenen Räumen optisch dar. Vergleichbar mit einer Ampelschaltung leuchtet die Wohlfühlampel bei Ruhe in Grün. Erhöht sich die Umgebungslautstärke, wechseln die Farben schrittweise von Grün zu Gelb, dann zu Rot und letztendlich zu einem blinkenden Rot-Signal. Befindet sich die Ampel länger als 5 Sekunden im blinkenden Modus, ertönt ein akustischer Warnruf.

Die Wohlfühlampel lässt sich zudem an die Umgebungslautstärke anpassen. So sind die Lärmschwellen in 3 verschiedenen Stufen einstellbar. Stufe 1 kann beispielsweise für stilles Arbeiten oder Ruhephasen genutzt werden. In dieser Stufe schlägt die Wohlfühlampel bereits bei leisen Geräuschen an. Wird Stufe 3 eingestellt, ist ein Gespräch in der normalen Lautstärke möglich; die Ampel gibt erst bei einem lauten Geräuschpegel „Alarm“. Betrieben wird die Wohlfühlampel mittels einer

Powerbank, welche eine mobile Anwendung bis zu ca. 14 Stunden ermöglicht. Ist der Akku der Powerbank leer, kann die Wohlfühlampel über das dazugehörige USB-C-Kabel geladen und gleichzeitig verwendet werden.

Die Auszubildenden Sophie Kupke und Markus Kraetzig (Foto oben) sind stolz auf ihre Leistung. Im Projekt konnten sie den Ablauf, die Inhalte, sowie das Management eines Projektes kennenlernen und selbstständig arbeiten. Dabei waren ihnen Teamarbeit, Organisation und Disziplin besonders wichtig, um das Projekt erfolgreich abzuschließen. Und das gelang ihnen: Die Wohlfühlampel wurde am 26.10.2021 an den Verein „Rückenwind für Lehrer Kinder e.V.“ feierlich übergeben.

 s.fhg.de/wohlfuehlampel



Ansprechpartner

Dr. Olaf R. Hild
Gruppenleiter
Chemische Sensorik
Tel. +49 351 8823-450
olaf.hild@ipms.fraunhofer.de

Messen und Veranstaltungen 2021



International Conference on IC Design and Technology (ICICDT)

15. – 17. September 2021

Die wechselseitige Optimierung von Design und Technologie bietet heute einen entscheidenden Vorteil auf dem hart umkämpften Halbleitermarkt. Traditionell wurden bei der Herstellung integrierter Schaltungen deren Design und Technologie getrennt betrachtet und entwickelt. Mit Blick auf die Zukunft ist dies heute nicht mehr angemessen. Die IC-Entwicklung benötigt ein tieferes Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Design- und Technologieoptionen, um eine maximale Produktoptimierung zu gewährleisten.

Die ICICDT ist eine globale Konferenz im Bereich IC-Design und -Technologie. Sie bietet Interessierten aus Forschung, Ingenieurwesen und Industrie ein Forum zum Austausch über aktuelle Trends im Design sowie der Prozesstechnologie bei der Produktentwicklung.

2021 organisierte das Fraunhofer IPMS die ICICDT und schuf für rund 90 Teilnehmende eine erfolgreiche Online-Konferenz mit Vorträgen, Tutorials und einem umfangreichen Programm zum Netzwerken. Der einzigartige Workshop-Stil der Konferenz bot Technologen und Produktdesignern die Möglichkeit,

bahnbrechende Ideen auszutauschen und effektiv zusammenzuarbeiten.

Dem eintägigen Tutorial-Programm zu den Themen plasma-induzierte Schäden, GaN-Leistungsbaulemente, Neuromorphic Computing für Edge AI sowie großflächige photonische MEMS-Schalter aus Silizium folgten zwei Tage mit technischen Präsentationen und Workshops. Dabei wurden Themen behandelt, die eine enge Interaktion und Zusammenarbeit von allen Design-, Technologie- und Prozessfeldern erfordern, um eine Verbesserung in der Produktentwicklung und -fertigung zu erzielen. Da die Gäste aufgrund der Pandemie-Situation leider nicht persönlich in Dresden anwesend sein konnten, drehte das Fraunhofer IPMS zudem einen virtuellen Stadtrundgang, um den Standort vorzustellen.

 s.fhg.de/ICICDT-conference

 s.fhg.de/Stadtrundgang



60 Jahre Mikroelektronik in Dresden

2. Oktober 2021

Am 2. Oktober 1961 startete die von Werner Hartmann gegründete Arbeitsstelle für Molekularelektronik Dresden mit ihrer Arbeit. Das 60. Jubiläum feierte das Fraunhofer IPMS mit dem Symposium „60 Jahre Mikroelektronik in Dresden“ in den Technischen Sammlungen Dresden mit rund 100 Interessierten.

 s.fhg.de/60-Jahre



MST Kongress

8. – 10. November 2021

Das Fraunhofer IPMS war am Gemeinschaftsstand der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD) vertreten. In Vorträgen und Postersessions präsentierte das Institut aktuelle Ergebnisse und Entwicklungen aus den Bereichen der intelligenten MEMS-basierten Sensorik und Aktorik.

 s.fhg.de/MST-Kongress-2021



Workshop mit der HTW Dresden

15. Oktober 2021

Unter dem Motto „Vom Sensor zur Nutzerinteraktion“ trafen sich Vertreter der HTW Dresden und das Fraunhofer IPMS, um sich zu aktuellen Forschungsschwerpunkten auszutauschen und Kooperationsmöglichkeiten zu eruieren. Beispielsweise wurde diskutiert, wie Studierende frühzeitig Einblick in die praktische Arbeit erhalten können. Die Hochschulvertreter zeigten sich an Formaten wie Schauraumführung, Reinraumrundgang und – besonders für höhere Fachsemester – Hands-On-Vermittlung von Kompetenzen in den Laboren des Fraunhofer IPMS sehr interessiert. Für 2022 ist eine Nachfolge des Workshops geplant, um die Umsetzung zu konkretisieren.



Semicon Europa

16. – 19. November 2021

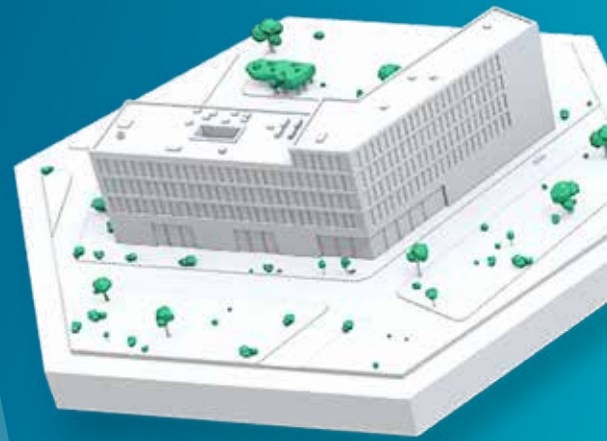
Das Fraunhofer IPMS präsentierte auf der Semicon Europa am Silicon Saxony Gemeinschaftsstand in München einen spannenden Themenmix aus den Bereichen Halbleiter, Sensorik, Internet der Dinge, Automotive und Medizintechnik im Bereich der 200- und 300-mm-Forschung und -Entwicklung.

 s.fhg.de/Semicon-EU-2021

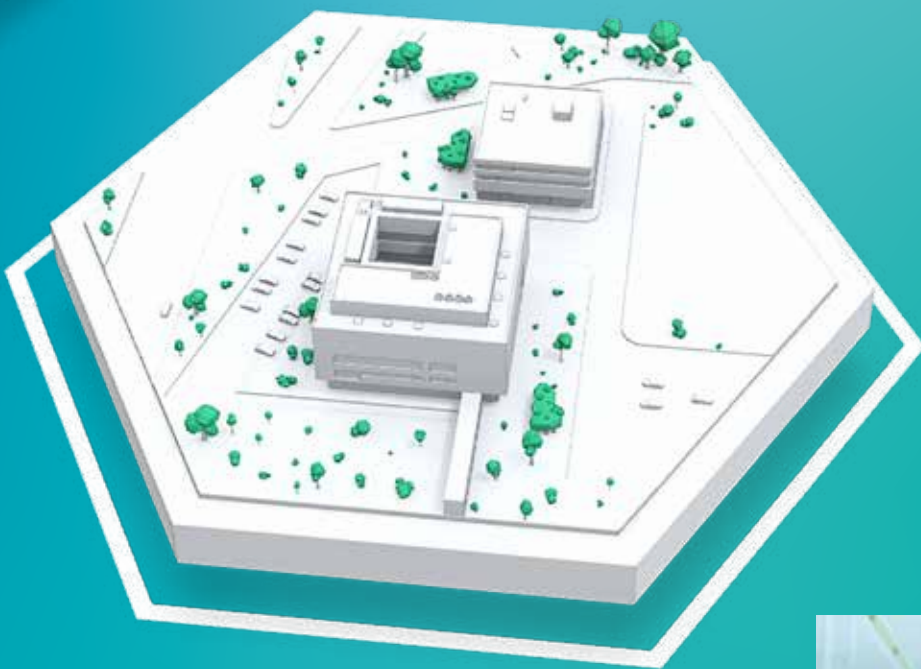
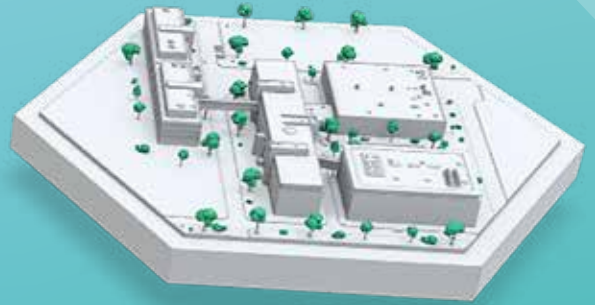
Virtueller Showroom

Im virtuellen Showroom können Sie unsere Technologien interaktiv und in 3D erleben. Schauen Sie sich um und entdecken Sie unsere Demonstratoren und Anwendungsvideos! Viel Spaß!

www.showroom.leistungszentrum-mikronano.de



A screenshot of the Fraunhofer IPMS virtual showroom interface. The interface is displayed on a teal background. On the left, there is a navigation menu with a back arrow and the text "Fraunhofer IPMS - Ihr Partner für elektronische und photonische Mikrosysteme". Below this, there are three hexagonal icons representing different sectors: "Industrie" (Industry), "Automotive", and "Health". The "Industrie" icon is highlighted. In the center, there is a 3D model of a building complex. On the right, there is a video player showing a person in a cleanroom environment. Below the video player, there is a section titled "Fraunhofer IPMS" with several buttons: "Aktuelle News", "Neuheiten", "3D-View 360°", "Kontaktanfragen", "3D-View 360°", and "Contacting". Below this, there is a short text description of the facility's capabilities. At the bottom, there is a search bar and a user profile for "Tina Hoffmann".



Ansprechpartnerin

Dr. Anne-Julie Maurer
Abteilungsleiterin
Marketing & Communication
Tel. +49 351 8823-2604
anne-julie.maurer@
ipms.fraunhofer.de



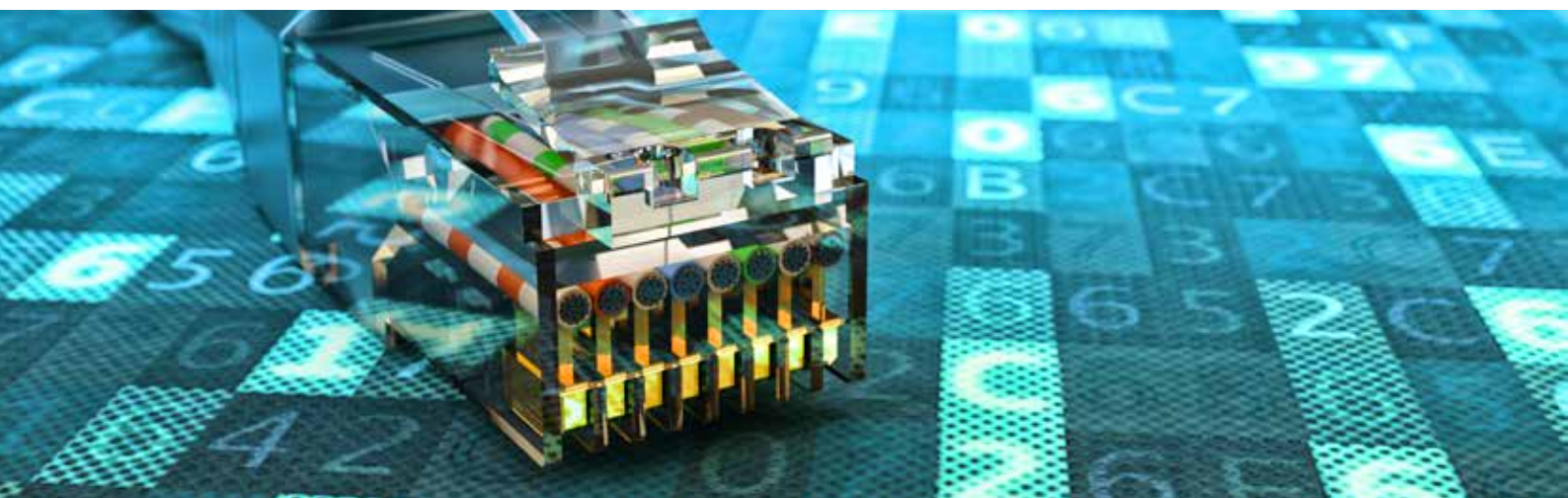


30 Jahre Fraunhofer in Dresden

2022 feiert die Fraunhofer-Gesellschaft ihr 30-jähriges Bestehen in Dresden. Das Fraunhofer IPMS startete als Außenstelle des Fraunhofer IMS Duisburg und wurde 2003 ein eigenständiges Institut. Aus 150 Mitarbeitenden und 13 Mio. € Budget sind mittlerweile mehr als 500 Mitarbeitende und ein Budget von über 50 Mio. € geworden. Folgen Sie uns über das Jahr auf Social Media, um mehr Highlights aus unserer spannenden Historie zu erfahren.

Unsere Whitepaper

Mit unseren kostenfreien Whitepapers sind Sie jederzeit über aktuelle Standards und unsere Technologieentwicklungen informiert. Eine Auswahl sehen Sie hier.



Time Sensitive Networking – Eine Einführung

Ethernet hat sich in Computer- und Automatisierungszwecken gleichermaßen durchgesetzt. Jedoch wurde Ethernet ursprünglich nicht für die Anforderungen aus der Automatisierungstechnik entwickelt. Das betrifft vor allem Anforderungen an garantierte und echtzeitfähige Kommunikation. Anwendungen der Industrie 4.0 allerdings erfordern in Zukunft immer mehr durchgängige Ethernet-Netzwerke, die mit der traditionellen Struktur nur noch mit hohem Aufwand hergestellt werden können. Das soll nun mit Ethernet TSN geändert werden.

 s.fhg.de/TSN1-whitepaper

TSN Ethernet Switched Endpoint Controller

Time-Sensitive Networking (TSN) ist die funktionelle Erweiterung von IEEE 802.1 Ethernet-Netzen, die derzeit von der IEEE entwickelt wird. Das Set von Standards soll es ermöglichen, zeitkritische und zeitunkritische Daten in einem verbundenen Netzwerk gleichzeitig übertragen zu können. In diesem Whitepaper werden der TSN Ethernet Switched Endpoint Controller und potentielle Anwendungsszenarien erläutert.

 s.fhg.de/TSN3-whitepaper

TSN-Implementierung auf Basis von Intel-FPGAs

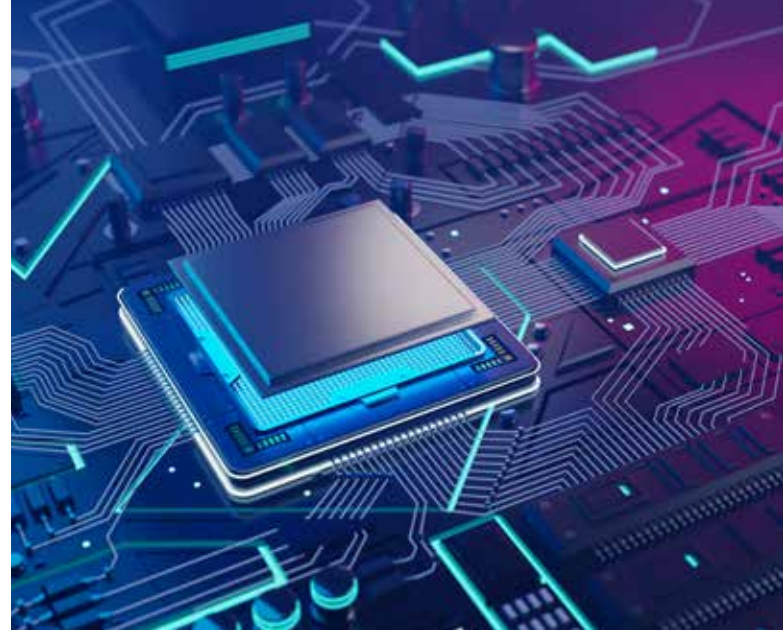
Die Weiterentwicklung von TSN soll den Grad des Determinismus in Switched Ethernet-Netzwerken nach IEEE 802.1 und 802.3 erhöhen. Im Wesentlichen bedeutet das die Umsetzung von Ethernet-Netzwerken mit garantierten Ende-zu-Ende-Latenzen für echtzeitkritischen Datenverkehr, Übertragung von (zeit-)kritischen und -unkritischen Daten über ein konvergentes Netzwerk, geringe Paketverluste sowie geringe Latenzschwankungen (Jitter). In diesem Whitepaper erfahren Sie alles über mögliche Umsetzungen von TSN auf Basis von Intel-FPGAs.

 s.fhg.de/TSN2-whitepaper

Latenzoptimierte TSN-Netzwerke


Time Sensitive Networking (TSN) erlaubt unterschiedlichen Protokollen die Nutzung einer gemeinsamen Infrastruktur über das gesamte Netzwerk, indem kritischer Echtzeitdatenverkehr und unkritischer Datenverkehr so optimiert werden, dass Echtzeit-Charakteristik und optimale Performance der Datenübertragung gleichzeitig möglich werden. Das Whitepaper untersucht, welche Vor- und Nachteile sich in der Praxis mit TSN aus der Verwendung verschiedener Betriebssysteme ergeben.

 s.fhg.de/TSN6-whitepaper



CAN IP-Core Design

Neuartige Fahrerassistenzsysteme sowie Fahrzeug-zu-Fahrzeug Vernetzung und nutzerzentrische Infotainment-Anwendungen integrieren eine Vielzahl von Sensoren und Applikationen in Automobile, welche teils hohe Bandbreiten und garantierte niedrige Latenzen bei der Übertragung der Nutzdaten fordern. CAN als eines der dominierenden Busprotokolle – vielleicht sogar das führende serielle Bussystem weltweit – eignet sich ideal für diese Aufgaben. Im Whitepaper wird die CAN-Historie detailliert beleuchtet sowie der beispielhafte Einsatz in einem kundenspezifischen Fraunhofer IPMS-Subsystem vorgestellt.

 s.fhg.de/CAN-IP-Core-Whitepaper-de

MIMUTs – Ultraschallwandler

Ultraschallwandler werden in einer Vielzahl von Anwendungen eingesetzt: von der medizinischen Bildgebung über zerstörungsfreie Prüfungen bis hin zu Parksensoren. Mechanisch verbundene mikromechanische Ultraschallwandler (MIMUTs) sind eine neue Entwicklung, die von den Vorteilen herkömmlicher Ultraschallwandler profitiert und gleichzeitig deren Einschränkungen überwindet. Dieses Whitepaper gibt einen Überblick über diese Entwicklungen.

 s.fhg.de/MIMUTS-whitepaper


RISC-V Prozessor Core für funktionale Sicherheit

Im Gegensatz zu vielen anderen Befehlssatzarchitekturen ist RISC-V als Open-Source-Lizenz frei verwendbar, womit es jedem möglich ist, RISC-V-Cores und -Prozessoren zu entwickeln, ohne dafür Lizenzgebühren bezahlen zu müssen. Der RISC-V-Prozessor EMSA5-FS für eingebettete funktionale Sicherheit des Fraunhofer IPMS ist ein 32-Bit-Prozessor mit fünfstufiger Pipeline, der die offene Standard-RISC-V-Befehlssatzarchitektur (ISA) unterstützt. Dieser wird in diesem Whitepaper vorgestellt.

 s.fhg.de/RISC-V-whitepaper

Benchmarking von Ultraschall-Technologien

Mikromechanische Ultraschallwandler (MUTs) eignen sich für den Einsatz in der medizinischen Bildgebung, da sie durch Standard-Halbleitertechnologien kostengünstig und in großen Stückzahlen hergestellt werden können und eine 3D-Bildgebung ermöglichen. In diesem Whitepaper werden verschiedene europäische Technologien verglichen und ein Benchmarking erarbeitet. So können Kunden für ihre Anwendung einfach und schnell die passende Technologie finden.

 s.fhg.de/Ultraschall-Benchmarking-Whitepaper

Alle Whitepaper können Sie auf unserer Webseite lesen und downloaden:
<https://s.fhg.de/IPMS-Whitepaper>

Unsere Webinare

Unsere kostenlosen Tech-Webinare bieten Ihnen einen spannenden Einblick in aktuelle Forschungsthemen und Technologieanwendungen. In unseren über 20 Webinaren finden sicherlich auch Sie Ihr Wunschthema. Hier eine Auswahl:




Multimodal, Modular and Mobile Sensor System for Improved Patient Monitoring

Durch Analyse mithilfe von kompakten Systemen zur chemischen Sensorik, die auf einem MEMS-Ionenmobilitätspektrometer basieren, können Verfahren zum Schnelltest bereitgestellt werden. Optische Sensorik für die mobile Point-of-Care-Diagnostik nutzt optimierte Bauelemente wie Mikroringresonatoren mit funktionalisierter Oberfläche. Durch das Andocken von Antikörpern an der Oberfläche ändern sich die optischen Eigenschaften dieser Bauelemente, sodass diese für die Detektion mit hoher Sensitivität und hohem Durchsatz geeignet sind. Neben der Bauelemente- und Systementwicklung sind auch das Design der Oberflächen sowie deren Charakterisierung Teil der Arbeiten.

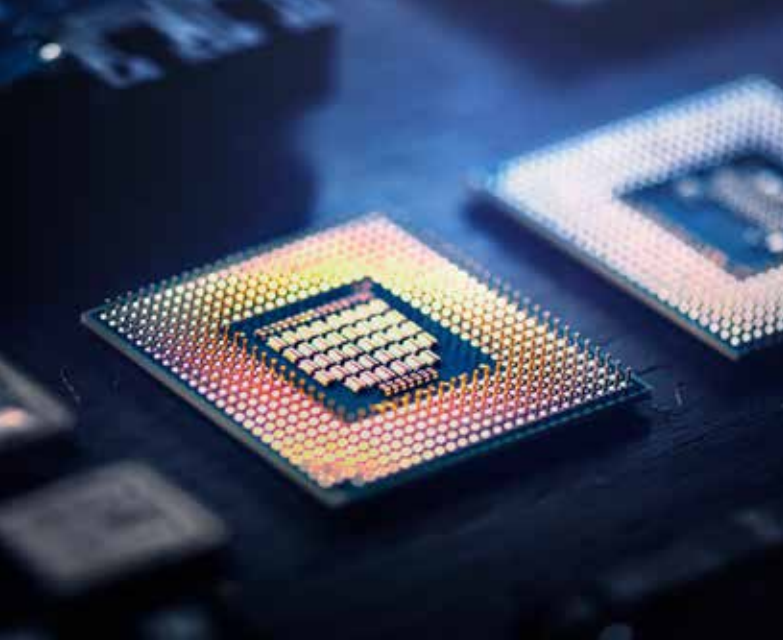
 s.fhg.de/Monitoring-webinar

Flächenlichtmodulatoren – Status und Potenzial für die Holografie

Flächenlichtmodulatoren (SLM) spielen eine zentrale Rolle in verschiedenen Anwendungsbereichen wie z. B. Bildprojektion, Wellenfrontkontrolle und Lichtstrahlsteuerung. Es gibt sowohl Flüssigkristall- als auch MEMS-basierte Modulatorarten. Das Webinar präsentiert drei verschiedene Vorträge von SLM-Experten, die sich mit verschiedenen komplementären SLM-Varianten befassen. Besonderes Augenmerk wird auf die Perspektive des Einsatzes von SLMs für computergenerierte Holografieanwendungen gelegt, bis hin zu echten holografischen 3D-Displays ohne negative physiologische Nebenwirkungen. Der Einführungsvortrag wird von einem herausragenden und bekannten Experten für Augmented, Virtual und Mixed Reality Displays gehalten.


 s.fhg.de/Holografie-webinar






Halbleitertechnik trifft Quantencomputing

Im Projekt QLSI (Quantum Large-Scale Integration with Silicon) wird eine skalierbare Technologie für Silizium-Qubits für Quantencomputer erforscht. Innerhalb von 4 Jahren soll ein 16-Qubit-Chip entwickelt und damit der Grundstein für die industrielle Umsetzung von Halbleiter-Quantenprozessoren in Europa gelegt werden. Im Webinar stellt Ihnen Dr. Benjamin Lilienthal-Uhlig das Projekt vor.

 s.fhg.de/QLSI-webinar

Trusted RISC-V-Plattform für vertrauenswürdige Bauelemente

In diesem Webinar wird das Projekt „Silhouette“ vorgestellt. Dabei geht es um den Schutz von sensiblen Daten vor einer missbräuchlichen Nutzung durch Dritte. Ziel des Konsortiums ist es, siliziumbasierte photonische Technologien für offene Prozessorsysteme als standardisierte, modulare Plattformlösung zugänglich zu machen.

 s.fhg.de/RISC-V-webinar

Mikromechanischer Ultraschall – von der Technologie zur Anwendung


Viele Überwachungs-, Messungs- und Charakterisierungsaufgaben in der Industrie basieren heutzutage auf klassischen Ultraschallsensoren. Mikromechanische Ultraschallwandler stellen eine innovative und effektive Weiterentwicklung dar, die durch ihre kompakte Bauweise und ihre Leistungseffizienz neue Anwendungsbereiche erschließen können. Erfahren Sie mehr dazu in diesem Webinar.

 s.fhg.de/Ultraschall-Webinar

Neuromorphic Computing for Edge AI

Die neuromorphe Computertechnologie ist eine vom Gehirn inspirierte Sensor- und Verarbeitungshardware für eine effizientere und anpassungsfähigere Datenverarbeitung. Sie verspricht eine energiesparende Umsetzung der menschlichen Kognition, z.B. Interpretation und autonome Anpassung. Obwohl die Kommunikationswege im Gehirn und in anderen neuronalen Systemen nicht direkt in elektronische Schaltungen übersetzt werden können, bilden diese mathematischen Modelle die Grundlage für die Umsetzung. Derzeit werden verschiedene Hardware-Realisierungen diskutiert, z. B. analoge/digitale CMOS-Schaltungen mit gemischten Signalen, asynchrone und ereignisbasierte Kommunikations- und Verarbeitungsschemata sowie memristive, Phasenwechsel-, ferroelektrische oder spintronische Bauelemente und andere Nanotechnologien.

In diesem Webinar werden Vorteile und Herausforderungen verschiedener technischer Lösungen diskutiert, um das Ziel einer effizienten neuromorphen Computerhardware für Edge-Intelligence-Systeme zu erreichen.

 s.fhg.de/Neuromorphic-AI-webinar

Stöbern Sie gerne in unserer Mediathek unter <https://s.fhg.de/IPMS-Webinare>

Auszeichnungen



Alica Lehmann



Tina Böhme



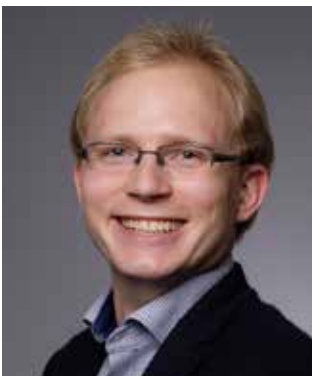
Jennifer Born

Als **eine der besten 20 Auszubildenden 2021**

wurde Alica Lehmann geehrt, die am Fraunhofer IPMS zur Kauffrau für Büromanagement ausgebildet wurde. Auch ihre Ausbilderinnen Tina Böhme und Jennifer Born wurden ausgezeichnet.



Franz Müller, Doktorand am Fraunhofer IPMS, gewann beim VLSI „Technology, Systems and Applications Symposium“, kurz VLSI-TSA, mit seinem Beitrag „Current percolation path impacting switching behavior of ferroelectric FETs“ den **Best Student Paper Award**.



Sören Köble



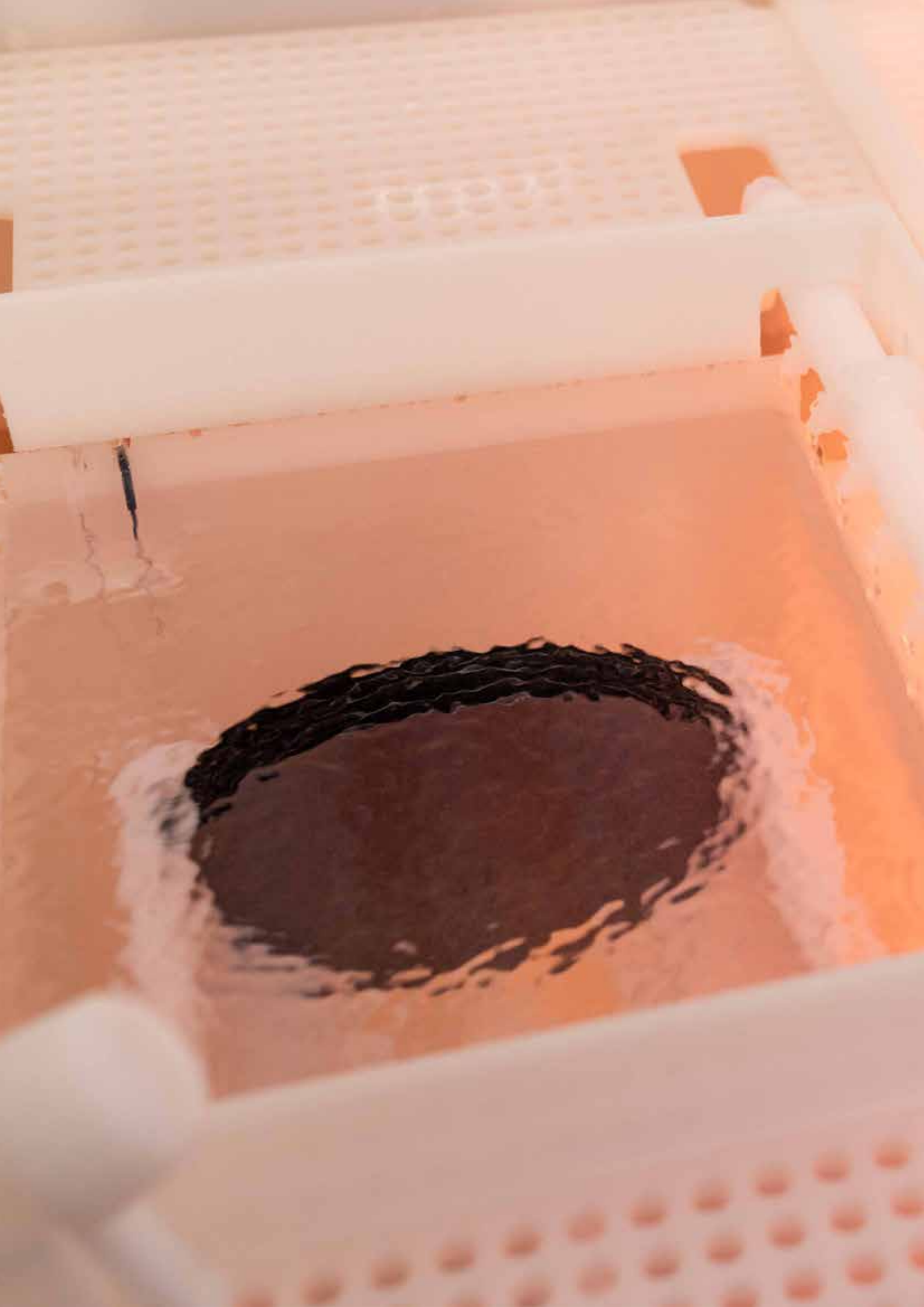
Severin Schweiger

Bei der IEE-Konferenz ISSE – „International Spring Seminar on Electronics Technology“ – gab es gleich doppelt Grund zu feiern. Für ihre sehr guten Poster/Paper wurden Sören Köble und Severin Schweiger gewürdigt. Sören Köble bekam dabei den **„Excellent poster award for junior scientist“** für das Poster „Capacitive Micromachined Ultrasonic Transducers (CMUT) Utilized as Tactile Sensors“. Severin Schweiger erhielt den **„Excellent paper award for junior scientist“** für das Paper „Two-Photon-Lithography Substrate Reflection and Absorption Compensation for Additive Manufacturing of Metamaterials on MEMS“.

 Fraunhofer



Beste Auszubildende 2021
Alica Lehmann

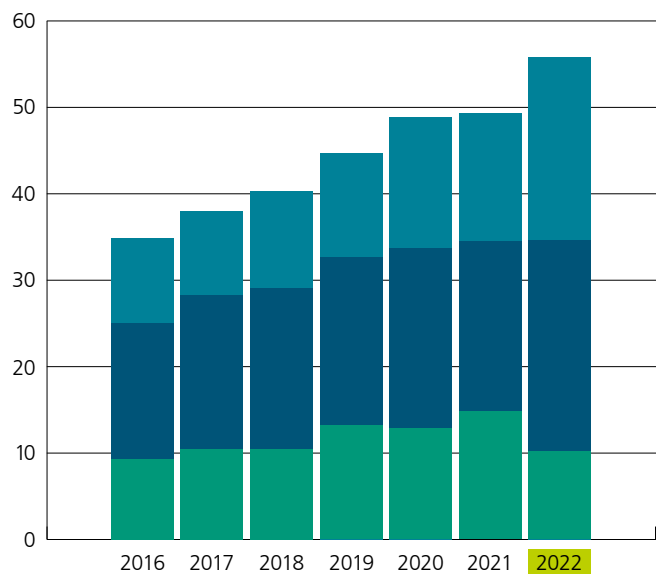




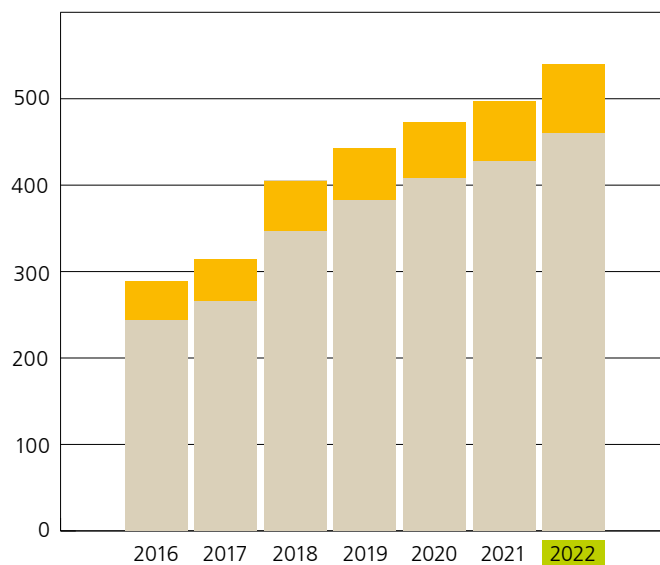
Fraunhofer IPMS im Profil

Das Fraunhofer IPMS in Zahlen

Gesamtbudget (in Millionen Euro)



Mitarbeitende



- Industrieaufträge
- Öffentliche Projekte (national + EU)
- Fraunhofer-Basis-Förderung

- Mitarbeitende inkl. Arbeitnehmerüberlassung & Auszubildende
- Studierende

Auf einen Blick

	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Industrie in %	51	48,5	47	42,7	43,5	40,8	43,9
öffentliche Mittel	22,1	24,6	27,3	27,1	31,1	29,9	36,5
Gesamtbetrag in %	73,1	73,2	74,3	69,8	74,6	70,7	80,4
Mitarbeitende (Anzahl)	289	314	405	443	473	497	540

■ Plan

Kuratorium 2021

Unsere Kuratorinnen und Kuratoren im Jahr 2021 waren:

Vertreter/innen der Wirtschaft

PD Dr. Ingeborg Hochmair-Desoyer
MED-EL Medical Electronics, Geschäftsführerin

Dr. Jens Kosch
X-FAB Semiconductor Foundries GmbH

Prof. Dr. Jörg-Uwe Meyer
MT2IT GmbH & Co.KG, Geschäftsführer

Dr. Axel Preuße
Globalfoundries Dresden, Module One LLC & Co. KG, GF Fellow

Prof. Dr. Frank Schönefeld
T-Systems Multimedia Solutions GmbH, Geschäftsleitung

Dr. Johannes Schumm
Sensirion AG, Vice President Research & Development

Rutger Wijburg, PhD
Infineon Technologies Dresden GmbH & Co. KG,
Vice President & Managing Director

Vertreter/innen der Wissenschaft

Prof. Dr.-Ing. Karlheinz Bock
Technische Universität Dresden, Fakultät für Elektrotechnik

Prof. Dr. Alex Dommann
EMPA Swiss Federal Laboratories for Materials Science and
Technology, Departmentsleiter Materials meet Life

Prof. Dr. Wilfried Mokwa
RWTH Aachen, Direktor Institut für Werkstoffe der
Elektrotechnik

Prof. Dr. Wolfgang Osten
Universität Stuttgart

Prof. Dr. Katja Schenke-Layland
Universität Tübingen, Director Natural and Medical Sciences
Institute

Prof. Dr. Ronald Tetzlaff
TU Dresden, Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik,
Dekan

Prof. Dr. Ulrike Wallrabe
Universität Freiburg, Institut für Mikrosystemtechnik IMTEK

Vertreter/innen der öffentlichen Hand

Dr. Lutz Bryja
Sächsisches Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst,
Referatsleiter

Dirk Hilbert
Landeshauptstadt Dresden, Oberbürgermeister

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

Dr. Inge Schlotzhauer
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur des Landes
Brandenburg, Referatsleiterin

Dr. Ronald Schnabel
VDE/VDI Gesellschaft Mikroelektronik, Mikrosystem- und
Feinwerktechnik (GMM), Geschäftsführer

Dr. Eike-Christian Spitzner
VDI/VE Innovation + Technik GmbH, Bereichsleiter
Elektronik- und Mikrosysteme

Dr. Tina Züchner
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referentin

Services

Das Fraunhofer IPMS bietet Ihnen eine Auswahl an Service-Dienstleistungen an:



MEMS Technologies Dresden

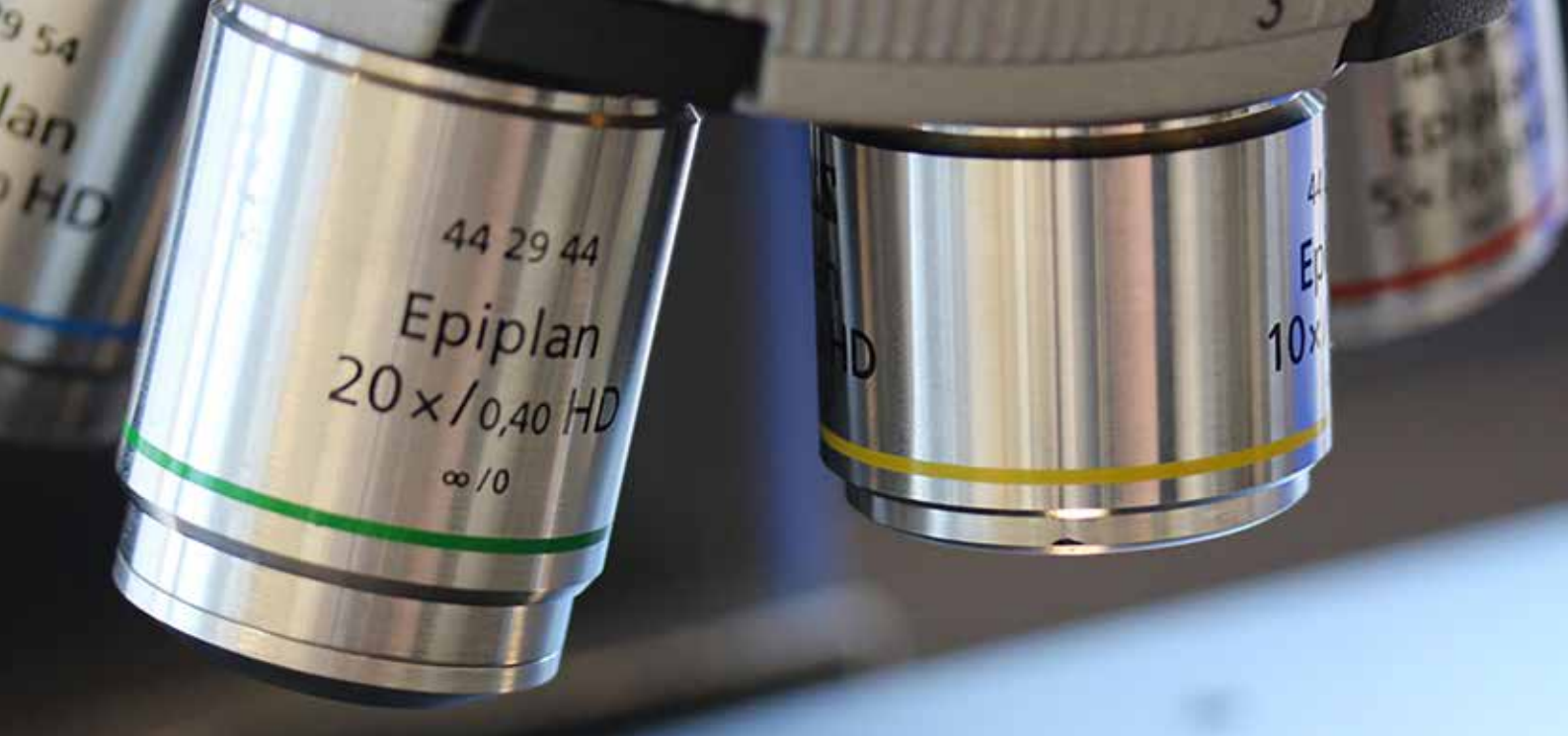
Das Fraunhofer IPMS bietet seinen Kunden den kompletten Service für die Entwicklung von mikro-elektro-mechanischen Systemen (MEMS) und mikro-opto-elektro-mechanischen Systemen (MOEMS) auf 200-mm-Wafern. Die technologische Entwicklung und Betreuung der MEMS-Technologien – von Einzelprozessen über Technologiemodule bis hin zur kompletten Technologie sowie die prozesstechnische Betreuung der Anlagen im Reinraum – wird durch unser Team von über 90 Ingenieuren, Operatoren und Technikern gewährleistet. Auf Kundenwunsch übernehmen wir nach der erfolgreichen Entwicklung die Pilotfertigung oder unterstützen einen Technologietransfer. Damit decken wir die technologischen Reifegrade (TRL) von 3 bis 8 ab.

 [s.fhg.de/MEMS-Dresden](https://www.s.fhg.de/MEMS-Dresden)

300-mm-Halbleiterprozesse & Screening Fab

Wir bieten im Bereich FEoL und BEoL Technologieentwicklungen und Services an. Für die Serienfertigung von Halbleiterbauelementen wie z. B. Mikroprozessoren, ist jeder einzelne Prozessschritt für die Bewertung und Optimierung von Interesse. Testvehikel und Testwafer sind unerlässlich, um Entwicklungen und neue Materialien unter Produktionsbedingungen zu testen und ermöglichen es, schnell auf Prozessänderungen zu reagieren sowie Chemikalien oder Prozesse von „Lab to Fab“ zu übertragen. In der „Screening Fab“ bieten wir Ihnen daher Screening- und Evaluierungsdienstleistungen für Materialien, Prozesse, Chemikalien und Verbrauchsmaterialien vom Labor bis zum Produktionsmaßstab an – unter industriellen Bedingungen in einem state-of-the-art 300-mm-Reinraum.

 www.screeningfab.com



Analytik und Metrologie

Wir verfügen in unseren Labors für physikalische Fehleranalyse über eine Vielzahl von analytischen Charakterisierungsmethoden. Der Schwerpunkt liegt auf der Wafercharakterisierung mit verschiedenen Röntgenverfahren sowie Raman-Spektroskopie und ToF-SIMS. Darüber hinaus stehen hochauflösende Elektronenmikroskopie und Kornanalyse mit entsprechenden Präparationstechniken zur Verfügung. Atomare und piezoelektrische Kraftmikroskopie sowie chemisches Ätzen von Waferoberflächen runden das Portfolio ab. Darüber hinaus ist hier eine vollständige elektrische Charakterisierung möglich.

Mit unserer Inline-Metrologie können wir physikalische und chemische Eigenschaften von Strukturen auf 300-mm-Wafern bestimmen. All unsere Geräte für die Analyse auf Wafer Ebene sind in einer Reinraumumgebung der Klasse 1000 (Klasse 6 ISO 14644-1) untergebracht, die den Industriestandards entspricht.

 s.fhg.de/Analytik

RF-Charakterisierung

Am Fraunhofer IPMS kann die HF/mm-Wellen-Charakterisierung entweder in Koaxial-/Hohlleitermessumgebung oder auf Wafer Ebene erfolgen. In beiden Fällen sind spezielle Messgeräte sowie anwendungsorientierte Aufbauten erforderlich. Insbesondere ermöglicht eine fortschrittliche halbautomatische Probe-Station die automatisierte On-Wafer-S-Parameter-Charakterisierung von 2-Tor-Bauteilen bis 170 GHz und 4-Tor-Bauteilen bis 67 GHz. Außerdem stehen für die nichtlineare Charakterisierung aktiver Bauelemente der vektorielle Load-Pull-Messaufbau bis 65 GHz und der skalare Load-Pull-Messaufbau bis 110 GHz zur Verfügung. Zudem wird die Extraktion der Rauschparameter bis 170 GHz mit Hilfe der Source-Pull-Technik durchgeführt.

 s.fhg.de/Charakterisierung

Weitere Informationen finden Sie unter:
s.fhg.de/IPMS-Services

Evaluation Kits

Mit unseren Evaluation Kits erhalten Sie ein voll funktionsfähiges Versuchsaufbau und können unsere Technologie sofort in Ihrer Anwendung testen.



MEMS-Scanner

Das Evaluation-Kit „QSDrive Scan Kit“ gestattet es insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen, MEMS-Scanner des Fraunhofer IPMS ohne die aufwendige Eigenentwicklung einer Ansterelektronik spezifikationsgemäß zu betreiben. Das Evaluation-Kit besteht aus einem ResoLin-Bauelement – einem kardanischen MEMS-Scanner mit einer linearen Achse und einer optionalen, orthogonal orientierten resonanten Achse – sowie einer Ansterelektronik. Das Bauelement wird von einem ebenfalls im Lieferumfang enthaltenen Scankopf gehalten, der dank seiner speziellen Konstruktion leicht in gängige optische Versuchsaufbauten integriert werden kann.

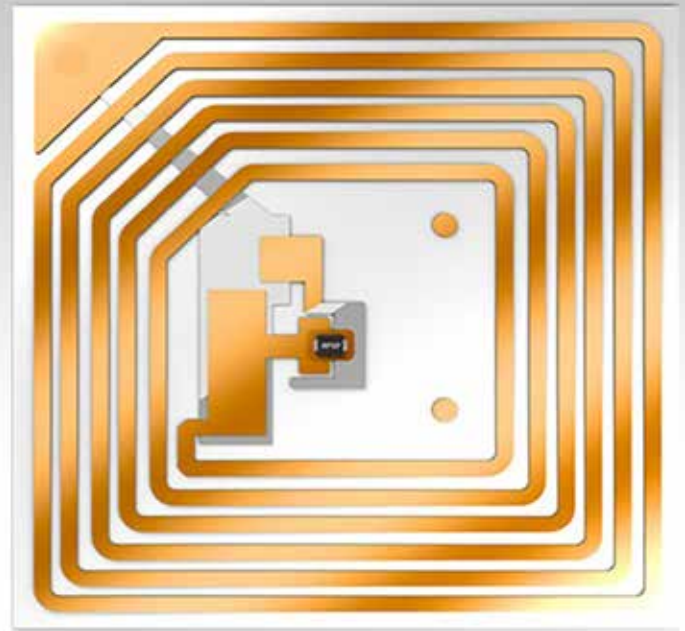
 s.fhg.de/MEMS-Kit

LiFi Hotspot & Gigadock

Im Bereich LiFi bieten wir Ihnen zwei Evaluation Kits mit unterschiedlichen Schwerpunkten. Für eine optische, drahtlose, bidirektionale Punkt-zu-Punkt-Datenverbindung im Vollduplexmodus über kurze Distanzen im cm-Bereich eignet sich LiFi GigaDock®. Verschiedene Ausführungen bieten Datenraten von 1 – 5 Gbit/s. Bei mittleren Distanzen im Meterbereich bietet sich unser Evaluation Kit LiFi Hotspot an. Es unterstützt Datenraten bis 1 GB/s bei einer Distanz bis zu 5 Metern. Mit unseren Evaluation Kits können Anwender mit geringem Aufwand die technischen Vorteile der LiFi-Technologie kennenlernen und in eigenen Netzwerk- bzw. Umgebungsbedingungen testen.

 s.fhg.de/Hotspot-Kit

 s.fhg.de/Gigadock-Kit



CMUT

Das Evaluation Kit „CEK CMUT“ bietet interessierten Entwicklern von Ultraschall-Sensoren und -Anwendern die Möglichkeit, ein voll funktionsfähiges Versuchssetup zur Evaluation von miniaturisierten, kapazitiven, mikromechanischen Ultraschallwandlern (CMUT) aufzubauen. Es besteht aus wahlweise ein oder zwei CMUT-Sensormodulen, einer angepassten Steuer-elektronik sowie einer Software als Web-Applikation, die über Plug-and-Play den CMUT kontrolliert.

 s.fhg.de/CMUT-Evaluationkit

RISC-V Prozessor IP Core

Unsere EMSA5 Demo-Plattform ist ein ideales Werkzeug für die Evaluierung des RISC-V Prozessor IP Cores EMSA5. Sie enthält ein Artix®-7 35T FPGA Arty-Evaluationsboard mit implementierten EMSA5 IP-Core. Dank der enthaltenen Peripherien und Erweiterungsschnittstellen ist das Kit ideal für zahlreiche Anwendungen. Es ist über JTAG programmierbar und enthält Quad-SPI-Flash, einen JTAG-Port, 10/100 Mb/s Ethernet und eine USB-UART-Bridge, 4 Pmod-Anschlüsse und einen Arduino Shield-Erweiterungsanschluss.

 s.fhg.de/RISC-V-Evaluation-Kit

RFID

Unser Evaluation Kit beinhaltet kommerzielle und eigens entwickelte RFID-Transponder-ASICs für verschiedene Frequenzbereiche. Dank eines flexiblen Interface-Konzepts ist es uns möglich, flexibel analoge und digitale Sensorik zu integrieren. Darüber hinaus enthalten unsere Evaluation Kits eine Softwarelösung als Middleware. Es lassen sich beliebige Lesegeräte, Identifikations- und Sensor-Transponder in den unterschiedlichen Frequenzbereichen (LF, HF, UHF und NFC) und von verschiedenen Herstellern einheitlich ansprechen.

 s.fhg.de/RFID-Kit

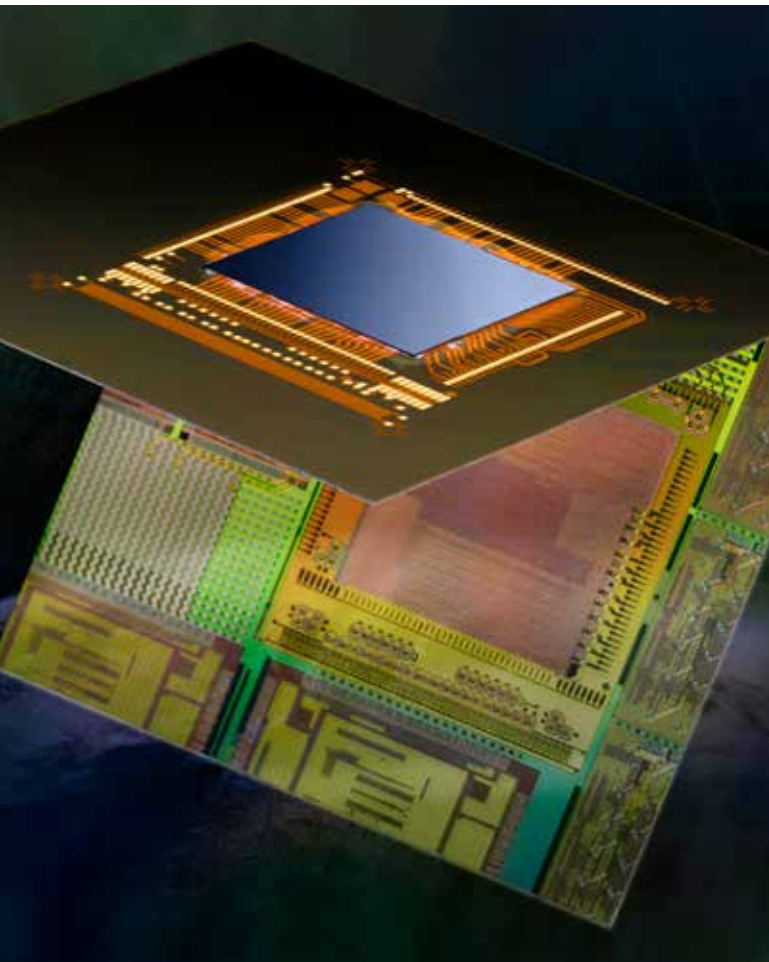
Ethernet Time Sensitive Networking (TSN)

Das Evaluation Kit besteht entweder aus einem Smartzync Board (Xilinx) oder einem Netleap Board (Intel/Altera) mit einem wahlweise implementierten IPMS TSN-IP-Core für Endpunktanwendungen (TSN-EP), Switched Endpunkt-Anwendungen (TSN-SE) oder Switch-Anwendungen (TSN-SW). Linuxtreiber mit Anwendungsbeispielen sowie RTOS-Testapplikationen und TSN-Netzwerk-Konfigurationsbeispiele sind ebenfalls erhältlich.

 s.fhg.de/TSN-Evaluation-Kit

Weitere Informationen
finden Sie unter:
s.fhg.de/IPMS-Kits

Netzwerke und Kooperationen



Leistungszentrum Mikro/Nano – von der Forschung zum Transfer

Forschungsergebnisse aus den beteiligten Instituten auf möglichst direktem Wege an Industriepartner und damit in die Anwendung zu transferieren – das ist die Aufgabe eines Leistungszentrums. In dem Leistungszentrum „Funktionsintegration für die Mikro- und Nanoelektronik“ (kurz: Leistungszentrum Mikro/Nano) arbeiten die Fraunhofer-Institute IPMS, IIS-EAS, ENAS und IZM-ASSID gemeinsam mit Instituten der TU Dresden, TU Chemnitz und HTW Dresden an neuen Technologien für die Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik sowie deren Einsatz z. B. im Bereich industrial Internet of Things.

FhG-weit gibt es insgesamt 20 Leistungszentren mit unterschiedlichen thematischen Schwerpunkten und regionalen Standorten. 2021 wurde seitens der Fraunhofer-Gesellschaft die Entscheidung für eine erfolgsabhängige kontinuierliche Weiterführung des Formats Leistungszentrum getroffen. So erhalten

alle Leistungszentren in den Jahren 2022 bis 2024 jeweils 1 Mio. € p.a. aus Vorstandsmitteln. 2024 erfolgt eine Evaluierung aller Leistungszentren mit der Perspektive einer Anschlussfinanzierung für die nächste Dreijahresperiode bei positivem Evaluationsergebnis.

Der erfolgreiche Transfer aus der Vorlaufforschung in die industrielle Umsetzung ist das Kernziel des Leistungszentrums. Dessen Basis bilden die von den beteiligten Instituten gemeinsam geschaffenen Technologieplattformen, die attraktive wissenschaftlich-technische Angebote sowohl für Neu- als auch für Bestandskunden erlauben. Ein Beispiel aus dem Jahr 2021 ist der Abschluss eines weiteren langfristigen Kooperationsvertrags mit der Firma Endress+Hauser, mit der das Fraunhofer IPMS bereits jahrzehntelang erfolgreich zusammenarbeitet. Endress+Hauser ist ein führender internationaler Anbieter industrieller Mess- und Regeltechnik.

Insbesondere, um neue Partner und Kunden für das Technologieangebot zu gewinnen, hat das Leistungszentrum 2021 eine digitale Transferplattform geschaffen. Gemeinsam wurde ein virtueller Showroom aufgebaut, der die Forschungsangebote und -entwicklungen interaktiv und in 3D erlebbar darstellt. Schauen Sie doch selbst einmal hinein und lassen Sie sich inspirieren:

 www.showroom.leistungszentrum-mikronano.de



Ansprechpartner

Dr. Frank Benner
Koordinator
Leistungszentrum
Tel. +49 351 8823-418
frank.benner@ipms.fraunhofer.de



iCampus Cottbus – Was kommt nach der Kohle? Zukunftschancen durch Mikrosensorik und Digitalisierung!

Die Energiewende ist gerade für Regionen, deren Wirtschaftskraft eng mit der Kohleförderung verbunden ist, eine große Herausforderung. Bis zu 25.000 Industrie-Arbeitsplätze hängen alleine in der Lausitz direkt und indirekt an der Braunkohle. Damit der Strukturwandel gelingt, sind Zukunftsperspektiven gefragt. Hier setzt der „Innovationscampus Elektronik und Mikrosensorik (iCampus Cottbus)“ an. Durch Forschung und Entwicklung zu Mikrosensorik und Digitalisierung schaffen vier außeruniversitäre Forschungseinrichtungen – darunter das Fraunhofer IPMS – zusammen mit der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg ein breites technisches Angebot insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen – und damit eine Perspektive für Fachkräfte sowie die Wirtschaftskraft in der Region. Der Fokus der Entwicklungen liegt auf Smart Health, Umweltsensorik 4.0 und Industrie 4.0.

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert die zweite Phase des iCampus Cottbus von 2022 bis 2026 mit 20 Millionen Euro. In der ersten Phase von 2019 bis 2021 hatte das BMBF die Konsortialpartner mit 7,5 Millionen Euro aus dem Sofortprogramm zur Umsetzung der Empfehlungen der Kommission „Wachstum, Strukturwandel und Beschäftigung“ unterstützt. Auf den hier erreichten Forschungsergebnissen baut nun die zweite Phase auf, in der die wirtschaftliche Verwertung verstärkt adressiert wird. Zum Start lagen 44 Absichtserklärungen von Firmen aus der Region vor; mit elf von ihnen wird nun direkt in Projekten kooperiert.

Erklärtes Ziel des iCampus ist es, mit Forschung und Entwicklung die Brücke in die regionale Wirtschaft zu schlagen sowie den Wissens- und Erkenntnistransfer zu beschleunigen. Sowohl von der Erstellung von Einzellösungen bis hin zur stückzahlfähigen Kleinserienproduktion können Demonstratoren oder Prototypen

für kleine und mittelständische Unternehmen erarbeitet werden. Durch die breiten Kompetenzen der sechs Partner können technische Lösungen aus dem Bereich der Optik und Photonik, der Höchstfrequenztechnik, der MEMS-Technik und der anwendungsnahen KI-Auswertung angeboten werden. Das Fraunhofer IPMS erforscht im Rahmen des iCampus eine Ultraschallkamera für Smart Health, Nahinfrarot-Sensoren für Industrie 4.0 und MEMS-Varaktoren für 5G-Mobilfunk – mehr dazu lesen Sie auf Seite 54.

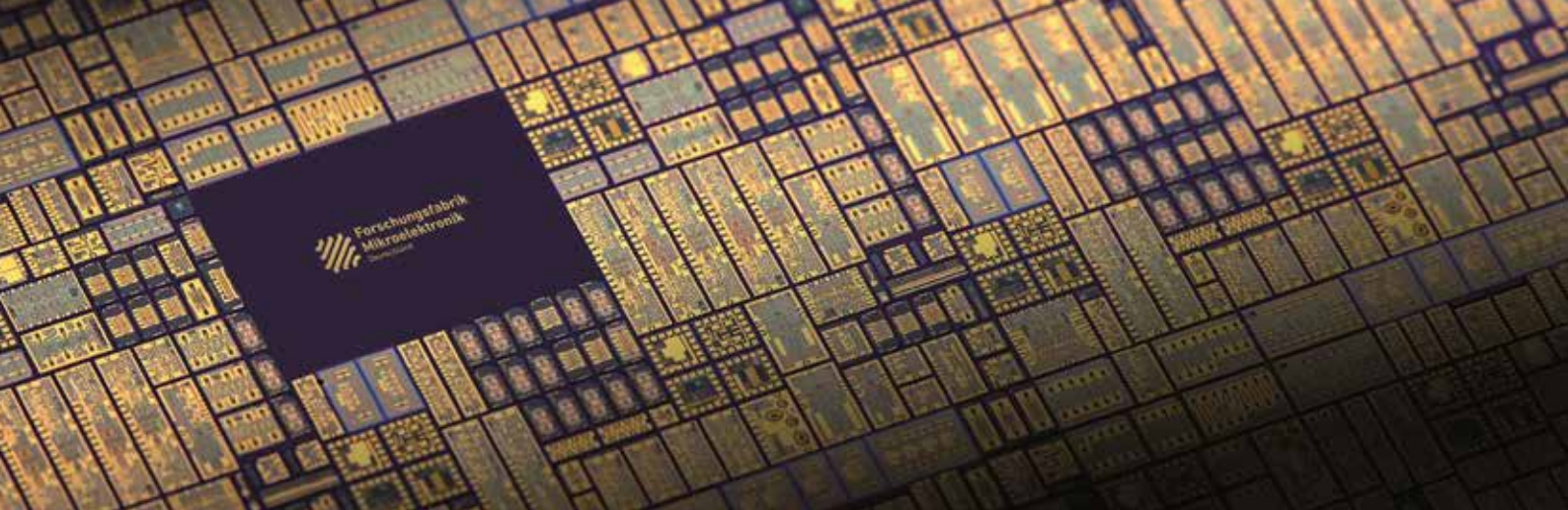
Die Förderung erfolgt im Rahmenprogramm der Bundesregierung 2021 bis 2024 „Mikroelektronik. Vertrauenswürdig und Nachhaltig. Für Deutschland und Europa.“ mit Mitteln des Strukturstärkungsgesetzes Kohleregionen. Projektpartner sind die BTU Cottbus-Senftenberg, das Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM), das Ferdinand-Braun-Institut gGmbH, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH), das Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik (IHP) und die Thiem-Research GmbH.

 www.icampus-cottbus.de



Ansprechpartner

Dr. Sebastian Meyer
Institutsteilhaber Integrated
Silicon Systems
Tel. +49 351 8823-137
sebastian.meyer@
ipms.fraunhofer.de



Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland

Das Fraunhofer IPMS bildet seit 2017 zusammen mit weiteren zehn Instituten des Fraunhofer-Verbunds Mikroelektronik sowie den beiden Instituten FBH und IHP der Leibniz-Gemeinschaft die standortübergreifende Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland, kurz: FMD. Mit den mehr als 2.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern ist die FMD der weltweit größte FuE-Zusammenschluss dieser Art. Sie trägt mit ihrer einzigartigen Kompetenz- und Infrastrukturvielfalt an den Instituten dazu bei, dass Deutschland und Europa ihren Spitzenplatz in Forschung und Entwicklung weiter ausbauen.

Übergang in den Regelbetrieb

Bis Ende 2020 befand sich die FMD in der Aufbauphase. Die umfangreichen Investitionen des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) in die Modernisierung der Institute konnten Ende 2020 / Anfang 2021 bis auf wenige, durch die Covid-19-Pandemie bedingte, Verzögerungen abgeschlossen werden. Anfang 2021 startete die FMD mit der Zusammenlegung der beiden Geschäftsstellen von Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik und Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland und dem neuen Leiter der gemeinsamen Geschäftsstelle Dr. Stephan Guttowski in den verstetigten Betrieb. Diesen Übergang markierte die Digitalkonferenz „Impulsgeber FMD: Angebot & Potenzial – Köpfe & Know-how“ am 22. April 2021. Das Modell einer interdisziplinären und interorganisationalen Zusammenarbeit der deutschen Forschungslandschaft trägt bereits erste Früchte und soll zukünftig auch europäisch als Vorbild dienen.

Mit Vernetzung und Kooperation zur technologischen Souveränität

Inzwischen gilt die FMD als Vorbild, wenn es darum geht, die Kompetenzen unterschiedlicher FuE-Institutionen mit einer gemeinsamen Strategie und einem gebündelten Angebot an die Industrie aufzustellen. Mit der standort-, technologie- und kompetenzübergreifenden Zusammenarbeit sorgt die FMD für den Erhalt und Ausbau der technologischen Souveränität entlang der gesamten Wertschöpfungskette. Die Geschäftsstelle in Berlin repräsentiert die FMD-Institute und agiert als zentraler Ansprechpartner für alle Fragestellungen rund um die mikro- und nanoelektronische Forschung und Entwicklung in Deutschland und Europa.

Vielseitige Kooperationsmöglichkeiten

Neben dem Leistungsangebot für ihre Kunden aus der Wirtschaft, bietet die FMD ebenfalls unterschiedlichste Kooperationsmöglichkeiten für ihre Partner in Wissenschaft und Bildung. Diese zielen direkt auf eine kooperative Bearbeitung von Forschungsfragestellungen, wie die gemeinsame Arbeit in Verbundprojekten und den Betrieb der gemeinsamen Labore, den sogenannten Joint Labs, ab. Eine wesentliche Möglichkeit der Kooperation besteht dabei in der Erprobung spezieller Konzepte und Lösungen aus der Grundlagenforschung auf den Anlagen der Institute der FMD, um so ein besseres Verständnis hinsichtlich ihrer Eignung in stärker anwendungsorientierten Umfeldern zu erlangen.

Vertrauenswürdige und nachhaltige Mikroelektroniksysteme für Innovationskraft

Eine zukunftsorientierte Gesellschaft ist in allen relevanten technischen Anwendungsdomänen – ob in kritischen Infrastrukturen, in der Industrie 4.0, im Automobilbereich oder auch bei medizinischen Geräten – auf elektronische Komponenten angewiesen. Auf diese müssen sich die Menschen verlassen können, um darauf vertrauenswürdige Produkte, Systeme und Infrastruktur aufbauen zu können. Die technologieübergreifenden Kompetenzen, die man für die Bewältigung dieser Herausforderungen benötigt, entwickeln die Institute der Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland in Großprojekten wie „TRAICT“ oder „Velektronik“ mit. Im Projekt TRAICT (TrustedResourceAware ICT) beispielsweise arbeiteten bis Ende 2021 acht FMD-Institute mit weiteren zehn Fraunhofer-Instituten gemeinsam an Rahmenbedingungen, damit Informations- und Kommunikationstechnik vertrauenswürdig und datenschutzkonform ist und dabei selbstbestimmt und sicher genutzt werden kann.

Um die komplette Wertschöpfungskette zu beleuchten und durchgehende Konzepte für vertrauenswürdige Elektronik in Deutschland und Europa zu erstellen, startete im März 2021 eine Plattform für die vertrauenswürdige Elektronik – kurz „Velektronik“. Beteiligt sind insgesamt 12 Partner – 11 Institute der FMD sowie das edacentrum. Innerhalb des Projekts sollen entsprechende Standards, Normen und Prozesse auf der Grundlage einer nationalen und europäischen Chipsicherheitsarchitektur entwickelt und in die Anwendung gebracht werden.

 www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de

Else Kröner-Fresenius-Zentrum für Digitale Gesundheit: Forschung fördern. Menschen helfen.

Das Else Kröner-Fresenius-Zentrum für Digitale Gesundheit (EKFZ) ist eine gemeinsame fakultätsübergreifende Initiative der TU Dresden, des Universitätsklinikums Carl Gustav Carus Dresden, 5 Fraunhofer-Instituten – darunter das Fraunhofer IPMS – sowie des Leibniz-Instituts für Polymerforschung und des Helmholtz-Zentrums Dresden-Rossendorf. Ziel ist es, innovative, digitale Technologien der Medizin vom Labor zu Patientinnen und Patienten zu bringen. Das Fraunhofer IPMS forscht im Projekt HybridEcho daran, die medizinische Bildgebung dank des Einsatzes von hochempfindlichen MEMS-basierten Ultraschallwandlern drastisch zu verbessern.

Als strahlungsfreie, mobile Technologie ist Ultraschall weit verbreitete und hat sich in der Medizin längst etabliert. Ultraschallwandler im medizinischen Bereich basieren derzeit meist auf Piezokeramiken und -kompositen. Diese senden Schallwellen aus und das zurückgesendete Echo wird zu einem Bild aufgezeichnet. Die Empfangsqualität von piezobasierten Ultraschallwandlern ist jedoch so gering, dass die räumliche Auflösung auf 1 – 2 mm in 10 cm Tiefe begrenzt ist. Moderne MEMS-basierte Ultraschallwandler bieten hier eine Lösung: Sie erlauben die Nutzung höherer Frequenzbandbreiten, was eine höhere Bildauflösung ermöglicht, und bieten eine kompaktere Bauweise.

Im Projekt HybridEcho kombiniert das Fraunhofer IPMS zusammen mit der Universitätsklinik Carl Gustav Carus Dresden, der Technischen Universität Dresden, dem Fraunhofer IKTS sowie der Contronix GmbH diese Vorteile mit modernsten Auswertelgorithmen. Hierfür wird der aus der 5G-Mobilfunktechnik bekannte Ansatz „massive MIMO“ (multiple input, multiple output) genutzt. Dabei wird die Sendeleistung gebündelt und die Übertragungseffizienz sowie der Datendurchsatz deutlich gesteigert werden. Daraus ergibt sich eine deutlich gesteigerte Bildqualität des Ultraschalls.

Das Gesamtsystem besteht aus einer mehrkanaligen hybriden Sende- und Empfangseinheit aus piezoelektrischen und MEMS-basierten Ultraschallwandlern. Das Fraunhofer IPMS steuert seine kapazitiven mikromechanischen Ultraschallwandler (CMUTs) bei und integriert diese erfolgreich mit der Piezo-Sensorik auf einem gemeinsamen Substrat. 2021 wurde von der TU Dresden ein Versuchsstand aufgebaut, um die Bildgebungsalgorithmen an diesem System zu testen.

Ab 2022 ist die Erweiterung der bisherigen Sensorik auf mehrkanalige Systeme, höhere Bandbreite und größere Empfangsensitivität mit einem für die Bildgebung geeigneten Packaging geplant. Die verbesserte Technologie verspricht durch die



Versuchsstand des Projekts HybridEcho

höher auflösende Bildgebung bei größerer Eindringtiefe die frühzeitige Diagnose von Krankheiten (bspw. Krebserkrankungen), reduziert die Kosten und verbessert die Genesungsaussichten durch die hiermit mögliche Therapie von Krankheiten in frühen Stadien. Zusätzlich macht sich das Fraunhofer IPMS dafür stark, die Kooperation mit dem EKFZ 2022 noch deutlich zu intensivieren. Ganz im Sinne von Else Kröner-Fresenius: Forschung fördern. Menschen helfen.

 s.fhg.de/Hybridecho

 s.fhg.de/Hybridecho-Video



Ansprechpartner

Dr. Sandro Koch
Gruppenleiter
Ultrasonic Components
+49 351 8823-239
sandro.koch@
ipms.fraunhofer.de



Beim Aufbau einer **starken Quantenindustrie in Europa** ist das Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS mit seiner herausragenden, industrienahen Forschung im Bereich der skalierbaren Technologien für das Quantencomputing und der engen Verbindung zur Mikroelektronik- und Halbleiterfertigungsindustrie ein Schlüsselakteur.

Mit der hochmodernen 300-mm-Halbleiterinfrastruktur und der umfangreichen Expertise in der großmaßstäblichen Qubit-Fertigung sowie der Technologieintegration ist das Fraunhofer IPMS im Quantum Business Network QBN ein wichtiger Partner für kollaborative Innovationen und trägt damit maßgeblich zur Entwicklung der ersten nützlichen Quantencomputer bei.«

Johannes Verst
CEO des Quantum Business
Network QBN



Fraunhofer und CEA-Leti sind die beiden großen europäischen Forschungsorganisationen. Wir haben einen gemeinsamen Auftrag: eine Brücke zwischen Forschung und Industrie zu bauen.

Das Fraunhofer IPMS und CEA-Leti koordinieren eine Vielzahl europäischer Projekte, die ihre wissenschaftliche Exzellenz belegen. Wir bieten unseren Kunden und Partnern Spitzenforschung und differenzierte Lösungen auf Basis von 200- und 300-mm-Wafertechnologien. Wir arbeiten regelmäßig zusammen, tauschen uns bei Besuchen aus und ergänzen uns gegenseitig.

Von unseren Fachkräften im wissenschaftlichen Bereich bis zur Geschäftsleitung haben wir die gleiche Vision und die gleichen Best Practices. Im Rahmen der HTA-Allianz diskutieren wir Roadmaps und Strategien zur Unterstützung unserer führenden französischen und deutschen Halbleiterhersteller wie STMicroelectronics, Soitec, Infineon, Bosch, GlobalFoundries und anderen. Kürzlich haben wir uns gemeinsam mit dem Quantencomputing und dem Edge Computing befasst, um die Entwicklung von Edge KI-Systemen im Rahmen mehrerer ECSEL-Projekte voranzutreiben, darunter TEMPO, ANDANTE und MATQu. Wir entwickeln neue Materialien und neue nichtflüchtige Speicher mit dem Ziel, sie in neuronale Netzwerkarchitekturen zu integrieren.

Wir möchten uns bei unseren Kollegen am Fraunhofer IPMS bedanken, die uns stets unterstützen und eine konstruktive Zusammenarbeit ermöglichen – wir bilden ein starkes Team für den gemeinsamen Erfolg. Der European Chips Act hat sowohl das Fraunhofer IPMS als auch CEA-Leti ins Rampenlicht gerückt. Wir erleben einen historischen Moment, in dem die technologische Souveränität Europas gestärkt wird, und wir sind sicher, dass unsere Kultur des Wissensaustauschs Früchte tragen wird.

Dr. Laurent Clavelier,
Division Manager Silicon Technologies, CEA-Leti

Foto v.l.n.r.: Martin Landgraf, Dr. Manuela Junghänel, Prof. Dr. Hubert Lakner (Fraunhofer); Dr. Laurent Clavelier, Dr. Yannick LeTiec & Dr. Fabrice Nemouchi (CEA-Leti); und Dr. Wenke Weinreich (Fraunhofer) während eines Besuches am Fraunhofer IPMS im September 2021.

Patente

Ob neuartige MEMS-basierte Biegeaktoren, IP-Cores oder weltweit einzigartige Flächenlichtmodulatoren mit einzeln auslenkbaren Kippspiegeln – das Fraunhofer IPMS steht für Innovationen im Bereich optischer Sensoren und Aktoren, ASICs, Mikrosysteme sowie Nanoelektronik.

Das Fraunhofer IPMS verfügt derzeit über 274 erteilte Patente. 237 Patentanmeldungen befinden sich im Erteilungsverfahren.

 [s.fhg.de/IPMS-Patents](https://www.fhg.de/IPMS-Patents)

Publikationen

Am Fraunhofer IPMS wird exzellent geforscht. Das belegen die zahlreichen Publikationen, die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Fraunhofer IPMS 2021 veröffentlicht haben.

Ein Highlight im Jahr 2021 war eine Veröffentlichung zu innovativen In-Ear-Lautsprechern im renommierten Nature Journal Microsystems & Engineering. Hier stellte das Fraunhofer IPMS neue Bauelemente vor, die aufgrund ihres geringen Volumens und hoher Energieeffizienz einen wichtigen Entwicklungsschub darstellen. Das Paper „Coulomb-actuated microbeams revisited: experimental and numerical modal decomposition of the saddle-node bifurcation“ kann durch Open Access kostenfrei gelesen werden: <https://www.nature.com/articles/s41378-021-00265-y>

Mehr zu diesem Thema finden Sie auch auf Seite 68. Lesenswert!

Alle unsere Publikationen finden Sie unter:

 [s.fhg.de/IPMS-Paper](https://www.fhg.de/IPMS-Paper)



Wissenschaftskooperationen


Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg

Durch die Professur für Mikro- und Nanosysteme von Prof. Dr. Harald Schenk einerseits sowie den Institutsteil „Integrated Silicon Systems“ andererseits ist das Fraunhofer IPMS besonders eng mit der Brandenburgischen Technischen Universität (BTU) Cottbus-Senftenberg verbunden. Die Zusammenarbeit reicht von der gemeinschaftlichen Nutzung von Laboren und Räumlichkeiten über die Bereitstellung attraktiver Studienschwerpunkte bei der Graduiertenausbildung und Weiterbildung auf dem Gebiet der photonischen Mikrosysteme bis hin zur gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsarbeit. Seit 2021 können Sie unsere Labore an der BTU auch virtuell begehen:

 s.fhg.de/ISS-Labore

Darüber hinaus sind die Forschungsaktivitäten der BTU Cottbus-Senftenberg, des Fraunhofer IPMS sowie weiterer außeruniversitärer Forschungseinrichtungen im Projekt „iCampus Cottbus“ zusammengeführt (s. S. 54, 91).

Ebenso wie das Fraunhofer IPMS legt auch die BTU Cottbus einen Schwerpunkt auf den Transfer. So ist die „Science Gallery entstanden“, die eine anschauliche und unterhaltensreiche Präsentation technologischer Innovationen in einem Showroom bietet. Die Science Gallery ist für die Öffentlichkeit zugänglich und präsentiert auch zwei Exponate des Fraunhofer IPMS, ein Ultraschallsensor- und ein Mikropositioniersystem.

 innohub13.de/showrooms/sciencegallery

Technische Universität Dresden

Seit Gründung des Fraunhofer IPMS besteht eine enge Partnerschaft mit der Technischen Universität Dresden. Dies gilt im Besonderen für die Fakultät Elektrotechnik und Informationstechnik, deren Dekane das Fraunhofer IPMS traditionell als Kuratoren beraten. Über die Professur für Optoelektronische Bauelemente und Systeme von Prof. Dr. Hubert Lakner besteht ein intensiver Austausch mit Studierenden. Ausdruck der gemeinsamen Forschungsarbeiten sind regelmäßige gemeinschaftliche öffentliche Projektanträge, Veröffentlichungen, Messeteilnahmen und Patentanmeldungen.



Science Gallery der BTU Cottbus

Mit dem Leistungszentrum Mikro / Nano (S. 90) wurde die Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Entwicklung innovativer Komponenten und Fertigungstechnologien weiter intensiviert.

Auch nach außen treten TU Dresden und Fraunhofer IPMS gemeinsam auf. Unter der Marke „DRESDENconcept“ hat sich die TU Dresden mit Partnern aus Wissenschaft und Kultur, darunter dem Fraunhofer IPMS, zusammengeschlossen, um die Exzellenz der Dresdner Forschung sichtbar zu machen und ihre Wissenschaftsstrategie zu koordinieren.

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (HTW)

Über das Geschäftsfeld Wireless Microsystems startete 2015 die Kooperation mit der HTW Dresden im Bereich Industrie 4.0 und Industrial IoT.

Um die Zusammenarbeit auch in weiteren Themen zu verstärken, werden seit 2021 gemeinsame Workshops veranstaltet, um Forschungsthemen und Projektideen auszutauschen (S. 71). Von Sensorik, Mensch-Maschine-Interaktion, Edge KI bis hin zu modernen Fertigungsverfahren finden sich eine Reihe von Themen, die gemeinsam gestaltet werden können.

Zukünftig möchte das Fraunhofer IPMS Gastvorträge anbieten und Studierenden der HTW Dresden durch Exkursionen Praxisblicke am Institut ermöglichen.

Alle unsere Netzwerke
finden Sie unter:
s.fhg.de/Kooperationen

Abschlussarbeiten

Bachelor

Bannies, Karen Margaretha
Konzeption eines Beschaffungscontrollings am Fraunhofer IPMS – Ableitung eines Geschäftsprozesses Beschaffungscontrolling inklusive Definition zugeordneter KPIs
HTW Dresden; Betreuende: Prof. Dr. oec. Publ. Wolfgang Sattler, Dipl.-Ing. Grit Walther

Hertel, Johannes
CMOS-kompatibles Rutheniumsilizid für die thermoelektrische Anwendung
HTW Dresden; Betreuende: Prof. Dr. Grit Kalies; Dr. Maik Wagner-Reetz

Peuckert, Lea
Charakterisierung von Silizium-basierten thermischen Emittern mittels Fourier-Transform-Spektroskopie
Berliner Hochschule für Technik; Betreuer: Prof. Dr. Ralf Ahlbrink; Dr. Heinrich Grüger

Diplom

Bachmann, Lukas
Entwicklung eines Software Tools zur computer-gestützten Auswertung von Transceiver Profilen auf Basis Neuronaler Netze für die Prozessqualifizierung
TU Dresden; Betreuer: Tobias Schneider

Luo, Yuxi
Untersuchungen zum Ladungsträgertransport und -injektion in organischen Halbleitermaterialien mit Hilfe von organischen Feld-Effekt-Transistoren und vergleichende Analyse für verschiedene Metall-Kontakte und Präparationsmethoden der Transistorstrukturen
TU Dresden; Betreuer: Dr. Olaf R.

Reinhardt, Jonas
Development of a feedforward overlay parameter model for the exposure of the FEOL of a 0.35 μm CMOS technology
TU Dresden; Betreuer: Prof. Hubert Lakner

Schneider, Julius
Miniaturisierte Kopfelektronik für MEMS-Scannerspiegel
HTW Dresden; Betreuer: Dr. Markus Schwarzenberg

Shen, Yukai
Low power circuit implementation of ReRAM-based STDP network for neural spike sorting
TU Dresden; Betreuer: Prof. Hubert Lakner

Wills, Alexander
Untersuchung von RISC-V-Architekturen für batterie lose RFID-Sensorsysteme
HTW Dresden; Betreuer: Dr. Andreas Weder



Master

Akkal Devi, Prashanth
Modal Analysis of Nanoscopic Electrostatic Drive based Micro-Positioning Systems
BTU Cottbus-Senftenberg, Betreuerin: Dr. Christine Ruffert

Gogoi, Eshanee
Electrochemical chlorination of silver electrides for miniaturized sensor applications
TU Chemnitz; Betreuer: Dr. Conrad Guhl

Haller, Gwendolyn
Transport simulation of single and multidomain ferroelectric HfO₂ - an abinitio study
ETH Zürich; Betreuer: Dr. Thomas Kämpfe, Maximilian Lederer

Huang, Chao-Yi
Investigation and improvement of the nanopatterning process window for e-beam exposure and reactive ion etching processes
TU Dresden; Betreuerin: Dr. Varvara Brackmann

Mahanta, Trideep
Investigation of High Electric Field Degradation Effects on Nanoscopic Electrostatic Drive Actuators (NED)
TU Chemnitz; Betreuer: Michael Stolz

Sünbül, Ayse
Electrical Characterization of Hafnium Zirconium Oxide Based Ferroelectric Tunnel Junctions
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Betreuer: Tarek Ali

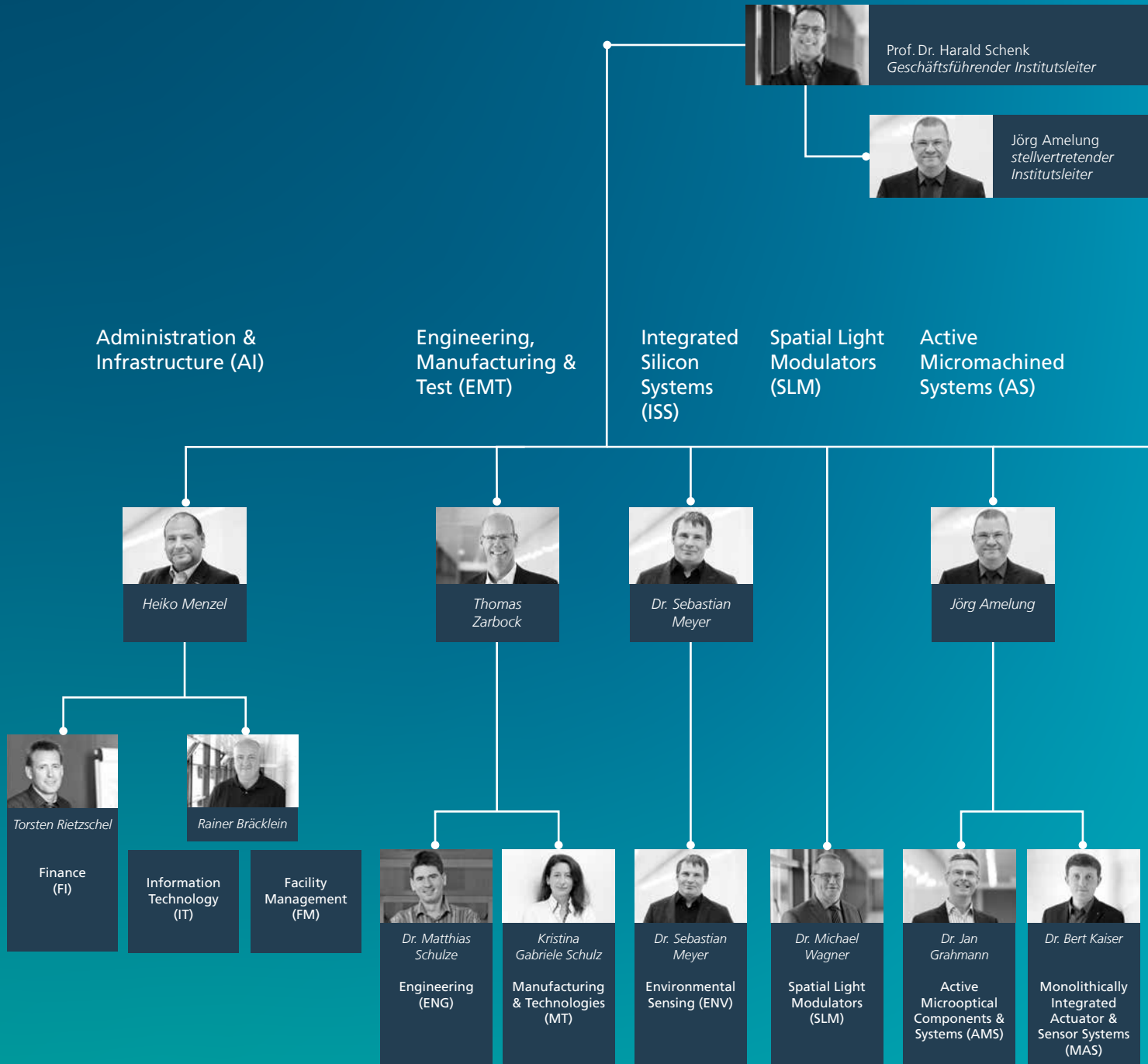
Promotion

Eckhardt, Nora
Entwicklung einer Methodik zur Vorhersage von Prozesskenndaten für das chemisch-mechanische Polieren in der Halbleiterindustrie
TU Dresden; Betreuer: Prof. Dr. Hubert Lakner

Kirrbach, René
System zur optisch drahtlosen Hochgeschwindigkeitskommunikation über mittlere Distanzen mit hohem Abdeckungsgrad
TU Dresden; Betreuer: Prof. Dr. Wolf-Joachim Fischer

Mart, Clemens
Pyroelectric and electrocaloric effects in doped hafnium oxide thin films
TU Dresden; Betreuerin: Dr. Wenke Weinreich

Organigramm



Prof. Dr. Hubert Lakner
Institutsleiter



Prof. Dr. Joachim Wagner
Dr. Frank Benner
Leistungszentrum



Dr. Wenke Weinreich
stellvertretende
Institutsleiterin

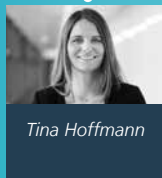


Corporate
Development
(CD)

Center
Nanoelectronic
Technologies
(CNT)

Wireless
Micro-
systems
(WMS)

Fraunhofer
Center
Micro-
electronic
and Optical
Systems for
Biomedicine
(MEOS)



Linda Fischer

Human Resources
Development
& Recruiting
(HRD)



Dr. Anne-Julie
Maurer

Marketing &
Communication
(MC)



Jessica Lotze

Quality and
Safety
Management
(QSM)



Dr. Benjamin
Lilienthal-Uhlig

Next
Generation
Computing
(NGC)



Dr. Wenke
Weinreich

IOT
Components &
Systems (IOT)



Dr. Frank Deicke

Wireless
Microsystems
(WMS)



Dr. Michael
Scholles

Fraunhofer Center
Microelectronic &
Optical Systems
for Biomedicine
(MEOS)

Ansprechpersonen

Prof. Dr. Harald Schenk | +49 351 8823-154 | harald.schenk@ipms.fraunhofer.de

Heiko Menzel | +49 351 8823-244 | heiko.menzel@ipms.fraunhofer.de

Thomas Zarbock | +49 351 8823-372 | thomas.zarbock@ipms.fraunhofer.de

Dr. Sebastian Meyer | +49 351 8823-137 | sebastian.meyer@ipms.fraunhofer.de

Jörg Amelung | +49 351 8823-4691 | joerg.amelung@ipms.fraunhofer.de

Tina Hoffmann | +49 351 8823-430 | tina.hoffmann@ipms.fraunhofer.de

Torsten Rietzschel | +49 351 8823-425 | torsten.rietzschel@ipms.fraunhofer.de

Rainer Bräcklein | +49 351 8823-342 | rainer.braecklein@ipms.fraunhofer.de

Dr. Matthias Schulze | +49 351 8823-335 | matthias.schulze@ipms.fraunhofer.de

Kristina Gabriele Schulz | +49 351 8823-436 | kristina.schulz@ipms.fraunhofer.de

Dr. Michael Wagner | +49 351 8823-225 | michael.wagner@ipms.fraunhofer.de

Dr. Jan Grahmann | +49 351 8823-349 | jan.grahmann@ipms.fraunhofer.de

Dr. Bert Kaiser | +49 351 8823-150 | bert.kaiser@ipms.fraunhofer.de

Linda Fischer | +49 351 8823-303 | linda.fischer@ipms.fraunhofer.de

Dr. Anne-Julie Maurer | +49 351 8823-2604 | anne-julie.maurer@ipms.fraunhofer.de

Jessica Lotze | +49 351 8823-1700 | jessica.lotze@ipms.fraunhofer.de

Prof. Dr. Hubert Lakner | +49 351 8823-111 | hubert.lakner@ipms.fraunhofer.de

Prof. Dr. Joachim Wagner | +49 351 8823-369 | joachim.wagner@ipms.fraunhofer.de

Dr. Frank Benner | +49 351 8823-418 | frank.benner@ipms.fraunhofer.de

Dr. Wenke Weinreich | +49 351 2607-3053 | wenke.weinreich@ipms.fraunhofer.de

Dr. Benjamin Lilienthal-Uhlig | +49 351 2607-3064 | benjamin.lilienthal-uhlig@ipms.fraunhofer.de

Dr. Frank Deicke | +49 351 8823-385 | frank.deicke@ipms.fraunhofer.de

Dr. Michael Scholles | +49 361 66338-151 | michael.scholles@ipms.fraunhofer.de

Standorte

Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS

Maria-Reiche-Straße 2
01109 Dresden
Telefon: +49 351 8823 0
Fax: +49 351 8823 266
E-Mail: info@ipms.fraunhofer.de
Internet: www.ipms.fraunhofer.de



Fraunhofer IPMS – Center Nanoelectronic Technologies CNT

An der Bartlake 5
01109 Dresden
Telefon: +49 351 2607 0
Fax: +49 351 2607 30 05
E-Mail: info@ipms.fraunhofer.de
Internet: www.ipms.fraunhofer.de



Fraunhofer IPMS – Institutsteil Integrated Silicon Systems ISS

Fraunhofer IPMS an der
BTU Cottbus-Senftenberg
Konrad-Zuse-Straße 1
03046 Cottbus
Telefon: +49 355 69 24 83
E-Mail: info@ipms.fraunhofer.de
Internet: www.ipms-iss.fraunhofer.de

Fraunhofer-Zentrum für Mikroelektronische und Optische Systeme für Biomedizin MEOS

Herman-Hollerith-Straße 3
99099 Erfurt
Telefon: +49 361 66338 150
E-Mail: meos@ipms.fraunhofer.de
Internet: www.meos.fraunhofer.de



Vernetzen Sie sich



LinkedIn

Unsere Pressemeldungen und Veranstaltungen immer im Blick beim weltweit größten Businessnetzwerk.

 www.linkedin.com/company/fraunhofer-ipms

Twitter

Alle News des Fraunhofer IPMS und unserer Projektpartner im Kurzformat beim erfolgreichsten Microblogging-Dienst.

 twitter.com/fraunhoferipms

Facebook

Aktuelle Stellenanzeigen, öffentliche Veranstaltungen und Informationen rund um das Fraunhofer IPMS.

 www.facebook.com/FraunhoferIPMS

Youtube

Spannende Interviews, Blicke hinter die Kulissen sowie Videos und Animationen der Technologien des Fraunhofer IPMS.

 www.youtube.com/user/fraunhoferipms

Xing

Unsere Pressemeldungen und Veranstaltungen immer im Blick beim Businessnetzwerk für den deutschen Raum.

 www.xing.com/pages/fraunhoferipms

Impressum

© Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS, Dresden 2022

Rechte

Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur mit Genehmigung der Institutsleitung.

Redaktion

Fraunhofer IPMS, Dr. Anne-Julie Maurer

Fotos

Seite 6, oben © EU, 2021

Seite 10/11 © EU, 2021

Seite 12 © EU, 2019

Seite 13 © Thomas Trusteschel Phototek

Seite 14 © Merkel u. Karliczek: CDU / Laurence Chaperon; Vestager: EU, 2021

Seite 22 © JARA

Seite 24 © FZ Jülich

Seite 25 © Fraunhofer IOF

Seite 26 © IMEC

Seite 27 © Brian Kostiuik – unsplash

Seite 28/29 © shutterstock – spainter_vfx

Seite 33 © Fraunhofer IDMT

Seite 37 © Fraunhofer IZM

Seite 39 © Fraunhofer IDMT

Seite 59 © Fraunhofer IZM

Seite 60 © Fraunhofer IZM

Seite 70, Bild Dresden, © Mediaserver Dresden

Seite 90 © Fraunhofer

Seite 92 © Fraunhofer IAF

Seite 93 © EKFZ

Seite 97 © Innovation Hub 13, Alexander Retsch

Seite 99 © HTW Dresden, Peter Sebb

Seite 103 Foto IPMS-ISS © BTU

Grammatikalisch maskuline Personenbezeichnungen gelten gegebenenfalls gleichermaßen für Personen jeden Geschlechts.

Titelbild: Ansicht unseres virtuellen Showrooms, in dem Sie unsere Technologien interaktiv in 3D erleben können. Erleben Sie eine Welt voll Innovation unter:

www.showroom.leistungszentrum-mikronano.de

Fraunhofer-Institut für
Photonische Mikrosysteme IPMS
Maria-Reiche-Straße 2
01109 Dresden
Tel. +49 351 88 23-0
info@ipms.fraunhofer.de
www.ipms.fraunhofer.de

Das Fraunhofer IPMS ist international führender Forschungs- und Entwicklungsdienstleister für elektronische und photonische Mikrosysteme in den Anwendungsfeldern Intelligente Industrielösungen, Medizintechnik und Gesundheit sowie Verbesserte Lebensqualität. In allen großen Märkten – wie IuK, Konsumgüter, Fahrzeugtechnik, Halbleiter, Mess- und Medizintechnik – finden sich innovative Produkte, die auf am Fraunhofer IPMS entwickelten Technologien basieren.