Fraunhofer
IPMS

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR PHOTONISCHE MIKROSYSTEME

2019

JAHRESBERICHT

Das Fraunhofer IPMS ist eine von gegenwärtig 74 eigenständigen Einrichtungen der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V., der europaweit führenden Organisation für industrienahe Forschung. Um den hohen Ansprüchen unserer Kunden zu genügen, ist unser Institut von der DEKRA nach der Norm DIN EN 9001:2015 zertifiziert.

WIR FORSCHEN FÜR DIE MENSCHEN. ANWENDUNGSNAH, INNOVATIV UND PROFESSIONELL.

Mit mehr als 390 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern entwickelt das Fraunhofer IPMS an mittlerweile vier Standorten in Dresden, Cottbus und Erfurt innovative, kundenspezifische Lösungen in den Bereichen industrielle Fertigung und Automatisierung, Medizintechnik und verbesserte Lebensqualität.

Unsere Forschungsschwerpunkte sind miniaturisierte Sensoren und Aktoren, integrierte Schaltungen, drahtlose Datenkommunikation sowie kunden- und anwendungsspezifische mikro-elektro-mechanische Systeme (MEMS).

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,

die Beobachtung der gegenwärtigen Technologietrends macht uns deutlich: Die digitale Transformation ist nicht aufzuhalten und beeinflusst alle Bereiche des Lebens. Digitalisierung und Künstliche Intelligenz haben das Potenzial, sowohl unser tägliches Leben als auch Industrie und Wirtschaft zu revolutionieren, sei es durch Smart Homes, autonome Fahrzeuge oder vollautomatisierte Produktions- und Lieferketten. Die Einsatzvielfalt intelligenter und vernetzter Technologien ist enorm, eines jedoch haben die Internet of Things-Anwendungen gemeinsam: An der Schnittstelle zwischen virtueller und realer Welt, zwischen Mensch und Maschine, steht immer ein Sensor als Datenlieferant und bildet somit das Herzstück des IoT. Als Spezialist für innovative Sensorik und Aktorik, neue Technologien zur Datenkommunikation und MEMS-basierte Mikrosysteme sind wir für unsere Kunden seit vielen Jahren ein zuverlässiger Partner. Fokus unserer Arbeit ist die Entwicklung industriell verwertbarer Lösungen für zahlreiche Fragestellungen in den Anwendungsfeldern Intelligente Industrielösungen, verbesserte Lebensqualität sowie Medizintechnik und Gesundheit.

Wir blicken auf ein bewegtes Jahr 2019 mit wegweisenden Projekten, vielen Erfolgen, aber auch großen Herausforderungen zurück. So sind wir stolz, unsere Forschungsaktivitäten mit denen dreier weiterer außeruniversitärer Forschungseinrichtungen und der Brandenburgischen Technischen Universität BTU Cottbus-Senftenberg im neu gegründeten „Innovationscampus Elektronik und Mikrosensorik Cottbus“ zu bündeln. Ziel des Innovationscampus ist es, Synergien zu schaffen und gemeinsam den Transfer von Forschungsergebnissen in Wirtschaft und Gesellschaft zu forcieren. Dies ist ein wichtiger Beitrag zur Mitgestaltung des Strukturwandels der Region Lausitz und unterstützt insbesondere kleine und mittelständige Unternehmen in ihrer Wettbewerbsfähigkeit.

Prof. Dr. Hubert Lakner
Geschäftsführender Institutsleiter

Prof. Dr. Harald Schenk
Institutsleiter

Auch beim 2018 gegründeten Projektzentrum „Mikroelektronische und Optische Systeme für die Biomedizin MEOS" am Standort Erfurt steht die synergetische Zusammenarbeit mit anderen Forschungseinrichtungen im Fokus. Hier forscht das Fraunhofer IPMS interdisziplinär mit dem Fraunhofer-Institut für angewandte Optik und Feinmechanik IOF und dem Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI in den Bereichen Biowissenschaften, Mikroelektronik sowie Optik und Photonik. Gemeinsam werden Lösungen erarbeitet, die Probleme und Fragestellungen der Medizin, Biotechnologie, und Ernährungswirtschaften adressieren.

Nach 15 Jahren im Gebäude und den Reinräumen von Infineon Dresden benötigen unsere langjährigen Forschungspartner die Räumlichkeiten für ihr eigenes Wachstum, was uns im vergangenen Jahr vor die besondere Herausforderung gestellt hat, eine neue Heimat für unser Center Nanoelectronic Technologies, kurz CNT, zu finden. Dank der sehr guten Unterstützung durch den Freistaat Sachsen und der Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft ist dies gelungen. Der neue Standort bietet hervorragendes Potenzial für das CNT, sodass wir auch in Zukunft angewandte Forschung auf 300 mm-Wafern für Mikrochipproduzenten, Zulieferer, Equipmenthersteller und R&D-Partner realisieren können. Großer Dank gilt allen Unterstützern dieses ambitionierten Vorhabens.

Zu unseren Highlights des vergangenen Jahres zählt die Ausgründung der Arioso Systems GmbH. Mit diesem Spin-off bringt das Fraunhofer IPMS völlig neuartige Lautsprecher in den Markt, die Einsatz in Hörgeräten, Hearables oder Headsets finden. Die patentierte siliziumbasierte Technologie bietet gegenüber konventionellen Lautsprechern große Vorteile hinsichtlich skalierbarer Fertigung, Miniaturisierungsgrad und Leistungsaufnahme. Es erfüllt uns jedes Mal mit besonderem Stolz, wenn eine Unternehmensgründung aus unserer Forschung hervorgeht und wir damit einen wichtigen Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands leisten.

Auch für die Fraunhofer-Gesellschaft war 2019 ein besonderes Jahr, sie feierte ihr 70-jähriges Bestehen unter dem Motto: #Whatsnext? Wir haben die Frage aufgegriffen und unsere Mitarbeiter eingeladen, im Rahmen der ersten „Ideenwerkstatt" des Fraunhofer IPMS gemeinsam Visionen von innovativen Lösungen, zukünftigen Technologien und neuen Anwendungen zu entwickeln. Nach einer Evaluierung und Potenzialanalyse werden 2020 die vielversprechendsten der in diesem neuen Format interdisziplinär generierten Ideen weiterentwickelt.

Zum Schluss noch ein Blick auf unsere Zahlen. Das stetige Wachstum der letzten Jahre spiegelt sich sowohl in unserem Betriebshaushalt von über 44 Millionen Euro als auch in den mehr als 390 Mitarbeitenden, die an den nunmehr drei Standorten Dresden, Cottbus und Erfurt an Lösungen für Wirtschaft und Gesellschaft forschen. Wir blicken als Fraunhofer IPMS optimistisch in die Zukunft und freuen uns mit Ihnen als Kunden, Förderern und Partnern auch weiterhin erfolgreich zusammenzuarbeiten, Problemstellungen aus Industrie und Gesellschaft zu lösen und innovative Ideen in die Tat umzusetzen.

Hubert Lakner

Harald Schenk

INHALT

2 Über uns
4 Vorwort
6 Inhalt

HIGHLIGHTS 2019

8 70 Jahre Fraunhofer-Gesellschaft:
8 Die Ideenwerkstatt des Fraunhofer IPMS
9 Industry Partner Day – Anwendungsnahe Forschung
9 Neuer Standort für das Center Nanoelectronic Technologies
10 Von der Erfindung zum Spin-off – die Ausgründung Arioso
12 Innovationscampus Elektronik und Mikrosensorik Cottbus erfolgreich an den Start gegangen
13 Leistungszentrum geht in neue Förderphase
14 Erfolgreiche Entwicklung der nächsten Chip-Generation „made in Dresden"
15 Projektzentrum MEOS in Erfurt ausgebaut

ANWENDUNGSFELDER

16 Intelligente Industrielösungen
22 Verbesserte Lebensqualität
28 Medizintechnik und Gesundheit

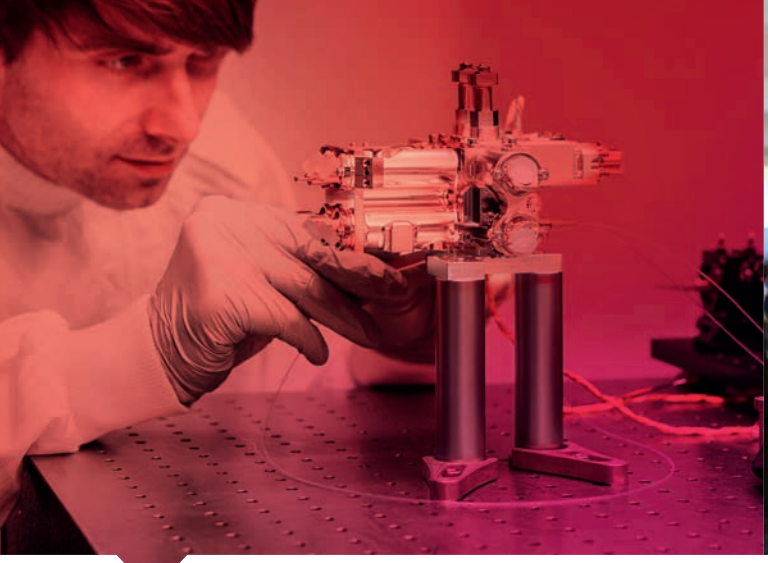
SERVICES

36 Von der Technologieentwicklung bis zur Pilotfertigung
38 Center Nanoelectronic Technologies

FRAUNHOFER IPMS IM PROFIL

42 Das Fraunhofer IPMS in Zahlen
43 Kuratorium
44 Fraunhofer-Gesellschaft
45 Netzwerke
46 Patente und Publikationen
47 Kooperationen
48 Abgeschlossene öffentliche Projekte
49 Begonnene öffentliche Projekte
50 Ansprechpartner und Service

HIGHLIGHTS 2019



70 JAHRE FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Seit mittlerweile 70 Jahren gelingt es der Fraunhofer-Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung e.V. durch innovative Technologien und Erfindungen den Fortschritt mitzugestalten. Ein guter Anlass für das Fraunhofer IPMS, das Erreichte zu resümieren und einen Blick in die Zukunft zu werfen.

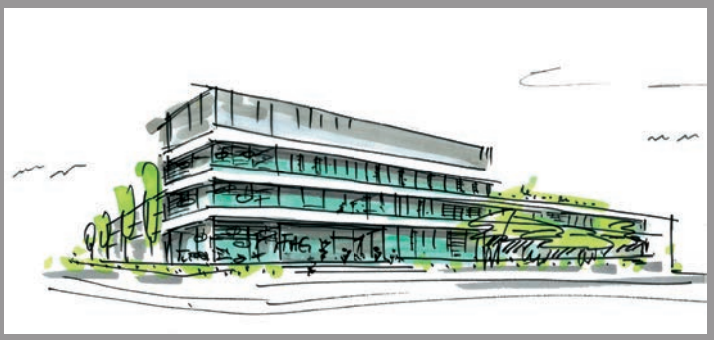
Ihren Namen verdankt die Fraunhofer-Gesellschaft dem Münchener Gelehrten Joseph von Fraunhofer (1787-1826). Ihm gelang durch die Verbindung von Wissenschaft und praktischer Anwendung die Entwicklung innovativer Produkte. Mit dem Ziel, diesen Pioniergeist zu leben, wurde 1949 die Fraunhofer-Gesellschaft gegründet. In den vergangenen 70 Jahren hat die Fraunhofer-Gesellschaft die deutsche Forschungslandschaft maßgeblich geprägt und ist heute Europas führende Organisation für angewandte Forschung. Zu den prominentesten Erfolgen gehört zweifellos die Erfindung des MP3-Formats, doch unzählige Erfindungen und intelligente Lösungen, die uns tagtäglich begegnen, sind „Made by Fraunhofer". Denn nach wie vor zeichnet sich die Fraunhofer-Gesellschaft durch ihre anwendungsorientierte Forschung zum unmittelbaren Nutzen für Unternehmen und Gesellschaft aus. Dieser Erfolg spiegelt sich auch in Zahlen wider: Die mehr als 28.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter an 74 Forschungseinrichtungen akquirieren über 70 Prozent des jährlichen Forschungsvolumens von 2,8 Milliarden Euro in Form von Industrieaufträgen und öffentlich geförderten Forschungsprojekten. Im Jubiläumsjahr 2019 beschäftigte uns am Fraunhofer IPMS vor allem die Frage „What's next?": Welche Technologien können zukünftig zur Verbesserung der Lebensqualität der Menschen beitragen? Und welche Problemstellungen können wir mit unseren Entwicklungen und Know-how adressieren? Um uns diesen Fragestellungen zu widmen, etablierten wir am Fraunhofer IPMS die Ideenwerkstatt als neues Format der Zusammenarbeit.

DIE IDEENWERKSTATT DES FRAUNHOFER IPMS

Roboter, die so groß sind wie ein Bit auf der Festplatte; Fahrzeuge, die selbständig fahren können. Das klingt wie Science-Fiction, ist aber bereits Realität. Diese Erfindungen haben eins gemeinsam: Sie waren irgendwann eine erste Idee in den Köpfen der Wissenschaftler. Denn am Anfang jeder Innovation steht eine Idee, die mit Mut, Motivation und Forschergeist zur Realität werden kann. Diesem Forschergeist den richtigen Raum zu geben und einen geeigneten Rahmen für den interdisziplinären, kreativen Austausch unserer Forschenden zu schaffen, war das Ziel der ersten Ideenwerkstatt des Fraunhofer IPMS am 22. August 2019.

Insbesondere die Interaktion der Mitarbeitenden über die üblichen Forschungsgruppen hinaus stellte sich als Ideen-Booster heraus: Mehr als 30 stichhaltige Ideen konnten an nur einem Tag entwickelt und diskutiert. Angetrieben von der Frage nach Technologien der Zukunft, wurden Möglichkeiten für die nächste Generation von MEMS-Sensoren erörtert. Ein weiteres spannendes Thema war der Einsatz von Künstlicher Intelligenz, die in Zukunft unser Leben erleichtern wird, aber auch hohe Anforderungen an Energieeffizienz, Speichersysteme und Sicherheit stellt. Im Bereich der Nanotechnologien wurden Ideen zur Anwendung von sogenannten Nanobots diskutiert, Robotern in Molekülgröße. Die in der Ideenwerkstatt geschmiedeten Ansätze wurden im Nachgang evaluiert und die vielversprechendsten Ideen werden in Forschungsprojekten weiterverfolgt. Das neue Format zur Generierung neuer Ideen wurde von den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern sehr gut angenommen und wird am Institut als Instrument zur Förderung von Innovationen etabliert.

Erfahren Sie mehr über unsere innovativen Technologien auf unserer Webseite: **www.ipms.fraunhofer.de**



Darstellung:
Heinle, Wischer und Partner (Freie Architekten)

INDUSTRY PARTNER DAY – ANWENDUNGSNAHE FORSCHUNG

Fraunhofer steht für anwendungsorientierte Forschung. Gemeinsam mit den Partnern aus Industrie und Wirtschaft werden individuelle Lösungen für ganz konkrete Fragestellungen entwickelt – vom Labor bis in die Anwendung.
Das Fraunhofer IPMS blickt im Laufe seines 27-jährigen Bestehens auf eine Vielzahl erfolgreicher Zusammenarbeit mit Industriepartnern zurück. Diesen Kooperationen eine Bühne zu geben, unseren Partnern für die vertrauensvolle Zusammenarbeit zu danken und zugleich eine Plattform für neue gemeinsame Projektideen zu schaffen, waren die Ambitionen für die Etablierung der Industry Partner Days.

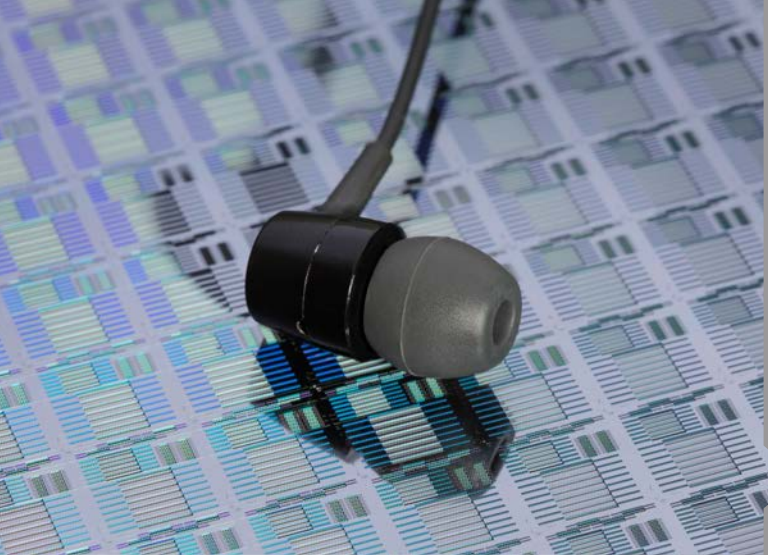
Seit 2017 werden in diesem Format erfolgreiche Projekte aus Industriekooperationen präsentiert. Inhaltlich-thematisch sind die Industry Partner Days dabei so abwechslungsreich wie unsere Technologien: Von 200 mm-MEMS-Technologien über innovative Sensorik für medizinische Anwendungen bis zum Einsatz von Mikrospiegelarrays in der Halbleiterfertigung.
Zum Industry Partner Day im März 2019 öffneten wir die Türen unseres Center Nanoelectronic Technologies CNT in Dresden für ein exklusives Publikum und präsentierten die neuesten Entwicklungen auf den Gebieten Energy Devices, Non-volatile Memories und Interconnects. Neben Einblicken in aktuelle Projekte und kommende Entwicklungen wurden den Gästen Möglichkeiten zur gemeinsamen Forschung auf 300 mm-Wafern erläutert.
2019 richteten wir zudem erstmalig einen Industry Partner Day in Kalifornien (USA) aus. In kurzen, informativen Vorträgen präsentierten Vertreter unserer Partnerunternehmen und führende Wissenschaftler des Fraunhofer IPMS Ergebnisse von erfolgreichen internationalen Kooperationen, aktuelle Forschungsarbeiten und die Möglichkeiten für künftige gemeinsame Projekte.

NEUER STANDORT FÜR DAS CENTER NANOELECTRONIC TECHNOLOGIES

Mit dem Center Nanoelectronic Technologies CNT betreiben wir angewandte Mikroelektronikforschung auf 300 mm-Wafern für Mikrochip-Produzenten, Zulieferer, Equipment-Hersteller und FuE-Partner. Bisher wurden dafür 800 m² Reinraumfläche der Infineon Technologies Dresden GmbH an der Königsbrücker Landstraße genutzt. Aufgrund der starken wirtschaftlichen Nachfrage benötigt unser langjähriger Partner die Räumlichkeiten nun selbst zum Ausbau seiner Produktionskapazitäten. **Dank der sehr guten Unterstützung durch den Freistaat Sachsen und die Zentrale der Fraunhofer-Gesellschaft ist es gelungen, gemeinsam eine neue Heimat für das CNT zu finden. Bereits Anfang 2021 wird der Umzug an den neuen Standort im Dresdner Norden, die frühere Liegenschaft der Plastic Logic Germany GmbH, beginnen.** Bis dahin erfolgt eine bauliche Anpassung an die Anforderungen des CNT. Der neue Standort bietet nicht nur optimale Bedingungen für die Fortführung der 300 mm-Forschungsaktivitäten sondern darüber hinaus das Potenzial für weiteres Wachstum.

Der Umzug und die erforderlichen baulichen Anpassungen erfordern ein erhebliches Investitionsvolumen, das nur dank der umfangreichen Unterstützung durch den Freistaat Sachsen, die Fraunhofer-Gesellschaft und den Bund realisiert werden kann. Der Erwerb der Liegenschaft durch den Freistaat Sachsen sichert nachhaltig die Zukunft des Center Nanoelectronic Technologies und damit der internationalen Wettbewerbsfähigkeit der Region mit mehr als 70 Arbeitsplätzen.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/CenterNanoelectronic



Die NED-Technologie des Fraunhofer IPMS erweitert die Einsatzmöglichkeiten von Hearables

VON DER ERFINDUNG ZUM SPIN-OFF – WIE DAS FRAUNHOFER IPMS MIT DER AUSGRÜNDUNG ARIOSO INNOVATION IN DIE ANWENDUNG BRINGT

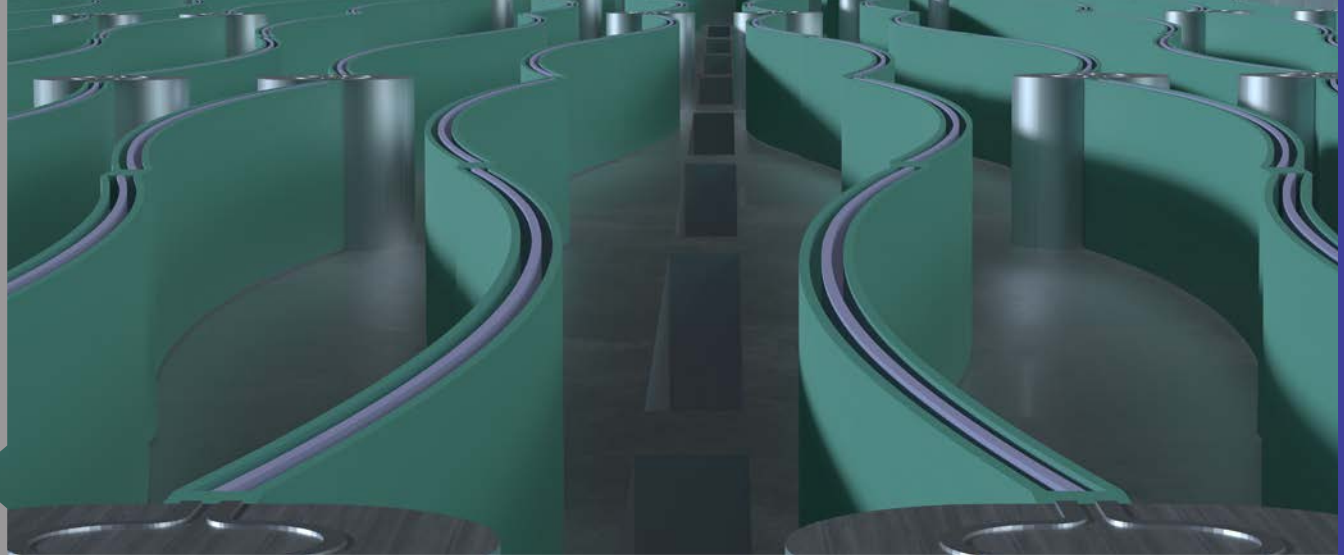
Im Oktober 2019 wurde am Fraunhofer IPMS das Spin-off Arioso Systems GmbH gegründet. Ziel der Ausgründung ist es, ein neuartiges Schallwandlerprinzip für miniaturisierte Kopfhörer, sogenannte Hearables, in den Markt zu bringen. Diese sprachgesteuerten Multitalente werden im Ohr getragen und können dank der einzigartigen Nanoscopic Electrostatic Drive (NED)-Technologie des Fraunhofer IPMS in Zukunft sogar die komplette Internetkommunikation übernehmen. Wir sprechen mit Dr. Hermann Schenk, Geschäftsführer des Spin-off über die Hintergründe.

Welches Ziel verfolgt das Fraunhofer IPMS mit der Gründung des Spin-Off?
Gründergeist ist wichtig für Spitzentechnologie. Mit unserem Spin-off möchten wir eine völlig neue Audio-Technologie in den Markt bringen und damit unseren Beitrag zur Wettbewerbsfähigkeit der Industrie in Deutschland leisten. Der Geschäftszweck der IPMS-Ausgründung Arioso Systems GmbH ist speziell die Entwicklung, Herstellung und Vermarktung mikromechanischer Schallwandler für Audio-Anwendungen auf der Basis der NED-Technologie.

Dr. Hermann Schenk, Geschäftsführer Arioso Systems GmbH

Wie kam es zur Idee für die Innovation?
Angefangen hat alles mit der Erfindung neuartiger mikroelektromechanischer Biege-Aktoren. Aktoren setzen ein elektrisches Signal in mechanische Bewegung um und sind in der Elektronik unverzichtbar. Unser Experte Holger Conrad bekam in seiner Examensarbeit die Aufgabe, elektrische Spannung auf einem Halbleiterchip in Bewegung umzusetzen. Dafür sollte er Mikrospiegel herstellen, deren Form sich mithilfe von Piezo-Materialien, welche sich bei elektrischer Aufladung verkrümmen, elektronisch steuern ließ. Da das nicht funktionierte, versuchte Holger Conrad die elektrische Spannung direkt auf dem Siliziumchip in Bewegung umzusetzen. Auf diese Weise entwickelte er das Nanoscopic Electrostatic Drive (NED)-Prinzip. Die Idee ist spektakulär: Dank des NED-Prinzips werden schon bei Spannungen von weit weniger als 50 Volt große Auslenkungen erreicht. Durch geschickte Anordnung der elektrostatischen Zellen kann die Bewegung auf dem Chip kontinuierlich erfolgen. Das erlaubt die Anwendung als Schallwandler – sogar mit hoher Audioqualität.

Wie funktioniert das NED-Aktor-Prinzip konkret im Lautsprecher?
Das neue Schallwandlerprinzip besitzt keine herkömmliche Membran mehr. Vielmehr wurde die Membran gewissermaßen in Streifen zerlegt und in Form einer Vielzahl von Biegebalken – ähnlich der Saiten einer Harfe – in das Volumen eines Siliziumchips verlegt. Die nur 20 µm dünnen Biegebalken bilden mit ihrem integrierten, elektrostatischen Antrieb eine völlig neuartige Klasse elektrostatischer Biegeaktoren.



Durch Anlegen einer Audiosignalspannung werden die NED-Aktoren zum Schwingen angeregt. Um den akustischen Kurzschluss beidseitig der Balken zu verhindern, hat das Entwicklungsteam um Bert Kaiser und Sergiu Langa Silizium-Waferschichten als Boden und Deckel mit geschickt angeordneten Aus- und Einlassschlitzen auf Ober- und Unterseite der Biegebalken angebracht. Dadurch wird ein komplett in Silizium-Technologie hergestellter Mikrolautsprecher realisiert.

Wie kommt die Erfindung im Ohr zum Einsatz?
Die Idee für die Anwendung der NED-Technologie im Ohr geht auf unseren Institutsleiter Professor Dr. Harald Schenk zurück. Geräuschquellen erzeugen Druckwellen in der Luft, die unser Trommelfell zum Schwingen bringen. Das nehmen wir als Töne wahr. Verschließe ich das Ohr mit einem In-Ear-Kopfhörer, dann erzeugt der Lautsprecher Luftwellen und das Trommelfell schwingt mit. Dabei beeinflusst das Volumen der bewegten Luft die Lautstärke der Töne, der sogenannte Schalldruck. Die NED-Aktoren funktionieren wie schwingende Balken, die durch ihre Bewegung Luft verdrängen und so das Trommelfell anregen. Die neue Technologie ermöglicht Schalldrücke von bis zu 120 Dezibel, für so hohe Schalldrücke müssen im Gehörgang nur etwa 0,5 mm³ Luft bewegt werden. Vorteil der Siliziumtechnologie ist der hohe Miniaturisierungsgrad der NED-Lautsprecher. Das ermöglicht die Nutzung des so gewonnenen Raums in den Kopfhörern für weitere Funktionalitäten.

Welche Anwendungen sind neben der Audioübertragung im Ohr noch möglich?
Der hohe Miniaturisierungsgrad und die Energieeffizienz der Technologie eröffnen völlig neuartige, mobile Anwendungen. Als „Alexa im Ohr" erlauben smarte Hearables zahlreiche Internetanwendungen wie Bezahldienste, Übersetzungen – und das alles sprachgesteuert, ohne Blick aufs Smartphone. Auch für den Einsatz in Hörgeräten ist das neue Schallwandlerprinzip attraktiv.

Wie unterstützt die Fraunhofer-Gesellschaft die Ausgründung?
Das Fraunhofer-Prinzip ist es, Wissen in die Anwendung zu bringen. Die Fraunhofer-Gesellschaft ist mit zunächst 25 % des Gesellschaftsvermögens am Start-up Arioso beteiligt und hat die NED-Technologie für das Anwendungsfeld „Audio" exklusiv an Arioso lizensiert. Zudem verfügt das Fraunhofer IPMS über eine hervorragende Infrastruktur zur Fertigung der NED-Mikrolautsprecher in Kleinserien von mehreren zehntausend Stück pro Jahr. Diese Kompetenz ist für den erfolgreichen Markteintritt der Arioso unabdingbar und wird von den Arioso-Kunden sicher nachgefragt werden.

Wie geht es nach der Gründung weiter?
Der Start verlief dank der erstklassigen Arbeit der Wissenschaftler und Reinraum-Ingenieure des Fraunhofer IPMS sehr erfolgversprechend. Der Markt ist hochgradig interessiert an MEMS-basierten Mikrolautsprechern. Aktuell sind wir im Gespräch mit Unternehmen, die gemeinsam mit uns Produktperspektiven für die verschiedenen Anwendungen entwickeln möchten. Für Arioso bedeutet das, dass wir Funktionen nachweisen und Pilotserien fertigen wollen. Damit hat Arioso eine vielversprechende Geschäftsgrundlage. Ich blicke daher mit großer Zuversicht auf die weitere Entwicklung der Arioso Systems GmbH.

Vielen Dank für das Interview!

Weitere Informationen:
www.arioso-systems.com

Die Vertreter der Kooperationspartner des Innovationscampus Cottbus: Projektkoordinator Prof. Dr. Harald Schenk (IPMS, 4. v. rechts), Prof. Dr.-Ing. Ina Schieferdecker (BMBF, Mitte) sowie Dr. Martina Münch (MWFK Brandenburg, 4. v. links) und Prof. Dr. Christiane Hipp (BTU C-S, 3. v. links).

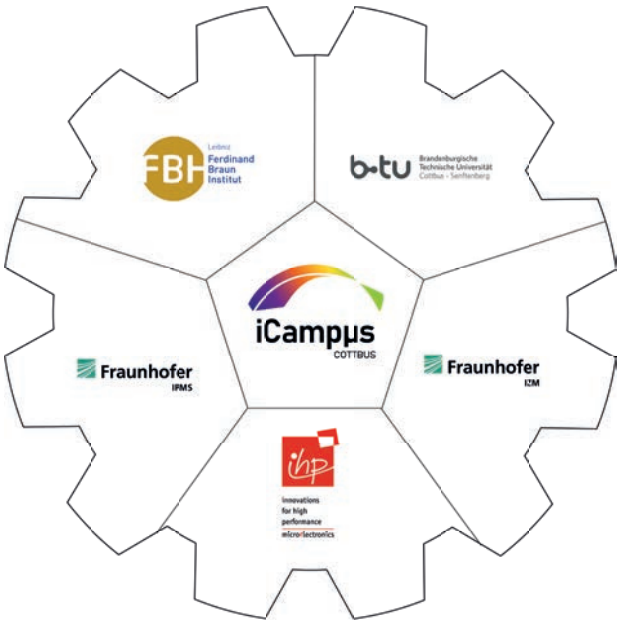
INNOVATIONSCAMPUS ELEKTRONIK UND MIKROSENSORIK COTTBUS ERFOLGREICH AN DEN START GEGANGEN

Innovation und Bildung sind die Motoren des Strukturwandels. Für die Lausitz, eine Region im Wandel, bietet Forschung daher eine große Chance. Am 19. November 2019 startete das erste Wissenschaftsprojekt im Rahmen des Strukturwandels: der „Innovationscampus Elektronik und Mikrosensorik Cottbus". Gemeinsam mit drei weiteren außeruniversitären Partnern und der Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg forscht das Fraunhofer IPMS an den Sinnesorganen der Digitalisierung, den Mikrosensoren. Mit dem Leibniz-Institut für innovative Mikroelektronik IHP, dem Ferdinand-Braun-Institut Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik (FBH), dem Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration IZM und der BTU Cottbus-Senftenberg stehen dem Fraunhofer IPMS dabei exzellente Partner für eine synergetische Erforschung und Erprobung der sensorischen Systeme zur Verfügung.

Im Fokus stehen dabei Anwendungen aus den Bereichen Industrie 4.0, Landwirtschaft 4.0 und Smart Health. Die Einsatzmöglichkeiten von Mikrosensoren sind vielfältig: MEMS-Sensoren können Auskunft darüber geben, ob Ackerböden gedüngt werden müssen oder ein guter Zeitpunkt für die Ernte ist. Smarte Sensoren können das Herz-Kreislauf-System von Patienten überwachen, automatisierte Industrieprozesse steuern und Wartungszyklen von Produktionsanlagen vorhersagen. Zukünftig werden 40 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler am Innovationscampus Elektronik und Mikrosensorik Cottbus die Entwicklung dieser neuartigen Sensoren weiter vorantreiben und die Überführung der Innovationen in die industrielle Anwendung forcieren.

Der Innovationscampus wird mit einem Volumen von 7,5 Millionen Euro bis Ende 2021 im Rahmen des Sofortprogramms der Bundesregierung für Kohleregionen gefördert, welches in den betroffenen Gebieten neue Perspektiven für Menschen und Unternehmen eröffnen soll. Durch den Transfer von FuE-Ergebnissen in den Markt soll der Campus einen Beitrag zur Steigerung der Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit der regionalen Unternehmen und damit der Region Lausitz insgesamt leisten.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/2mc



Auftaktveranstaltung des Leistungszentrums am 21.10.2019 in der TU Dresden

LEISTUNGSZENTRUM GEHT IN NEUE FÖRDERPHASE

Sensoren, die bei Fehlfunktionen von Maschinen Alarm schlagen, Roboter, die Gesten erkennen können und verbesserte ultraschall-basierte Diagnostik in der Medizin – das alles sind Anwendungen, deren Erforschung und Erprobung das Leistungs- und Transferzentrum „Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik" vorantreibt. Der Schulterschluss von Forschungseinrichtungen mit Akteuren der Wirtschaft hat das Ziel, Kompetenzen im Bereich Mikro- und Nanoelektronik zu bündeln, um Innovationen möglichst schnell in die Anwendung zu bringen. Dazu kooperieren die Fraunhofer-Institute ENAS, IIS-EAS, IZM-ASSID und IPMS mit der TU Dresden, der TU Chemnitz und der HTW Dresden. Durch diese enge Zusammenarbeit wird sichergestellt, dass neue Basistechnologien und Erkenntnisse der Grundlagenforschung direkt in die anwendungsnahe Forschung und Entwicklung einfließen. Die Industrierelevanz wird durch die Beteiligung starker Wirtschaftspartner der Halbleiterbranche, wie z. B. Globalfoundries, gesichert.

Mit einer Auftaktveranstaltung am 21.10.2019 wurde offiziell die nächste Förderphase des Leistungszentrums begonnen. Der Fokus der Arbeiten im Zeitraum 2019/20 liegt verstärkt auf dem Transfer der Forschungsergebnisse in die Wirtschaft. „Ohne den Transfer zwischen Wissenschaftlern und Unternehmen können wir aktuelle Herausforderungen nicht bewältigen. Das Leistungs- und Transferzentrum bündelt die Kompetenzen der besten Forscher und Unternehmen der Region im Bereich Mikroelektronik", erklärte Staatssekretär Uwe Gaul vom Sächsischen Staatsministerium für Wissenschaft und Kunst während der Eröffnung. Professor Hubert Lakner, Koordinator des Leistungszentrums, präsentierte die erreichten Leistungen und Erfolge der vorangegangenen Pilotphase und gab einen Ausblick auf die avisierten Forschungsschwerpunkte bis Ende 2020.

Das Leistungs- und Transferzentrum wird im Zeitraum 2019/2020 mit einem Volumen von 5 Millionen Euro durch den Freistaat Sachsen gefördert, darüber hinaus stellt die Fraunhofer-Gesellschaft zusätzliche Mittel für begleitende Maßnahmen bereit. Mit diesem Vorhaben wird der Standort „Silicon Saxony" als größter Verbund der Mikroelektronik in Europa weiter gestärkt.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/LeistungszentrumMikronano

Leistungszentrum
mikro I nano

Center Nanoeletronic Technologies CNT

ERFOLGREICHE ENTWICKLUNG DER NÄCHSTEN CHIP-GENERATION „MADE IN DRESDEN“

Siliziumchips sind die Nervenzellen der Künstlichen Intelligenz: Auf ihrer Oberfläche sind Millionen kleinster Bauelemente untergebracht, die wichtige Informationen und Signale an immer smartere Geräte übertragen. Diese Halbleiterchips sind in jedem Smartphone verbaut und werden zunehmend leistungsfähiger und kleiner. Von besonderer Bedeutung für die Chip-Architektur ist dabei die Energieeffizienz. Sie ist entscheidend, um zukünftig ressourcen- und umweltschonend Anwendungen der Künstlichen Intelligenz zu realisieren.

Im Rahmen des IPCEI-Projekts EMMA entwickelt das Center Nanoelectronic Technologies des Fraunhofer IPMS gemeinsam mit dem Dresdner Chiphersteller Globalfoundries innovative Materialien, Prozesse und Bauelemente für die Energiespartechnologie FDX. Diese gleichermaßen energieeffiziente, leistungsstarke und kosteneffektive Technologie der Chip-Herstellung wird insbesondere in den Wachstumsmärkten „Internet of Things“ und „Automotive“ nachgefragt. EMMA setzt dabei auch im Forschungsbereich auf Nachhaltigkeit: Es beinhaltet ein Doktorandenprogramm zur Qualifizierung junger Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler. Dadurch wird die langfristige Förderung und Sicherung von Expertise und damit Wettbewerbsfähigkeit der Region gewährleistet.

Mittlerweile arbeiten 15 Promotionsstudenten unter anderem an innovativen Prozessentwicklungen für die FDX-Technologie, der Entwicklung nichtflüchtiger eingebetteter Speicher und der Charakterisierung von Hochfrequenztechnologien (RF). Darüber hinaus wurden im bisherigen Projektverlauf bereits zahlreiche wissenschaftliche Veröffentlichungen, Konferenzbeiträge und Erfindungsmeldungen generiert und neueste Prozess- und Charakterisierungsanlagen in Betrieb genommen. Unterstützt wird das Fraunhofer IPMS dabei durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Förderung für die Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland FMD.

Der anstehende Umzug des CNT an den ehemaligen Standort der Plastic Logic Germany GmbH im Dresdner Norden im Jahr 2021 wurde im Projektplan von EMMA berücksichtigt. Das Projekt wurde bis Ende 2021 verlängert und kann somit in den neuen Räumlichkeiten fortgesetzt werden. Durch die Unterstützung des Freistaates Sachsen sowie der Fraunhofer-Zentrale konnte im Vorfeld bereits die Finanzierung der wesentlichen Umzugsaspekte gesichert werden.

PROJEKTZENTRUM MEOS IN ERFURT AUSGEBAUT

Krankheiten rechtzeitig erkennen und behandeln mit Hilfe von optischen Mikrosystemen – das ist das Ziel des Projektzentrums „Mikroelektronische / Optische Systeme für die Biomedizin" am Standort Erfurt. Im vergangenen Jahr wurde das Projektzentrum weiter ausgebaut, so dass die Forscher in zwei neuen Laboren und dem Reinraum ihre Arbeit aufnehmen konnten.

Das Projektzentrum MEOS ist ein interdisziplinärer Zusammenschluss des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme IPMS, als führendem Forschungsdienstleister im Bereich Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik, mit dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF, als anerkanntem Kompetenzzentrum für optische und photonische Technologien und dem Fraunhofer-Institut für Zelltherapie und Immunologie IZI, einem führenden Akteur im Bereich der Biowissenschaften.

Ziel der Kooperation in Erfurt ist die synergetische Kombination der verschiedenen Kompetenzen und Expertisen zur Entwicklung und Erprobung von innovativen Lösungen für biomedizinische Anwendungen.

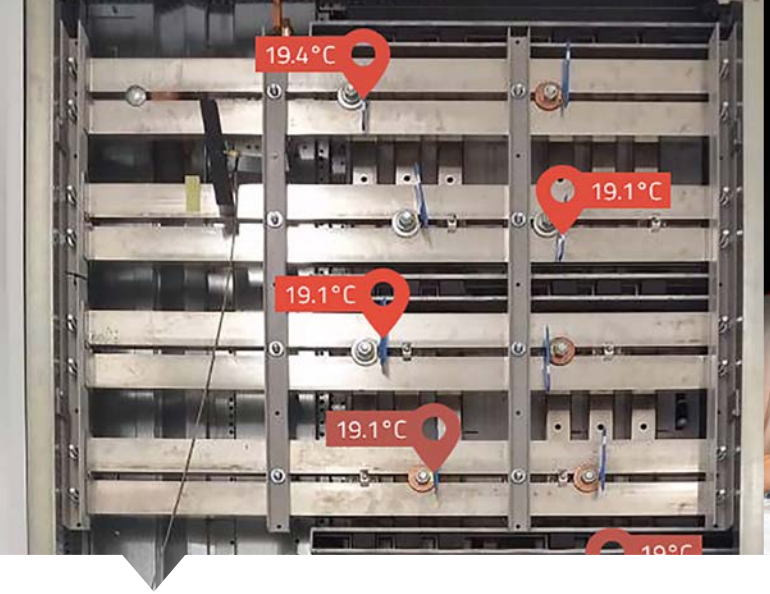
Dabei konzentrieren sich die Arbeiten des Projektzentrums zunächst auf drei Technologieplattformen. Ziel der Plattform **„Strukturierte Beleuchtung"** ist die Entwicklung optischer Module zur hochaufgelösten Mikroskopie bei deutlich reduzierter Phototoxizität. Die Technologieplattform **„Advanced Imaging"** avisiert innovative Lösungen im Gebiet der optischen Bildgebung. Im dritten Schwerpunkt **„Biofunktionale Oberflächen und Biosensoren"** werden miniaturisierte Lösungen zur Diagnose von Krankheiten basierend auf der Analyse von Fluiden untersucht. Perspektivisch ist eine Ausweitung der MEOS-Aktivitäten auf weitere Anwendungsfelder denkbar. Die Entwicklung anwendungsreifer Systeme und deren Transfer in die industrielle Verwertung in Medizintechnik, Diagnostik, Biotechnologie, Pharmazie, Ernährungswirtschaft ist ein zentrales Ziel der zukünftigen Arbeiten von MEOS.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/ProjektzentrumErfurt

Anwendungsfeld

INTELLIGENTE INDUSTRIELÖSUNGEN

Die Fabrik der Zukunft wird digitaler, effizienter und automatisierter. Maschinen, Produktion und Dienstleistungen werden technologieübergreifend und intelligent miteinander vernetzt sein. Im Anwendungsfeld Intelligente Industrielösungen entwickelt das Fraunhofer IPMS daher innovative Lösungen in den Bereichen Logistik, Produktion und Prozesse. Denn in Zukunft werden automatisierte Systeme und Roboter dem Menschen die Arbeit erleichtern. Um diese Vision Realität werden zu lassen, entwickelt das Fraunhofer IPMS auf mikroelektromechanischen Systemen basierende Sensoren, optische Komponenten sowie Aktorik, welche die Umgebung erfassen und die Interaktion sicher gestalten. Die Sensorik wird dabei zum Sinnesorgan der Digitalisierung: Sie bildet die Schnittstelle zwischen Maschine und Mensch. Für den Informationstransfer der von den Sensoren erfassten Daten entwickelt das Fraunhofer IPMS zudem Kommunikationstechnologien und Schnittstellen, die Daten sicher, in Echtzeit und mit hoher Bandbreite übertragen können.



RFID-SENSORIK FÜR MEHR SICHERHEIT IM SCHALTSCHRANK

Schaltanlagen sind das Herz jeder Industrieanlage: Sie versorgen die Maschinen mit Elektrizität. Unentdeckte Überlastungen und fehlerhafte Installationen in Schaltschränken können zu Überhitzungen und sogar Bränden führen, dadurch kann es zum Ausfall von Anlagen kommen und die gesamte Produktion stilllegen. Solche Ereignisse kündigen sich im Vorfeld häufig durch Erwärmung der Schraubverbindungen an den Stromschienen an. Ein kontinuierliches Temperatur-Monitoring ist daher wichtig.

Bisher war die permanente Temperaturüberwachung in Schaltanlagen schwierig, denn Kabel oder Batterien sind direkt auf den Stromschienen aufgrund der hohen Spannungen nicht integrierbar. Üblicherweise wird die Temperatur daher mit Infrarotkameras gemessen, wofür die Anlagen häufig abgeschaltet werden müssen. Eine kontinuierliche Messung ist so nicht möglich.

Das Fraunhofer IPMS hat zur Lösung dieses Problems ein batterieloses RFID-Sensor-System entwickelt, das eine drahtlose Daten- und Energieübertragungstechnik von Lesegerät zu Sensor nutzt. Das Lesegerät versorgt den Sensor mit Energie, um die Messung durchzuführen und anschließend die Messwerte zu übertragen. Das neue Verfahren des Fraunhofer IPMS erfasst die Temperatur direkt an der Schraubverbindung der Stromschienen, was ein kontinuierliches und störungsfreies Monitoring ermöglicht. Mit Hilfe der intelligenten Softwarelösungen ist die Integration in bestehende Produktionsumgebungen und die Anbindung an vorhandene Leitsysteme unkompliziert realisierbar.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/rfidsensorsystem

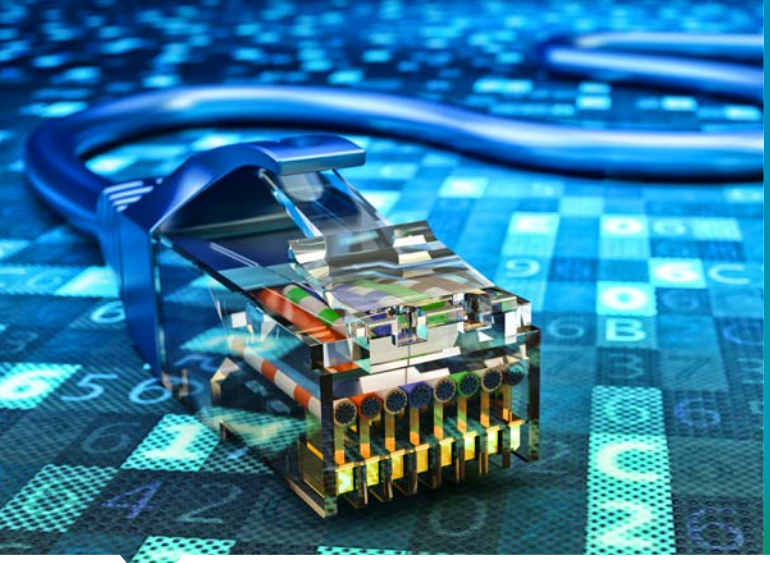
DRAHTLOSE DATENÜBERTRAGUNG MIT LICHT FÜR INDUSTRIE 4.0

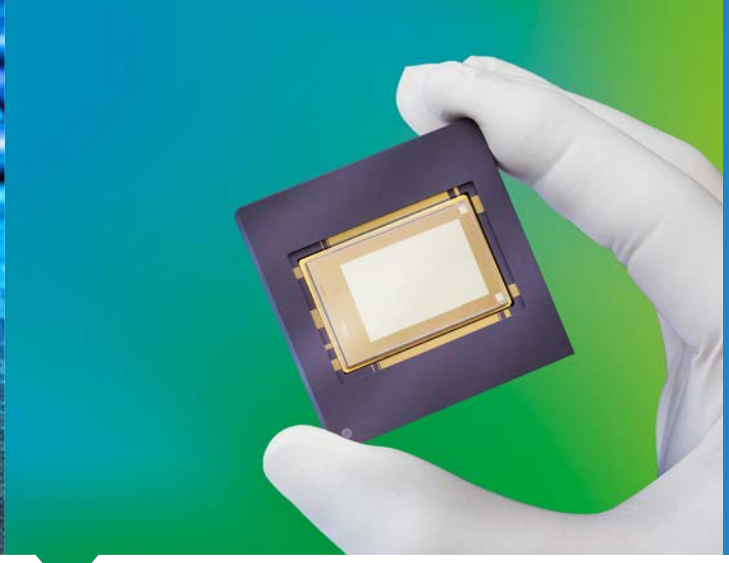
In modernen, automatisierten Industrieanlagen kommunizieren Maschinen, Logistik und Produkte direkt miteinander. Das Fraunhofer IPMS entwickelt und realisiert innovative Lösungen zur drahtlosen Datenübertragung mittels Licht.

Unter dem Begriff **Li-Fi**, also **Light Fidelity**, wird ein optischer und damit kabelloser Kommunikationsstandard für den Nahbereich verstanden. Das Funktionsprinzip ist einfach erklärt: Am Sender wird eine Leuchtdiode so schnell moduliert, d. h. ein- und ausgeschaltet, dass die Taktung für das menschliche Auge nicht wahrnehmbar ist. Das von der LED ausgesendete Signal wird von einer Fotodiode am Empfänger absorbiert und in elektrische Impulse umgewandelt, die ausgelesen werden können. Voraussetzung für diese Art der Datenübertragung ist der direkte Sichtkontakt zwischen Sender und Empfänger.

Die Li-Fi-Technologie bietet viele Vorteile. So ermöglicht beispielsweise die 360°-Drehübertragung eine Anwendung für rotierende Bauteile. Li-Fi unterstützt die Kommunikation in Echtzeit und bietet eine hohe Datensicherheit durch den obligatorischen Sichtkontakt. Die interferenzfreie Art der Datenübertragung prädestiniert die Technologie gleichzeitig für den Einsatz in störempfindlichen Umgebungen. Mit einer Größe von bis zu 5 x 5 x 5 mm³ und einer Reichweite von mehr als 10 cm (GigaDock®) bzw. bis zu 30 m (HotSpot) ermöglicht unsere Li-Fi-Technologie hohe Datenübertragungsraten von 1 Gbps (Hotspot) bis hin zu 12,5 Gbps (GigaDock®).

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/Li-Fi





IP-CORES FÜR DIE INDUSTRIELLE KOMMUNIKATION

Bei der Entwicklung eingebetteter Systeme werden IP-Cores verwendet. IP-basiertes Design ist ein Ansatz, der Entwicklern hilft, Zeit und Arbeit durch spezifizierte und getestete IP-Cores zu sparen.
Das Fraunhofer IPMS entwickelt IP-Cores für die industrielle Kommunikation, die eine zeitsensitive Datenübertragung (TSN) von Geräten in Ethernet-Netzwerken ermöglichen.

Zur IP-Core-Produktfamilie des Fraunhofer IPMS gehören zudem IP-Designs für CAN2.0, CAN-FD und CAN-XL als auch LIN-Feldbussysteme.

Das Fraunhofer IPMS entwickelt IP-Cores auch für den Automotive-Bereich, weswegen der LLEMAC-1G als Bestandteil der TSN IP-Core-Familie nach der ISO-Norm 26262 als ASIL-D ready eingestuft ist. Auch der CAN Controller Core ist als ASIL-B ready eingestuft. Die Norm gewährleistet die funktionale Sicherheit von elektrischen bzw. elektronischen Komponenten und Systemen im Automobilbereich.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/ipcores

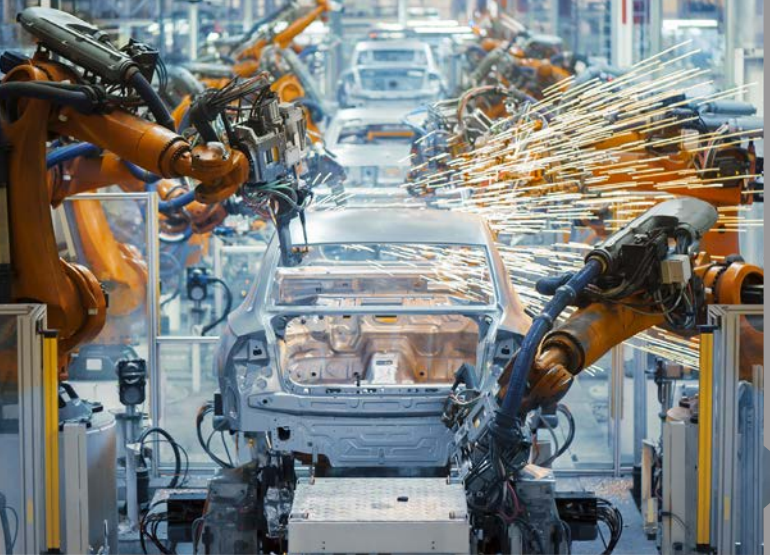
HOCHAUFLÖSENDE SCHNELLE LICHTSTEUERUNG FÜR DIE INDUSTRIELLE FERTIGUNG

Optische Mikrosysteme sind Wegbereiter des Lichts: Die photonischen Systeme des Fraunhofer IPMS können mittels kleiner auslenkbarer Spiegel Licht modulieren und so auf einzigartige Weise Bilder und Strukturen erzeugen. Das Forschungsinstitut entwickelt dafür Flächenlichtmodulatoren mit bis zu mehreren Millionen Spiegeln auf einem Halbleiterchip.

Die Mikrospiegelarrays werden unter anderem in der Halbleiterproduktion sowie in der Mikro- und Laserprojektion eingesetzt. Mit seinen Entwicklungen in diesem Bereich ist das Fraunhofer IPMS derzeit weltweit führend. Neueste Entwicklung ist ein CMOS-integriertes Mikrospiegelarray mit zwei Kippachsen pro Spiegel und zugehöriger Technologieplattform.

Die Einzelspiegel, die anwendungsspezifisch in Zahl und Größe pro Chip variieren, können individuell gekippt oder abgesenkt werden, sodass ein flächiges Muster entlang verschiedener Achsen entsteht, mit dessen Hilfe z.B. definierte Strukturen projiziert werden. Die hochauflösenden Kippspiegelarrays bestehen aus bis zu 2,2 Millionen Einzelspiegeln und werden als hochdynamische programmierbare Masken und für die optische Mikrolithographie im Ultraviolett-Bereich eingesetzt. Die Spiegelabmessungen liegen hier typischerweise bei 10 µm oder mehr. Durch das Auslenken der Mikrospiegel werden die Strukturinformationen mit hoher Bildrate in den Fotolack übertragen. Weitere Anwendungsfelder liegen in der Maskeninspektion und -messtechnik für die Halbleiterindustrie, in der Mikroskopie sowie in der Laserbeschriftung, -markierung und Materialbearbeitung.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/Flaechenlichtmodulator



Die Mikroscannerspiegel des Fraunhofer IPMS ermöglichen die mehrdimensionale Sensorik für Roboter

AUTOMATISIERTES AUGE FÜR DIE QUALITÄT – MEHR-DIMENSIONALE SENSORIK

Die Digitalisierung der Produktion erfordert den Einsatz von Sensoren, die wie mehrdimensional wahrnehmende Sinnesorgane funktionieren. Das Fraunhofer IPMS entwickelt Mikroscannerspiegel, die Roboter befähigen sollen, ähnlich dem menschlichen Sehen, Objekte in der Umgebung wahrzunehmen. Damit wären Industrieroboter in der Lage noch anspruchsvollere Aufgaben zu übernehmen und auf ihre Umgebung adäquat zu reagieren. Das Forscherteam des Fraunhofer IPMS verfolgt dazu den Ansatz eines „scannenden Auges", das maschinelles Sehen in drei Dimensionen ermöglichen soll. Das Scannerspiegelmodul fungiert dabei als ein rasterndes Auge, welches in allen drei Raumachsen hochauflösende Bilder aufnehmen kann.

Die Wissenschaftler nutzen dazu das **LiDAR-Prinzip (Light Detection and Ranging):** Der Scannerspiegel moduliert das Licht eines Lasers und detektiert die reflektierten Signale, gleichzeitig erfolgt eine Laufzeitmessung des Lichts zwischen Objekt und Detektor. Die robusten MEMS-Scanner sind aufgrund ihres hohen Miniaturisierungsgrades sehr gut integrierbar. Im Bereich der automatisierten industriellen Fertigung können die kleinen Scannerspiegel-Module beispielsweise in die Roboterarme implementiert werden, sodass die Roboter in der Lage sind, permanent ihre Umgebung zu erfassen, anstehende Arbeitsschritte zu erkennen und die Qualität ihrer Arbeit zu überwachen. Das Roboterauge agiert dabei vollautomatisiert.

Neben der optischen Wahrnehmung kann das Roboterauge um zusätzliche Funktionalitäten erweitert werden. So kann eine zerstörungsfreie Werkstoffprüfung der Produkte mithilfe von Infrarot-Spektroskopie realisiert werden oder eine sensorische Erfassung der Umgebung mittels **Quantenkaskadenlaser-Spektroskopie** erfolgen. Dabei wird der spektrale Fingerabdruck von Substanzen detektiert, wodurch diese exakt identifizierbar sind. Anwendung findet diese Art der Sensorik unter anderem in der Qualitätsüberwachung von Trinkwasser, der Prüfung von Medikamenten in der Pharmazie, der Fernüberwachung von Industrieanlagen, dem Leckage-Monitoring bei Pipelines oder der Detektion von Gefahrstoffen.

Eine weitere spannende Technologie, in der die Mikroscannerspiegel des Fraunhofer IPMS einsetzbar sind, ist die **Optische Kohärenztomografie** (OCT). Dank OCT können die Oberflächen- und Tiefenstruktur von Gegenständen mit einer Auflösung im Mikrometerbereich analysiert werden, was Industrieroboter in der automatisierten Produktion befähigen kann, eigenständig eine präzise Qualitätskontrolle von Produkten durchzuführen.

Die Mikroscannerspiegel des Fraunhofer IPMS ermöglichen somit eine neue Art der Erfassung von Umgebungsparametern und damit die automatisierte Überwachung der Qualität von Produktionen und die Erhöhung der Sicherheit von Mitarbeitenden, Anlagen und Prozessen.

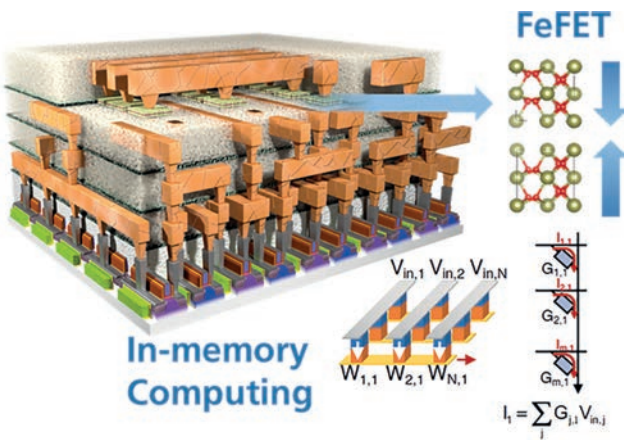
Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/Mikroscannerspiegel

Das Fraunhofer IPMS entwickelt neuromorphe Systeme für Halbleiterchips

STROMSPARENDE CHIPS FÜR KÜNSTLICHE INTELLIGENZ

Wenn wir denken, dann verarbeitet unser Gehirn eine Unmenge an Informationen. Möglich macht das eine überaus komplexe neuronale Vernetzung: Milliarden Nervenzellen sind durch Billiarden synaptischer Verbindungen miteinander verknüpft. Neuromorphes Computing ahmt diese einzigartige Form der Vernetzung nach, und gilt als Schlüsseltechnologie für Künstliche Intelligenz. Diese wird in Zukunft unseren Alltag verändern, vom autonomen Fahren bis zur vollautomatisierten Produktion.

Momentan verbraucht die komplexe Denkleistung von Rechnern allerdings noch viel Strom. **Das Fraunhofer IPMS entwickelt daher neuartige neuromorphe Systeme für Halbleiterchips, die in der Lage sind, energieeffizient durch neue integrierte Speichertechnologien zu arbeiten. Ähnlich dem menschlichen Gehirn, ist die Hardware-Architektur der Chips so aufgebaut, dass Informationen bereits im System gespeichert und nichtflüchtig sind.** Ein komplizierter Datentransfer zwischen Prozessor und Speicher ist nicht notwendig, die Denkleistung erfolgt bereits auf dem Chip.



Das Fraunhofer IPMS arbeitet an der Entwicklung und Evaluierung stromsparender Neuromorphic Computing Chips im 22 nm FDSOI-Technologieknoten. Die Entwickler setzen dabei neue integrierte Speichertechnologien auf Basis von ferroelektrischem Hafniumdioxid in innovativen Konzepten für die Realisierung analoger und digitaler neuromorpher Schaltungen ein. Die Speicher- und Chipentwicklung wird hierbei entlang der gesamten Wertschöpfungskette von der angewandten Forschung über die IP-Generierung bis hin zu integrierten Systemen getrieben. Die im Projekt entworfenen und gefertigten Chips sollen vor allem für Klassifikationsaufgaben in Bilderkennungssystemen wie das autonome Fahren als auch für die Verarbeitung weiterer Sensordaten Einsatz finden. Damit kann für bestehende mobile und portable Sensorsysteme eine Signalverarbeitung entwickelt werden, die eine Reduzierung der Leistungsaufnahme um einige Größenordnungen ermöglicht. Auf diese Weise kann der Energieverbrauch für komplexe Rechenleistungen reduziert und eine neuartige Computerarchitektur für Anwendungen der Künstlichen Intelligenz realisiert werden.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/ValueAddedSolutions

Mittels ferroelektrischer Feldeffekttransistoren (FeFET) auf Basis von HfO2 im 28 bzw. 22 nm Technologieknoten können die für Deep-Learning Algorithmen notwendigen Gewichtswerte nicht nur direkt im Chip abgespeichert, sondern auch mit diesen gerechnet werden (In-Memory Computing). Dadurch lassen sich effizient Matrixmultiplikationen durchführen, die man für künstliche Synapsen benötigt.

Anwendungsfeld

VERBESSERTE LEBENSQUALITÄT

Die Welt von morgen findet schon heute statt – sei es in der Entwicklung des autonomen Fahrens für eine umweltfreundlichere Mobilität oder der Erforschung des Internets der Dinge, das durch Künstliche Intelligenz unseren Alltag vereinfacht. Das Fraunhofer IPMS entwickelt die Sinnesorgane für diese Anwendungen – optische Sensoren mit Mikrospiegeln, die eine mehrdimensionale Wahrnehmung der Umgebung ermöglichen sowie innovative Kommunikationslösungen für die Datenübertragung des Internets der Dinge. Die Technologien bilden die Schnittstelle zwischen digitaler und realer Welt und tragen zu mehr Lebensqualität, Energieeffizienz und Sicherheit bei.

/Ecology
Self-Driving
48
mph
/Administration
/Human Resources
/Legal
/Accounting
/Finance
/Marketing
/Publicity
/Promotion
/Research
/Business
/Development
/Engineering
/Manufacturing
/Planning
/Administration
/Human Resources
/Legal
/Accounting
/Finance
/Marketing
/Publicity
4821

SINNESORGAN FÜRS AUTO – SCANNENDES AUGE FÜR DAS AUTONOME FAHREN

Ein Auto fährt um die Ecke, auf der Rückbank schlafen Passagiere, der Fahrersitz ist leer. Als ein Fußgänger vor dem Fahrzeug überraschend die Straße überquert, bremst es automatisch.

Ein Szenario, das bald Realität werden kann. In autonomen Fahrzeugen ist der Mensch nur noch Mitfahrer, das Auto steuert selbständig und erkennt Hindernisse und Gefahren. Damit das Fahrzeug seine Umwelt erfassen kann, kommen **LiDAR-Sensoren** zum Einsatz, die im Prinzip das Auge des Fahrers ersetzen. **LiDAR (Light Detection and Ranging)** ermöglicht die Entfernungsmessung zwischen Objekten und Fahrzeug und beruht auf der Aussendung von Lasersignalen in die Umgebung, deren Reflexion detektiert und analysiert wird. **Das Fraunhofer IPMS entwickelt dafür Mikroscannerspiegel, die alle Anforderungen des autonomen Fahrens erfüllen und gleichzeitig klein und integrierbar sind. Die Vision des autonomen Fahrens rückt damit in greifbare Nähe.** Das Forscherteam verfolgt den Ansatz eines „scannenden Auges", das digitales Sehen in drei Dimensionen ermöglicht. Ein Mikrospiegelmodul erfasst die Umgebung, indem der Spiegel Laserstrahlung in zwei Dimensionen verteilt. Die dritte Dimension im Raum wird anhand des vom Objekt reflektierten Lichts bestimmt. Dabei gibt es unterschiedliche Verfahren wie z.B. eine Laufzeitmessung, codierte Pulse oder die Demodulation von FMCW-Signalen.

Für das autonome Fahren sind verschiedene LiDAR-Systeme in der Diskussion. Konkurrenztechnologien nutzen häufig große, um eine Achse rotierende Spiegel und sind aufgrund ihrer Abmessungen und ihres Gewichts schlecht in Fahrzeuge integrierbar. Weitere Nachteile sind hohe Herstellungskosten und die Empfindlichkeit der rotierenden Teile gegenüber Vibrationen und Stößen. Weitere Alternativen sind sogenannte Solid-State-LiDAR-Systeme, die ohne bewegliche Teile auskommen und gut integrierbar sind, allerdings Objekte in weiterer Entfernung nur unzureichend erfassen können. Für sicheres autonomes Fahren sind Messungen innerhalb weniger Zentimeter bis zu mehreren hundert Metern notwendig.

Die MEMS-Spiegel des Fraunhofer IPMS können eine Umgebungserfassung innerhalb dieser Reichweite gewährleisten. Aufgrund ihres geringen Gewichts und der guten Integrierbarkeit sind die Module trotz ihrer Beweglichkeit vibrationsunempfindlich und können die Umgebung ohne Messunschärfe detektieren. Die aus einkristallinem Silizium hergestellten MEMS-Scanner sind äußerst robust und ermüdungsfrei und erfüllen die Anforderungen sowohl hinsichtlich der optischen Scanbereiche als auch der Schock- und Vibrationsstabilität. Damit erfüllen sie die Zuverlässigkeitsanforderungen eines Solid State LiDAR. Die CMOS-kompatible Siliziumtechnologie erlaubt zudem eine skalierbare, kosteneffektive Herstellung der Module und ermöglicht deren Integration in bestehende Systeme. Die Anwendung der LiDAR-Technologie für ein MEMS-Scanner-basiertes „Auge" für Fahrzeuge ist somit ein vielversprechender Weg hin zum autonomen Fahren.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/MEMSScanner

GESTENERKENNUNG DURCH ULTRASCHALL

Wenn Menschen sich unterhalten, benutzen sie zur Kommunikation Stimme, Mimik und Gestik. Doch zunehmend interagieren wir im beruflichen Umfeld und im Alltag auch mit Maschinen. Dabei geht der Trend hin zu berührungslosen Lösungen der Mensch-Maschine-Kommunikation: Sprachbasierte Assistenzsysteme findet man mittlerweile überall, ob in Autos, Smartphones oder im Wohnzimmer.

Die Sprachsteuerung ist jedoch für öffentliche Bereiche ungeeignet und funktioniert nur in ruhigen Umgebungen verlässlich, die frei von externen Störgeräuschen sind. **Das Fraunhofer IPMS hat daher einen alternativen Ansatz entwickelt zur berührungslosen, dreidimensionalen Erfassung von Abständen, Bewegungen und Gesten für die Kommunikation mit Maschinen. Die Methode ermöglicht die Gestensteuerung von Maschinen, vom Roboter bis zum smarten Haushaltsgerät.** Die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler haben eine Mikro-Chip-Architektur entwickelt, die Ultraschall bis 300 kHz erzeugen und empfangen kann. Die reflektierten Schallwellen werden dann analysiert, indem zum Beispiel gemessen wird, wie lange die Welle zwischen dem Sensorsystem und dem reflektierenden Objekt unterwegs war oder wie sich die Frequenzen aufgrund des Doppler-Effekts verschoben haben.

Die Auswertung des Ultraschalls erlaubt eine räumliche Auflösung natürlicher Bewegungen und Gesten im Sub-Zentimeter-Bereich über Distanzen bis zu einem halben Meter. Im Vergleich zu kamerabasierten Systemen ermöglichen unsere Ultraschallsensoren den Aufbau deutlich kostengünstigerer Elektronik- und Softwaresysteme. Sie sind nicht streulichtempfindlich und erlauben eine zuverlässige Datenerfassung auch an optisch transparenten Oberflächen. Zudem sind die Systeme CMOS-kompatibel erheblich kompakter und lassen sich in großen Stückzahlen kostengünstig herstellen. Für die Entwicklung setzen die Forscher auf eine neue Klasse elektrostatischer, mikroelektromechanischer Biegeaktoren, die seit 2016 zur Erzeugung von Hörschall in Mikrolautsprechern und für Mikropumpen stetig weiterentwickelt wurden. Dieses Fraunhofer IPMS-eigene, sogenannte Nano-E-Drive-Antriebsprinzip (NED), nutzt die hohen Kräfte elektrostatischer Felder in nanometerkleinen Elektrodenspalten aus, um mechanische Bewegungen mit Auslenkungen im Bereich mehrerer Mikrometer zu ermöglichen. Für die Schallerzeugung wird dabei nicht nur die Chipoberfläche, sondern das komplette Bauelementvolumen eingesetzt. Die Nutzung des Chipvolumens zur Schallerzeugung ermöglicht die Herstellung sehr kleiner Bauelemente. Mögliche Anwendungsfelder der ultraschallbasierten, berührungslosen Bewegungserkennung sind in der Automatisierungs- und Sicherheitstechnik ebenso zu finden wie in der Medizintechnik, Automobilindustrie oder Unterhaltungs- und Haushaltselektronik.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/Ultraschallwandler

Dank MEMS-Technologien können Hearables die Internetkommunikation autark übernehmen

INTERNET IM OHR – KOPFHÖRER WERDEN DANK MEMS-TECHNOLOGIE ZU MULTITALENTEN

Hearables – miniaturisierte drahtlose Kopfhörer, die direkt im Ohr getragen werden, können in Zukunft dank der MEMS-Technologie des Fraunhofer IPMS zu Multitalenten werden. Sie übertragen nicht nur Sprache und Musik, sondern werden auch in der Lage sein, die komplette Internetkommunikation autark, d. h. on the edge zu übernehmen.

Neben Audiotechnologien enthalten die Hearables der Zukunft auch leistungsfähige Prozessoren zur Datenverarbeitung und sind über Funkschnittstellen direkt mit dem Internet verbunden. Ähnlich den Graphics Processing Units (GPU) für Smartphone-Displays werden die Prozessoren den Energiebedarf der zukünftigen Hearables und somit deren Laufzeit dominieren. Da Platz und damit Größe und Kapazität eines Akkus für In-Ear-Geräte sehr begrenzt sind, müssen alle anderen Komponenten mit sehr geringem Energiebudget auskommen um eine ausreichende Laufzeit zu gewährleisten.

Elektrostatische Biegeaktoren (NED)

Möglich wird das durch die neuartigen, miniaturisierten Lautsprecher des Fraunhofer IPMS. Diese basieren auf einem neuen, siliziumbasierten Schallwandlerprinzip, das ohne herkömmliche Membran auskommt. Stattdessen werden Töne mit einer Vielzahl von Biegebalken – ähnlich den Saiten einer Harfe – im Volumen eines Siliziumchips erzeugt. Innerhalb der nur 20 µm dünnen Biegebalken sind neuartige elektrostatische Aktoren, sogenannte Nanoscopic-Electrostatic-Drives (NED) integriert, die durch eine angelegte Audiosignalspannung zum Schwingen angeregt werden. Diese Schwingungen werden als Schall hörbar.

Im Labor konnten die MEMS-Lautsprecher mit einer Größe von wenigen Quadratmillimetern einen Schallpegel von bis zu 100 dB erzeugen, bei gleichzeitig herausragender Klangqualität und geringer Leistungsaufnahme. Auf diesen Laborergebnissen aufbauend wurde bereits ein erstes akku-betriebenes Demosystem für die In-Ear-Wiedergabe realisiert. Im Fokus der aktuellen Arbeiten stehen die weitere Miniaturisierung der Bauteile, um einen perspektivisch sehr geringen Stückpreis und damit eine Massenmarkt-Tauglichkeit zu gewährleisten sowie die nochmalige Reduktion der Leistungsaufnahme.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/Hearables

Die Flächenlichtmodulatoren des IPMS können Licht so beugen, dass realitätsnahe Projektionen entstehen.

REALITÄTSNAHE HOLOGRAPHIE MIT FLÄCHENLICHTMODULATOREN

Eine virtuelle Projektion, die so realitätsnah erscheint, dass man sie berühren möchte. In die Frontscheibe eingeblendete Verkehrszeichen, die dreidimensional und realistisch ins Blickfeld des Fahrers eingebettet sind. Das ist keine Fiktion, sondern soll zukünftig möglich werden mit den Mikrospiegelmatrizen des Fraunhofer IPMS. Millionen kleinster Spiegel, die auf einem Halbleiterchip aufgebaut sind, werden das Licht so beugen, dass damit realitätsgetreue 3-D-Bilder als räumliche Projektionen entstehen. Die Einzelspiegel, die anwendungsspezifisch in Zahl und Größe pro Chip variieren, können individuell abgesenkt werden, sodass ein flächiges Muster entsteht, mit dessen Hilfe dreidimensionale holographische Bilder erzeugt werden.

Holographie nutzt den Wellencharakter des Lichts, um räumliche Darstellungen zu erzielen.

Das zugrundeliegende Verfahren der Holographie nutzt den Wellencharakter des Lichts, um räumliche Darstellungen zu erzielen. Grundlage dafür ist die Wahrnehmung des menschlichen Auges, das nur die reflektierten Lichtwellen und nicht den Gegenstand an sich wahrnimmt. Holographische Projektionen ermöglichen auf dieser Basis die räumliche Abbildung von Objekten als Hologramm. Diese Abbildungen waren allerdings meistens statisch und nicht in der Lage, bewegte Bilder abzubilden. Die bisherigen Ansätze für bewegte Holographie waren dagegen nicht realitätsnah genug, da Lichtmodulatoren nicht in ausreichender Qualität verfügbar sind.

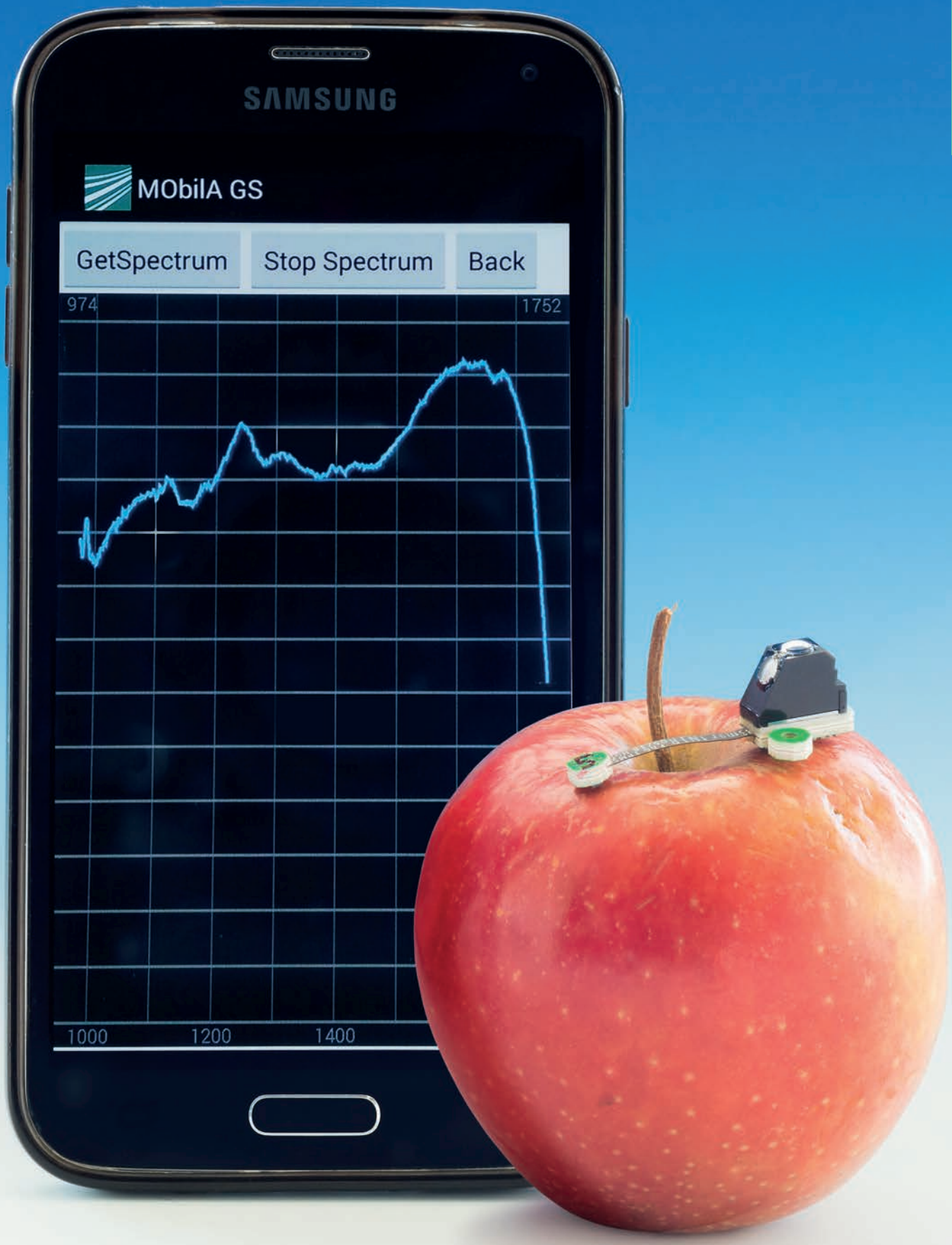
Mit den Mikrospiegelarrays des Fraunhofer IPMS soll in Zukunft eine computeranimierte Holographie erfolgen, die ein so realistisches Lichtfeld reproduziert, dass reale und virtuelle Welt verschmelzen – bewegt und in Echtzeit. Das macht den Einsatz der Holographie beim Autofahren als Augmented Reality oder auch im Bereich des mehrdimensionalen Fernsehens möglich.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/Flaechenlichtmodulator

Anwendungsfeld

MEDIZINTECHNIK UND GESUNDHEIT

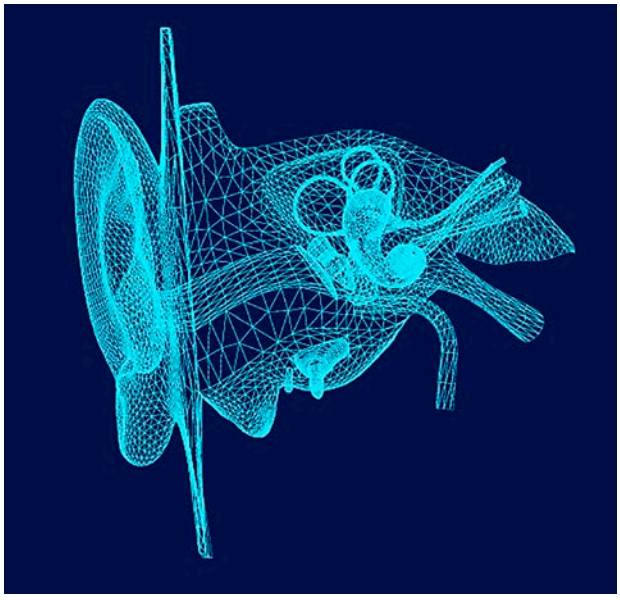
Gesundheit ist ein hohes Gut – ein wichtiges Anwendungsfeld der photonischen Mikrosysteme des Fraunhofer IPMS sind daher Technologien für die verbesserte Prävention, Diagnostik und Therapie im medizinischen Bereich. Denn die Lebenserwartung steigt weltweit und damit die Zahl der chronischen Krankheiten. Auch das Gesundheitsbewusstsein wächst und der Bedarf nach innovativer Prävention und Diagnostik nimmt zu. MEMS-Technologien können in der Vorsorge eingesetzt werden, etwa um Inhaltsstoffe von Lebensmitteln zu detektieren oder Krankheiten bereits im Anfangsstadium zu diagnostizieren dank neuester visueller Bildgebungsverfahren.
Darüber hinaus ermöglichen mikromechanische Bauelemente neuartige Therapieformen und die gezielte Dosierung von Medikamenten.


SAMSUNG
MObilA GS
GetSpectrum
Stop Spectrum
Back
974
1752
1000
1200
1400

Der Ultraschallwandler des Fraunhofer IPMS ermöglicht eine präzise Diagnostik von Mittelohrinfektionen

ULTRASCHALL-ENTWICKLUNG ZUR VERBESSERTEN DIAGNOSTIK VON MITTELOHRENTZÜNDUNGEN

Mittelohrentzündungen werden oftmals mit Antibiotika behandelt, besonders, wenn Babys und Kleinkinder betroffen sind. Gegenwärtige Medizingeräte zur Diagnose von Otitis Media sind Jahrzehnte alt, die diagnostischen Fehlerraten betragen im Durchschnitt 50 Prozent, insbesondere bei der Unterscheidung zwischen bakteriellen und viralen Infektionen. Viele Kinder bekommen daher unnötigerweise Antibiotika verschrieben, was langfristig zu dem weltweit wachsenden Problem antibiotikaresistenter Keime beiträgt. **Ein neuartiger Ultraschallwandler des Fraunhofer IPMS kann Abhilfe schaffen, denn die luftgekoppelte Ultraschalltechnologie ermöglicht eine präzise Diagnose von Mittelohrinfektionen.**



Mit der neuen Ultraschallentwicklung lässt sich der Bereich hinter dem Trommelfell in Sekunden analysieren.

Mithilfe eines vom amerikanischen Start-up OtoNexus Medical Technologies entwickelten Otoskops lässt sich der Bereich hinter dem Trommelfell in Sekunden analysieren. So lässt sich feststellen, ob das Mittelohr Luft oder Flüssigkeit enthält – Mediziner sind infolgedessen in der Lage, zwischen verschiedenen Erkrankungsstadien zu unterscheiden, wodurch eine zielgerichtete Behandlung ermöglicht wird. Herzstück des intelligenten Otoskops ist der integrierte Ultraschallwandler des Fraunhofer IPMS. Der Wandler sendet Ultraschallimpulse aus und detektiert das vom Trommelfell reflektierte Echo. Basierend auf der Analyse dieser Signale erhält der Arzt ein Messergebnis, das Aufschluss über den Grad der Entzündung gibt und bei der Unterscheidung zwischen viralen und bakteriellen Infektion hilft.

Die einzigartige Technologie des Fraunhofer IPMS basiert auf Kondensatoren, die an der Oberfläche eines Silizium-Wafers angeordnet sind und über eine bewegliche Elektrode verfügen. Diese bewegliche Platte kann in einem weiten Frequenzbereich zum Schwingen angeregt werden und sowohl Ultraschallsignale erzeugen als auch empfangen. Komponenten, die auf dieser Betriebsart basieren, werden CMUTs (kapazitive mikromechanische Ultraschallwandler) genannt.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/mikromechanischerUltraschallwandler

SPEKTROSKOPIE – LEBENSMITTELDETEKTIV IM MINIATURFORMAT

Der Apfel mit braunen Stellen, der Joghurt mit abgelaufenem Mindesthaltbarkeitsdatum: Diese Lebensmittel landen allzu oft im Abfall. Allein in Deutschland entsorgt jeder Bürger im Durchschnitt 85 Kilogramm Nahrungsmittel pro Jahr. Das ist schädlich für Umwelt und Klima, denn für jedes Lebensmittel werden Ressourcen wie Wasser, Energie und Agrarflächen eingesetzt. **Das Fraunhofer IPMS arbeitet an einem miniaturisierten Spektrometer, das helfen kann, den Umgang mit Lebensmitteln zu verbessern.** Das Mikrospektrometer ist in der Lage, die Zusammensetzung, den Reifegrad und auch die Qualität von Lebensmitteln zu bestimmen. Die Nahinfrarotanalyse liefert zudem Aussagen über Säuregrad und Zuckergehalt und gibt Aufschluss darüber, ob der Apfel bereits jetzt eine Druckstelle hat, die erst morgen als braune Stelle sichtbar wird. Auf diese Weise trägt das Mikrospektrometer dazu bei, dass Nahrungsmittel rechtzeitig verzehrt werden und nicht in den Müll wandern.

Mittlerweile ist den Forschern des Fraunhofer IPMS gelungen, das entwickelte Spektrometer so zu miniaturisieren, dass es in Smartphones verbaut werden könnte. Das Gitterspektrometer hat mit einem Volumen von nur 0,6 cm³ etwa ein Fünftel der Größe eines gewöhnlichen Stücks Würfelzucker und ist damit eines der derzeit kleinsten Nahinfrarot-Spektrometer weltweit. Durch den kompakten Aufbau, das geringe Gewicht von unter einem Gramm und der niedrigen Leistungsaufnahme im mW-Bereich ist es ideal zur Integration in mobile Analysegeräte geeignet. In der realisierten Ausführungsform adressiert es den NIR-Spektralbereich von 950 bis 1900 nm bei einer spektralen Auflösung von 10 nm.

Das Funktionsprinzip basiert auf der Absorption infraroter Strahlung, die für den Menschen nicht sichtbar ist. Diese dringt tief in organische Materialien wie z. B. Lebensmittel ein und liefert Informationen über die chemische Zusammensetzung des untersuchten Objekts. Daraus lassen sich Aussagen über wichtige Eigenschaften wie Reife oder Frische von Obst und Gemüse, den Wassergehalt von Fleisch oder den Alkoholgehalt von Bier, Wein und Spirituosen ableiten. Weitere Anwendungsfelder sind beispielsweise die Analyse von Qualität und Echtheit kosmetischer Produkte, von Medikamenten und Textilien. Auch in der Lebensmittelerzeugung ist das Nahinfrarot-Spektrometer nutzbringend einsetzbar: So kann mithilfe dieser Technologie in der Landwirtschaft der Nährstoffbedarf von Böden ermittelt werden. Auf diese Weise kann optimiert nach Bedarf gedüngt werden, sodass die Umwelt geschont und der Düngemitteleinsatz effizient erfolgen kann. Die miniaturisierten Spektrometer-Systeme des Fraunhofer IPMS eignen sich darüber hinaus für den mobilen Einsatz in Pharmazie, Biotechnologie, Medizin sowie im Umwelt- und Recyclingbereich.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/photonischeSensorik

OPTISCHE MIKROSYSTEME ERMÖGLICHEN SCHNELLE DIAGNOSE VON KRANKHEITEN

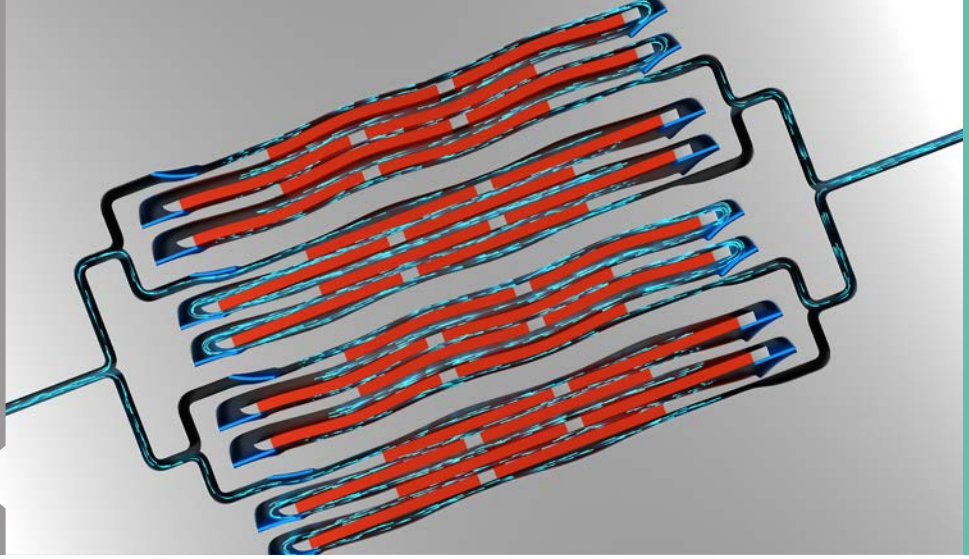
Wenn ein Patient mit unspezifischen Symptomen zum Arzt geht, dann braucht dieser eine sehr gute diagnostische Kompetenz. Technische Lösungen basierend auf Mikrosystemen können Mediziner bei der Suche nach der Krankheitsursache unterstützen, mithilfe visueller Bildgebung sowie optischer und chemischer Sensorik. Das Fraunhofer IPMS arbeitet im Projektzentrum MEOS „Mikroelektronische und Optische Systeme für die Biomedizin" in Erfurt interdisziplinär mit dem Fraunhofer IOF und dem Fraunhofer IZI an innovativen Systemen, die es ermöglichen, Krankheiten frühzeitig zu erkennen.

Kernkomponenten der im Projektzentrum realisierten Systeme sind oftmals die am Fraunhofer IPMS entwickelten Biosensoren, die es ermöglichen, **Krankheiten durch die Analyse von Fluiden** zu detektieren. So sind beispielsweise Spuren spezieller Gase in der Atemluft ein frühes Zeichen verschiedener Krankheiten, einschließlich Krebs. Eine spektroskopische Atemluftanalyse kann diese Gase erkennen und eine rechtzeitige Diagnose und damit eine zeitnahe Therapie ermöglichen. Entsprechende, im Alltag einsetzbare Systeme der chemischen Sensorik basieren auf einem MEMS-Ionenmobilitätsspektrometer, mit dem Verfahren zum Schnelltest bereitgestellt werden können. Die miniaturisierte optische Sensorik eignet sich für die Point-of-Care-Diagnostik. Das bedeutet, dass anstelle einer zeitaufwändigeren Laboruntersuchung eine Analyse unmittelbar vor Ort erfolgen kann. Die Sensorik nutzt dafür optimierte Bauelemente wie Mikroringresonatoren mit funktionalisierter Oberfläche. Durch das Andocken von Antikörpern an der Oberfläche ändern sich die optischen Eigenschaften dieser Bauelemente, sodass diese mit einer hohen Sensitivität und hohem Durchsatz detektierbar sind.

Optische Mikrosysteme des IPMS können zudem helfen, unterschiedliche Zellarten einfach und schnell voneinander zu unterscheiden. So können z.B. Krebszellen gezielt mit Fluoreszenzmarkern gekennzeichnet werden. Ein optisches System kann Tumorgewebe dann in Echtzeit von gesunden Bereichen unterscheiden und die Mediziner so während eines chirurgischen Eingriffs in der vollständigen Tumorresektion unterstützen. Das Fraunhofer IPMS und das Fraunhofer IZI entwickeln in Kooperation mit den Helios-Kliniken Erfurt zu diesem Zweck ein Fluoreszenz-Laser-Scanning-Konfokalmikroskop, für dessen Bildaufnahme MEMS-Mikroscannerspiegel verwendet werden.

Darüber hinaus entwickelt das Fraunhofer IPMS gemeinsam mit den Partnern in Erfurt **optische Module für die hochaufgelöste Mikroskopie mit deutlich reduzierter Phototoxizität.** Optimierte MEMS-Mikrospiegelarrays des Fraunhofer IPMS, die als Flächenlichtmodulatoren wirken, arbeiten dabei in Kombination mit speziellen Optiken. Durch den Einsatz von zwei Mikrospiegelarrays in einem extra konstruierten optischen Aufbau lässt sich eine Kontrolle des einfallenden Lichts in Raum und Winkel bzw. die Projektion definierter Muster erreichen. Auf diese Weise können Gewebeproben in einem sehr schonenden Verfahren hochauflösend untersucht werden.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/ProjektzentrumErfurt



Mikropumpe

LABOR AUF DEM CHIP UND GEZIELTE DOSIERUNG VON MEDIKAMENTEN DANK MIKROPUMPEN

Gezielte Wirkung, keine Nebenwirkungen – das ist das Ziel bei der optimalen Therapie mit Medikamenten. Auch die Untersuchung und Analyse von Zellen und Gewebeproben soll möglichst direkt vor Ort, schnell und effizient erfolgen. Die Mikropumpen des Fraunhofer IPMS bieten innovative Eigenschaften und Parameter, die sowohl für die gezielte Medikamentengabe als auch effiziente und dezentrale Laboruntersuchungen richtungsweisend sind.

Das im Siliziumchip integrierte mikrofluidische System kann Flüssigkeiten durch winzigste Kanäle pumpen, die gerade mal so groß wie ein menschliches Haar sind. Wie im Bereich der Hearables und der Ultraschall-Gestensteuerung basiert das Funktionsprinzip der Mikropumpen des IPMS auf der Nano-E-Drive-Technologie. Unter Anlegen einer elektrostatischen Spannung verändert sich die Form der Biegeaktoren, sodass eine Pumpwirkung von kleinsten Gas- und Flüssigkeitsmengen ermöglicht wird.

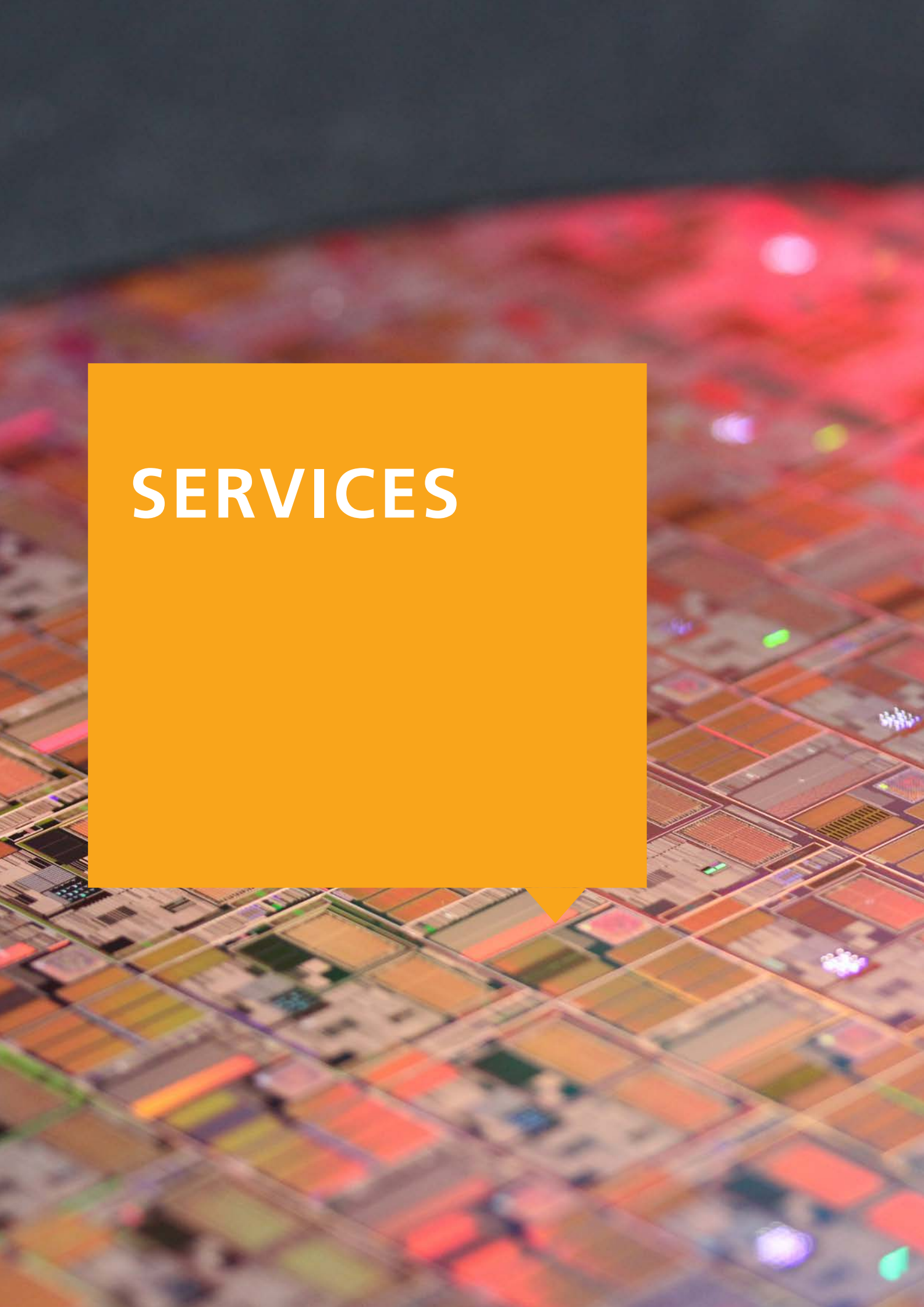
Auf diese Weise können kleinste Flüssigkeitsmoleküle innerhalb eines Chips transportiert werden. **Ein „Lab on a Chip" weist die gesamte Funktionalität eines makroskopischen Labors auf und kann direkt vor Ort am Patienten verwendet werden.** Damit bieten sich neuartige und revolutionäre Potenziale für die Point-of-Care-Diagnostik, die direkte und dezentrale Laboruntersuchung und -auswertung. Während Schwangerschaftstests und Blutzuckermessungen in diesem Feld als Vorreiter etabliert sind, können nun spezifische Werte aus den Proben weitaus sensitiver selektiert, analysiert und ausgewertet werden. Zukünftig soll es möglich sein, beispielsweise Herzinsuffizienzen oder eine Sepsis sofort zu erkennen und mit lebensrettenden Maßnahmen zu reagieren.

Darüber hinaus können die mikrofluidischen Systeme für die optimale Dosierung von Medikamenten verwendet werden. Mit einer Größe von gerade einmal (2,4 x 0,3 x 0,9 mm)³ können nun Anwendungen adressiert werden, die durch unzureichende Leistungsdichte von Mikropumpen sowie fehlende Integrationskonzepte bisher nicht zu realisieren waren. **Die winzigen Pumpen können Medikamente direkt im Körper abgeben, sodass Neben- und Wechselwirkungen, wie sie bei der oralen Einnahme möglich sind, vermieden werden können.** Zudem sind die Therapeutika ohne invasive Injektion oder Infusion verabreichbar.

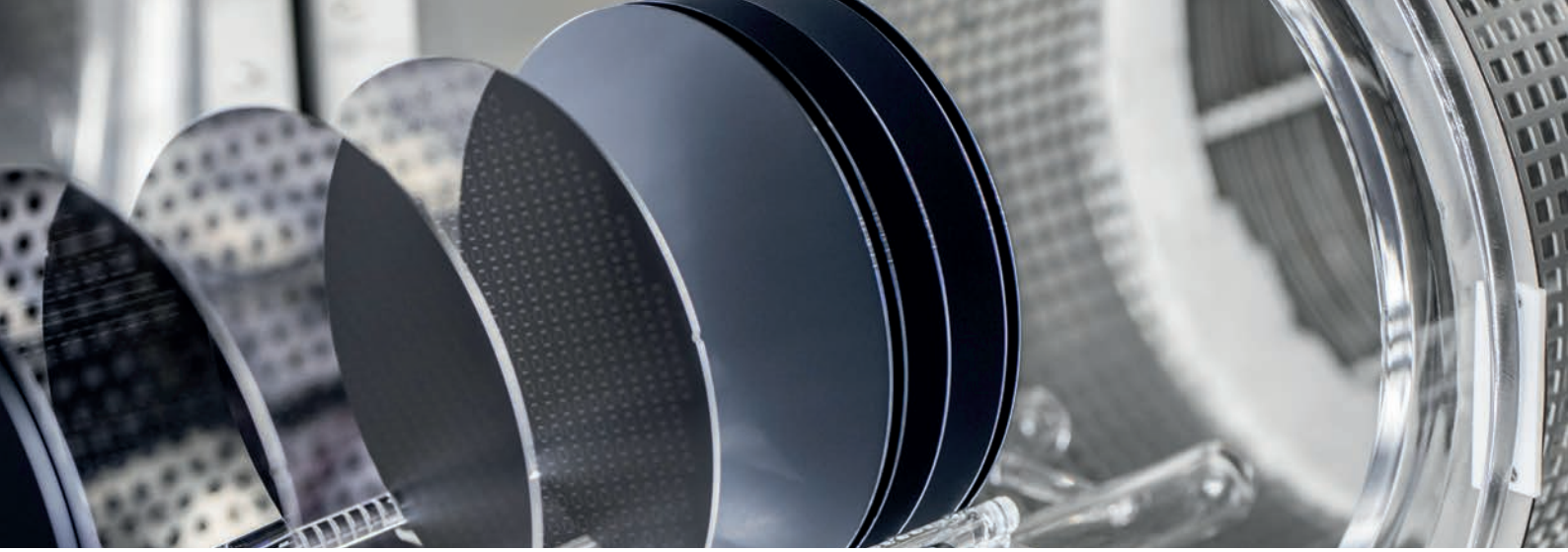
Die Dosierung kann individuell angepasst werden, sodass die Mikropumpen eine auf den Patienten abgestimmte Medikation ermöglichen. Durch die hohe Biokompatibilität der Materialien können die neuartigen Mikropumpensysteme ohne gesundheitliche Auswirkungen am Menschen implantiert und beispielsweise als autarke Mikro-Insulinpumpen verwendet werden. Darüber hinaus ist die Ausleitung von Körperflüssigkeiten wie Lymphansammlungen ebenfalls über die mikrofluidischen Systeme realisierbar.

Die NED-Mikropumpensysteme zeichnen sich gegenüber kommerziellen, zumeist piezoelektrischen, membranbasierten Mikropumpensystemen durch ihre geringe Leistungsaufnahme sowie ihre verbesserte Miniaturisierungs- und Integrationsfähigkeit aus.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/Mikropumpe



SERVICES

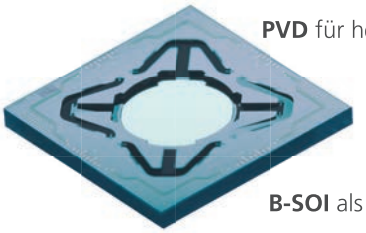


VON DER TECHNOLOGIEENTWICKLUNG BIS ZUR PILOTFERTIGUNG

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 mit knapp 50 Ingenieuren, Physikern und Chemikern gewährleistet. Auf Kundenwunsch übernehmen wir nach der erfolgreichen Entwicklung die Pilotfertigung oder unterstützen einen Technologietransfer, womit das Fraunhofer IPMS die technologischen Reifegrade (TRL) von drei bis acht abdeckt. Dabei steht dem Fraunhofer IPMS zukünftig ein DUV-Scanner für hochpräzise Lithografiestrukturen (130 nm) zur Verfügung sowie ein CMOS-kompatibler Grinder für das Abdünnen von BSOI-Wafern. Hierbei stattet das Fraunhofer IPMS neuerdings BSOI-Wafer mit neuen Funktionen, wie z. B. Kavitäten, vergrabenen Leitbahnen oder auch Multi-SOI-Strukturen, aus.

VOLUMEN-MIKROMECHANIK
Ob hochpräzise Spiegel oder das einzigartige Nano-E-Drive-Antriebsprinzip, welches vom Fraunhofer IPMS entwickelt wurde: diese Aktoren basieren auf tiefgeätzten Siliziumstrukturen mit großen Aspekt-Verhältnissen (> 40). Neben den Kompetenzen der Oberflächenmikromechanik stehen weiterführend folgende Module zur Verfügung:

Tiefes Siliziumätzen für Kammantriebe



PVD für hochreflektierende Schichten

Trench Verfüllung
zur Isolierung

B-SOI als Wafer-Ausgangsmaterial

TMAH Ätzung für Rückseitenöffnung

Wafer Bonding für quasistatische Auslenkungen

OBERFLÄCHEN-MIKROMECHANIK
Mittels Opferschicht-Technologie ist das Fraunhofer IPMS in der Lage, Aktoren und Sensoren wie Flächenlicht-Modulatoren (SLM) und kapazitive Ultraschall-Sensoren (CMUT) zu fertigen. Die dem Fraunhofer IPMS zur Verfügung stehenden Prozesse und Technologiemodule für diese hochkomplexen Bauteile sind:

PE-CVD für **Opferschichten** (TEOS + HDP + a:Si)

PVD für **Hinge** und **Spiegel** mit Stress-Tuning

HF + XeF2 GPE Release

ALD für **Barriereschichten**

Anti-Haftschicht
für **enorme Zuverlässigkeit**

Fünfzonen-CMP für **hohe Planarität**

AKTIVES SILIZIUM

Das Fraunhofer IPMS fertigt Bauelemente auf Wafer-Level, welche die chemischen und physikalischen Eigenschaften von funktionalen Schichten ausnutzen, bspw. beim ionensensitiven Feldeffekttransistor für die Messung von pH-Werten.

MONOLITHISCHE INTEGRATION VON MEMS UND CMOS

Die monolithische Integration von MEMS auf CMOS ist eine Integrationstechnologie zur Herstellung von integrierten Systemen auf Wafer-Level. Das Fraunhofer IPMS entwickelt und fertigt monolithisch integrierte MEMS zur Minimierung parasitärer Effekte. Mit dieser Technologie können speziell große Bauelemente mit einer hohen Integrationsdichte zuverlässig realisiert werden. Beispiele sind dabei SLMs, Thermopile- und CMUT-Arrays.

REINRAUM & PILOTFERTIGUNG

Der CMOS-kompatible MEMS-Reinraum des Fraunhofer IPMS wird in einem 24 x 5-Modus mit 3-Schicht-Teams betrieben. Dazu stehen knapp 50 Operatoren, Wartungstechniker und Equipment-Ingenieure sowie Fertigungsplaner und Prozesssteuerer zur Verfügung.
Weitere Charakteristika des Reinraums sind:

- → FuE und Pilotfertigung (low volume & high mix)
- → 365 nm i-line (Strukturbreiten bis 400 nm)
- → ~1.000 Wafer-Starts pro Monat
- → Sauberkeitsklasse 10 (ISO 4) auf 1.500 m²
- → ISO 9001:2015 zertifiziert
- → PPS-/MES-Software zur Planung, Steuerung, Rückverfolgbarkeit und Dokumentation

Ein integriertes Kontaminationsmanagement erlaubt den Austausch von Wafern und Substraten zwischen verschiedenen Kooperationspartnern des MEMS-Reinraums bei gleichzeitiger Sicherstellung der CMOS-Kompatibilität.

Die qualitätsgerechte Realisierung unseres High-Mix/Low-Volume-Ansatzes wird durch ein Produktionsplanungs- und Steuerungssystem-integriertes Qualitätsmanagement gewährleistet. Durch das Manufacturing Execution System (MES) ist das Fraunhofer IPMS in der Lage, eine engmaschige Prozess-Überwachung und Dokumentation mit einer aktiven Durchlaufzeitsteuerung zu verknüpfen und damit eine hohe Zuverlässigkeit und Liefertreue zu erreichen.

ELEKTRISCHE CHARAKTERISIERUNG

Zur Charakterisierung der komplexen Bauteile und Technologien ist das Fraunhofer IPMS in der Lage, folgende Messungen (in-/ex-situ) sowohl auf Wafer-Level sowie am einzelnen Bauteil durchzuführen:

- → Mixed-Signal-Testing
- → Parametrisches Testsystem
- → Elektro-optisches Testsystem für Mikro-Displays und Sensoren
- → Sensor-Aktor-Testsystem
- → Nicht-elektrischer Test
- → Optische Inspektion
- → CV-Analyse
- → Charakterisierung der Integrität und Zuverlässigkeit von Isolatoren

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/MEMSTechnologie

Ansprechpartner:
Fritz Herrmann, Technical Sales Manager
E-Mail: fritz.herrmann@ipms.fraunhofer.de
Telefon: +49 351 8823 46 12

Das CNT bietet umfassende Services der Halbleiterentwicklung- und Analyse an.

CENTER NANOELECTRONIC TECHNOLOGIES

Das CNT betreibt am Standort Königsbrücker Straße eine Infrastruktur für die Prozess- und Materialentwicklung auf 300 mm-Wafern. Die Arbeitsumgebung entspricht dem Industriestandard und ermöglicht Kunden eine kontaminationsfreie Ein- und Ausbringung von Wafern. Entwicklungen und neue Prozesse können dadurch risikolos und schnell in die Prozessabläufe der Auftraggeber integriert werden, um Herstellungskosten und Zeit zu sparen. Die Leistungsbandbreite reicht von Technologieentwicklung, elektrischer Charakterisierung über Zuverlässigkeitsprüfung, Evaluation von Anlagen bis hin zur umfangreichen Nanoanalytik. Die lokale Nähe zu den Fertigungslinien in Dresden und die enge Zusammenarbeit mit Industriepartnern machen das CNT dabei zu einem idealen Kooperationspartner. Zur Bearbeitung der Kundenaufträge stehen auf 800 m² Reinraumfläche (Klasse 6 nach ISO 14644-1) und 200 m² Laborfläche über 40 Prozessierungs- und Analytiktools zur Verfügung. Der Anlagenpark umfasst unter anderem Abscheide- und Ätzanlagen sowie Inspektions- und Analysegeräte zum Bestimmen von Defekten und dem Messen von Schichteigenschaften.
Im Jahr 2018 konnten der Reinraum des CNT um wichtige Anlagen erweitert werden. Beispielsweise wurde eine komplexe Anlage für PVD-Prozesse (Physical Vapour Deposition) der Firma Applied Materials installiert, die mit ihrer Multitarget-Bauweise in der Lage ist, vielfältige Technologien zu bedienen. Ein Schwerpunkt hierbei ist die Abscheidung von high-K Dielektrika sowie von Titannitrid-basierten Elektrodenschichten. Diese sind sowohl für die CNT-Aktivitäten im Bereich FeFET (ferroelektrische Feldeffekttransistoren) oder auch für MIM (metal insulator metal) Bauelemente notwendig. Darüber hinaus bieten sich mit der Anlage neue Möglichkeiten für Anwendungen aus dem Bereich Spintronik wie z. B. magnetische Speicher oder spinbasierte Sensorik.

SCREENING FAB
Die Fraunhofer Screening Fab bietet Halbleiter-Screening und Evaluierungen für Materialien, Prozesse, Chemikalien und Verbrauchsmaterialien vom Labor- bis zum Produktionsmaßstab für Ultra Large Scale Integration (ULSI) für IC-Hersteller und -Zulieferer an. Wir stellen unseren Kunden erfahrene Wissenschaftler, professionelles Wafer-Handling (ISO 9001) und modernste Ausrüstung für 200/300 mm-_ Wafer mit kurzen Durchlaufzeiten zur Verfügung, um Kosten und die Zeit bis zur Markteinführung zu reduzieren.

Fraunhofer Screening Fab für:

- → Verbrauchsmittel-Evaluierung
- → Entwicklung von Prozessen
- → Ultra Large Scale Integration (ULSI)
- → Pilotproduktion
- → Bewertung der Ausrüstung
- → Wafer-Dienstleistungen

Weitere Informationen:
https://www.screening-fab.com/

300 MM DEVICES AND VALUE ADDED SOLUTIONS

Das Fraunhofer IPMS entwickelt Bauelemente und deren Integration, um erweiterte Funktionalitäten von Chips zu erreichen. Dank starker Miniaturisierung durch eine effiziente Nutzung der Verdrahtungsebenen verbrauchen die Halbleiterchips weniger Energie und sind kostengünstiger. Der Fokus liegt dabei auf dem Einbetten von Speichern sowie aktiven und passiven Bauelementen. Zu diesem Zweck werden nichtflüchtige Speicher auf Basis von Ferroelektrika, MIM Kondensatoren, Varaktoren, Energie-Harvestern und Speichern sowie RF-Komponenten realisiert. Die Entwicklung der Einzelkomponenten erfolgt auf 300 mm-Wafer-Basis. Zusätzlich bieten wir die Entwicklung der notwendigen Integrationstechnologie, die modular auf vielfältige Chiptechnologien anwendbar ist

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/ValueAddedSolutions

Ansprechpartnerin:
Dr. Wenke Weinreich
Leiterin IoT Components & Systems
Tel.: +49 351 2607 3053
E-Mail: wenke.weinreich@ipms.fraunhofer.de

ANALYTIK FÜR DIE NANOELEKTRONIK

Das Fraunhofer IPMS bietet am CNT eine umfassende Analyse der Oberfläche von Halbleiterchips und Analyse-Experimente im Nanobereich. Damit können Prozesse zur Herstellung von Halbleiterchips besser verstanden und deren spätere Eigenschaften optimiert werden. Das Fraunhofer IPMS bietet Unternehmen dabei Kooperationsmöglichkeiten im Rahmen der industrienahen Forschung an.

Analyse-Services:

- → Rasterelektronenmikroskopie und verwandte Methoden (EDX, EBSD, TKD)
- → Photoelektronenspektroskopie
- → Rasterkraftmikroskopie (AFM, PFM)
- → Flugzeit-Sekundärionenmassenspektrometrie
- → Transmissionselektronenmikroskopie und verwandte Methoden (EDX, EELS, EFTEM)
- → Röntgenstrahlen-Beugung
- → Konfokale Mikroskopie
- → Porosimetrie

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/AnalyticalServices

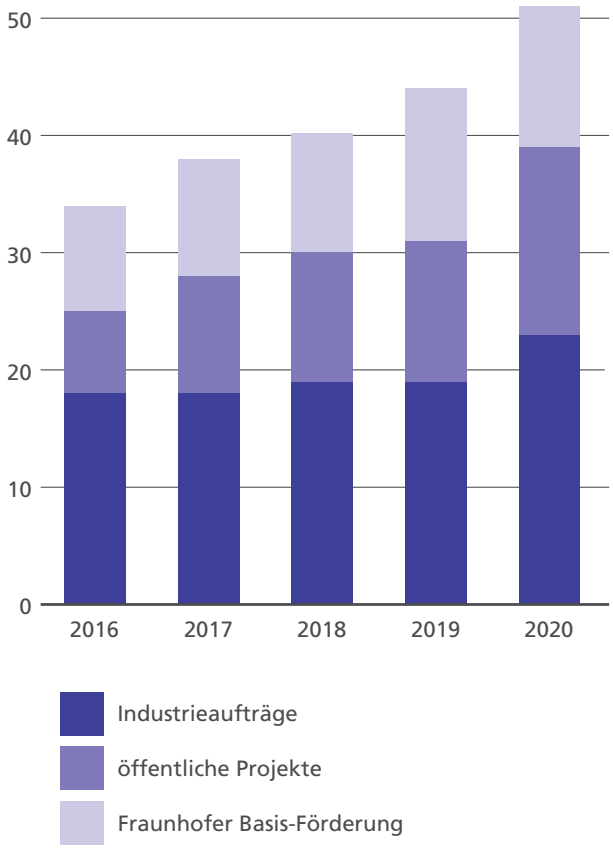
Ansprechpartner:
Dr. Benjamin Uhlig
Leiter Next Generation Computing NGC
Tel.: +49 351 2607 3064
E-Mail: benjamin.uhlig@ipms.fraunhofer.de

FRAUNHOFER IPMS IM PROFIL

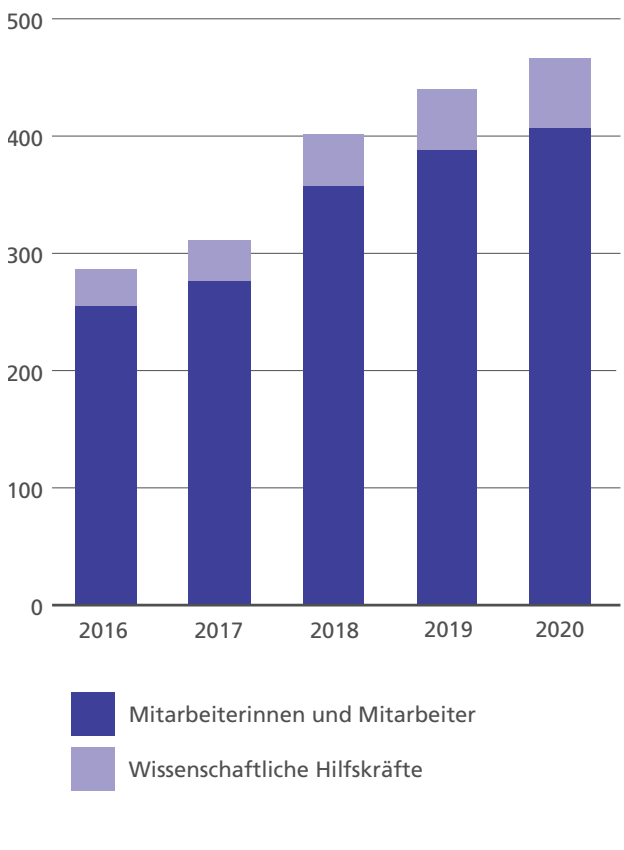
PM-1
PM-2
PM-3
PM-

DAS FRAUNHOFER IPMS IN ZAHLEN

BUDGET (IN MILLIONEN EURO)



MITARBEITERINNEN UND MITARBEITER



ANTEILIGE BETRIEBSEINNAHMEN

	2016	2017	2018	2019	2020
Industrie	51,0 %	48,6 %	47,0 %	42,7%	45,0 %
öffentliche Mittel	22,1 %	24,6 %	27,3 %	27,1 %	31,4 %
Gesamtertrag	73,1 %	73,2 %	74,3 %	69,8 %	76,4 %
Mitarbeitende	289	314	405	443	470

KURATORIUM

VERTRETER/INNEN DER WIRTSCHAFT

Konrad Herre
Vorsitzender des Kuratoriums,
Organic Electronics Saxony,
Vorsitzender

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

Prof. Dr. Thomas Mikolajick
NaMLab,
Wissenschaftlicher Direktor

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

Dr. Jürgen Rüstig
Independent Consultant

Dr. Hermann Schenk
Schenk Industry Consulting,
Geschäftsführer

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

VERTRETER/INNEN DER WISSENSCHAFT

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

Prof. Dr. Gerald Gerlach
TU Dresden, Institut für Festkörperelektronik,
Direktor

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

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

VERTRETER/INNEN DER ÖFFENTLICHEN HAND

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

Jürgen Berger
VDI/VDE Innovation+Technik GmbH,
Bereichsleiter

Dr. Claudia Herok
Ministerium für Wissenschaft, Forschung und Kultur Brandenburg,
Referatsleiterin

Dirk Hilbert
Landeshauptstadt Dresden,
Oberbürgermeister

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

MR Peter G. Nothnagel
Wirtschaftsförderungsgesellschaft Sachsen GmbH WFS,
Geschäftsführer

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

Dr. Tina Züchner
Bundesministerium für Bildung und Forschung, Referentin

FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT

Die Fraunhofer-Gesellschaft mit Sitz in Deutschland ist die weltweit führende Organisation für anwendungsorientierte Forschung. Mit ihrer Fokussierung auf zukunftsrelevante Schlüsseltechnologien sowie auf die Verwertung der Ergebnisse in Wirtschaft und Industrie spielt sie eine zentrale Rolle im Innovationsprozess. Sie ist Wegweiser und Impulsgeber für innovative Entwicklungen und wissenschaftliche Exzellenz. Mit inspirierenden Ideen und nachhaltigen wissenschaftlich-technologischen Lösungen fördert die Fraunhofer-Gesellschaft Wissenschaft und Wirtschaft und wirkt mit an der Gestaltung unserer Gesellschaft und unserer Zukunft.

Interdisziplinäre Forschungsteams der Fraunhofer-Gesellschaft setzen gemeinsam mit Vertragspartnern aus Wirtschaft und öffentlicher Hand originäre Ideen in Innovationen um, koordinieren und realisieren systemrelevante, forschungspolitische Schlüsselprojekte und stärken mit werteorientierter Wertschöpfung die deutsche und europäische Wirtschaft. Internationale Kooperationen mit exzellenten Forschungspartnern und Unternehmen weltweit sorgen für einen direkten Austausch mit den einflussreichsten Wissenschafts- und Wirtschaftsräumen.

Die 1949 gegründete Organisation betreibt in Deutschland derzeit 74 Institute und Forschungseinrichtungen. Rund 28.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, überwiegend mit natur- oder ingenieurwissenschaftlicher Ausbildung, erarbeiten das jährliche Forschungsvolumen von 2,8 Milliarden Euro. Davon fallen 2,3 Milliarden Euro auf den Leistungsbereich Vertragsforschung. Rund 70 Prozent davon erwirtschaftet Fraunhofer mit Aufträgen aus der Industrie und mit öffentlich finanzierten Forschungsprojekten. Rund 30 Prozent steuern Bund und Länder als Grundfinanzierung bei, damit die Institute schon heute Problemlösungen entwickeln können, die in einigen Jahren für Wirtschaft und Gesellschaft entscheidend wichtig werden.

Die Wirkung der angewandten Forschung geht weit über den direkten Nutzen für die Auftraggeber hinaus: Fraunhofer-Institute stärken die Leistungsfähigkeit der Unternehmen, verbessern die Akzeptanz moderner Technik in der Gesellschaft und sorgen für die Aus- und Weiterbildung des dringend benötigten wissenschaftlich-technischen Nachwuchses.

Hochmotivierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter auf dem Stand der aktuellen Spitzenforschung stellen für uns als Wissenschaftsorganisation den wichtigsten Erfolgsfaktor dar. Fraunhofer bietet daher die Möglichkeit zum selbstständigen, gestaltenden und zugleich zielorientierten Arbeiten und somit zur fachlichen und persönlichen Entwicklung, die zu anspruchsvollen Positionen in den Instituten, an Hochschulen, in Wirtschaft und Gesellschaft befähigt. Studierenden eröffnen sich aufgrund der praxisnahen Ausbildung und des frühzeitigen Kontakts mit Auftraggebern hervorragende Einstiegs- und Entwicklungschancen in Unternehmen.

Namensgeber der als gemeinnützig anerkannten Fraunhofer-Gesellschaft ist der Münchner Gelehrte Joseph von Fraunhofer (1787–1826). Er war als Forscher, Erfinder und Unternehmer gleichermaßen erfolgreich.

Weitere Informationen:
www.fraunhofer.de

NETZWERKE

Das Fraunhofer IPMS engagiert sich in zahlreichen Netzwerken, um den Wissenstransfer und die Bündelung von Kompetenzen im Bereich der Mikrosystemtechnik zu ermöglichen. Darüber hinaus engagiert sich das Fraunhofer IPMS in verschiedenen Branchenverbänden.

www.ipms.fraunhofer.de/netzwerke

FRAUNHOFER VERBUND MIKROELEKTRONIK

Der Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik – 1996 gegründet – ist ein Forschungs- und Entwicklungsanbieter für Smart Systems. Als Teil der Fraunhofer-Gesellschaft, der größten Organisation für anwendungsorientierte Forschung in Europa, bündelt er langjährige Erfahrung und die Expertise von ca. 3.000 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus derzeitig elf Fraunhofer-Instituten, plus fünf Gastinstituten aus anderen Fraunhofer-Verbünden.
Im Verbund wird gemeinsam international vernetzte Spitzenforschung in der Mikro- und Nanoelektronik sowie in der Mikrosystem- und Kommunikationstechnik umgesetzt. Mit einer weltweit einzigartigen Kompetenzvielfalt schlägt der Verbund eine Brücke zwischen Grundlagenforschung und Produktentwicklung, um die Innovationskraft Deutschlands und Europas entscheidend voranzutreiben.

Weitere Informationen:
https://www.mikroelektronik.fraunhofer.de/

Fraunhofer MIKROELEKTRONIK

FORSCHUNGSFABRIK MIKROELEKTRONIK DEUTSCHLAND

Das Fraunhofer IPMS ist seit April 2017 Teil der bundesweit koordinierten Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland (FMD). Dieses Forschungsnetzwerk ist mit 13 Mitgliedern und über 2.000 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern der größte FuE-Zusammenschluss für die Mikro- und Nanoelektronik in Europa. In den vergangenen zweieinhalb Jahren konnten in Kombination mit der FMD erfolgreiche Projektbeteiligungen etabliert und Aufträge abgeschlossen werden. Für das Jahr 2019 lassen sich Projekte mit einem Volumen von 66,8 Millionen Euro auf Basis der FMD-Investitionen identifizieren. Der Anteil der reinen Industrieprojekte in 2019 liegt bei über 17 Millionen Euro, was die Bedeutung dieser einzigartigen Kooperation der deutschen Mikroelektronikforschung für die Industrie unterstreicht.

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

Weitere Informationen:
https://www.forschungsfabrik-mikroelektronik.de

Forschungsfabrik Mikroelektronik Deutschland

PATENTE UND PUBLIKATIONEN

PATENTE

Ob neuartige MEMS-basierte Biegeaktoren, IP-Cores oder weltweit einzigartige Flächenlichtmodulatoren mit einzeln auslenkbaren Kipp-Spiegeln – das Fraunhofer IPMS steht für Innovationen im Bereich optischer Sensoren und Aktoren, ASICs, Mikrosysteme sowie Nanoelektronik. Das Fraunhofer IPMS hat derzeit 313 angemeldete Patente. Davon sind 77 Patentanmeldungen offengelegt und 236 Patente erteilt.

Mehr über unsere Patentanmeldungen unter:
https://s.fhg.de/IPMS-Patents

PUBLIKATIONEN

Am Fraunhofer IPMS wird exzellent geforscht. Das belegen die zahlreichen Publikationen, die Wissenschaftler des Fraunhofer IPMS 2019 veröffentlicht haben. Ein Highlight im Jahr 2019 war die Veröffentlichung im Fachblatt Nature Microsystems and Nanoengineering zum Thema MEMS Lautsprecher ohne Membran. Wissenschaftler des Fraunhofer-Instituts für Photonische Mikrosysteme in Dresden und Cottbus stellten darin zusammen mit der Brandenburgisch Technischen Universität Cottbus-Senftenberg (BTU) ein neues, leistungseffizientes Schallwandlerprinzip auf Basis von NED-Biegeaktoren detailliert vor.

Weitere Publikationen finden Sie auf:
https://s.fhg.de/IPMS-Papers

DIPLOMARBEITEN

Implementierung eines Regelalgorithmus mit einem Raspberry-Pi
Vincent Fraass, HTW Dresden
Betreuer: Dr. Michael Faulwaßer

Ein Beitrag zum Entwurf vibrationsbelasteter Mikroscanner
Oliver Kiethe, TU Dresden
Betreuer: Dr. Richard Schroedter, Dr. Ulrich Todt

Untersuchung zum Einfluss der Signaleigenschaften der Treiberstufe beim Antrieb von resonanten MEMS-Scannern
Lutz Penthin, HTW Dresden
Betreuer: Dr. Markus Schwarzenberg

Impedanzspektroskopie elektrostatischer MEMS-Lautsprecher
Barbara Spitz, TU Dresden
Betreuer: Lutz Ehrig

Entwicklung eines optischen Messplatzes zur präzisen und hochdynamischen Bestimmung des zweidimensionalen Kippwinkels von 2-D-Mikrospiegeln als Referenzmesssystem einer Echtzeitregelung
Friedrich Stolba, TU Dresden
Betreuer: Dr. Thilo Sandner

KOOPERATIONEN

MASTERARBEITEN

Realisierung eines True Random Number Generators (TRNG) für Low-Power-Anwendungen in CMOS-Technologie
Feng Liu, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg
Betreuer: Raik Fiedler

Investigation of Gas Flow Regulation and Generation of Active Microfluidic MEMS-Devices
Laxmi Mahati Karra, Ernst-Abbe-Hochschule Jena
Betreuer: Linus Elsässer

Akustische Charakterisierung eines MEMS-Lautsprechers im Frequenzbereich über 10 kHz
Felix Koslowski, TU Berlin
Betreuer: Lutz Ehrig

Processing and Characterisation of Poly(triarylamine) Field-Effect Transistors
Danilo Ocana Garcia, TU Chemnitz
Betreuer: Dr. Olaf Rüdiger Hild

Evaluation of Organic Semiconductor Deposition and Electrical Characterization of Organic Field Effect Transistors
Sachin Raykar, TU Dresden
Betreuer: Dr. Olaf Rüdiger Hild

A Social Media Strategy as Part of Content Marketing for the Business Unit Wireless Microsystems at the Fraunhofer Institute for Photonic Microsystems
Rebekka Wiele, Fachhochschule Südwestfalen
Betreuerin: Monika Beck

Characterisation of Ferroelectric Thin Films with Scanning Probe Mikroskope Methods
Mahsa Norouzi Kalkani, TU Chemnitz
Betreuer: Dr. Thomas Kämpfe, Dr. Ramona Ecke

WISSENSCHAFTS-KOOPERATIONEN

Das Fraunhofer IPMS engagiert sich aktiv für den Transfer der angewandten Forschung in die Wissenschaft und Lehre. Durch die Professuren seiner Institutsleiter Prof. Dr. Hubert Lakner und Prof. Dr. Harald Schenk sowie von Gruppenleiter Prof. Dr. Dirk Reichelt ist das **Fraunhofer IPMS** eng mit der **Technischen Universität Dresden** sowie darüber hinaus mit der **Brandenburgischen Technischen Universität Cottbus-Senftenberg** sowie der **Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden** verbunden. Diese enge Verzahnung ist neben den Geschäftsbeziehungen mit der Wirtschaft und der Vernetzung mit anderen Fraunhofer-Instituten im Verbund Mikroelektronik eine zentrale Säule des Fraunhofer Erfolgsmodells. Während die Hochschulen ihre Innovationsfähigkeit und Kompetenz in der Grundlagenforschung in die Kooperation einbringen, leistet das Fraunhofer IPMS anwendungsorientierte Forschungsarbeit und steuert seine Kontakte zu Wirtschaftsunternehmen, technischer Ausstattung und Marktexpertise bei. Studierende erhalten so nicht nur eine fundierte theoretische, sondern auch eine praxisnahe Ausbildung.

Weitere Informationen:
https://s.fhg.de/Kooperationen

Im EU-Projekt PhasmaFOOD wurde ein mobiles System zur Analyse von Lebensmitteln entwickelt.

ABGESCHLOSSENE ÖFFENTLICHE PROJEKTE

PHASMAFOOD

Projektlaufzeit: 01.01.2017 – 31.12.2019
Fördermittelgeber: EU Horizon 2020

Im Rahmen des Projektes PhasmaFOOD wurde ein mobiles Analysesystem zur Lebensmittelcharakterisierung entwickelt. Dabei wurde ein System aus UV/VIS-Fluoreszensspektroskopie und komplementärer MEMS-basierter NIR-Spektroskopie entwickelt und implementiert. Ergänzt wird das System durch eine visuelle Bilderfassung der zu analysierenden Proben. Das Fraunhofer IPMS leitete im Rahmen des EU-Projekts die Aktivitäten des System Designs (Optikdesign, Elektronikdesign, opto-mechanische Konstruktion) und steuerte seine Expertise zu allen photonischen Themenstellungen bei. Als MEMS-Komponente des Fraunhofer IPMS wurde ein Scanning-grating basierter Chip implementiert.

PRIME

Projektlaufzeit: 01.05.2016 – 01.09.2019
Fördermittelgeber: EU

Im ECSEL-Vorhaben PRIME wurde über die Laufzeit von 40 Monaten eine Ultra-Low-Power-Technologie mit allen notwendigen Designblöcken und integrierten Bauelementen für die Bereitstellung neuartiger „Internet of Things"–Produkte entwickelt und zur Demonstrationsreife gebracht. Anwendungsschwerpunkte der entwickelten Systembausteine liegen in der Medizintechnik, Landwirtschaft, Smart-Home und Sicherheitstechnik. Das Fraunhofer IPMS beteiligte sich am Projekt im Bereich nichtflüchtige Speicherkonzepte, Prozesscharakterisierung, Bewertung alternativer nicht-toxischer Reinigungsprozesse sowie elektrische Charakterisierung und Bewertung von Grenzflächendefekten an FDSOI-Transistoren.

ADMONT

Projektlaufzeit: 01.05.2015 – 30.04.2019
Fördermittelgeber: EU

Das ECSEL-Projekt ADMONT befasste sich mit dem Aufbau einer Pilotlinie, deren Technologiemodule nicht in einem Reinraum lokalisiert, sondern über verschiedene Partner am Standort Dresden verteilt sind. Damit können potenzielle Kunden aus einer Hand eine offene Technologieplattform entlang der gesamten Wertschöpfungskette vom Siliziumwafer bis zum fertigen System am Standort Dresden erhalten. Das Projekt ADMONT – „Advanced Distributed Pilot Line for More-than-Moore Technologies" – konzentrierte sich dabei auf eine leistungsfähige und vielseitige More-than-Moore (MtM)-Pilotlinie für Europa, die die Diversifizierung der CMOS-Prozesstechnologien erhöht.

NED-VAMP

Projektlaufzeit: 01.06.2016 – 31.12.2019
Fördermittelgeber: Europäische Fonds für Regionale Entwicklung (EFRE)

Fluidische Systeme sind ein wesentlicher Bestandteil der Entwicklung komplexer Systeme.
Ziel des Projekts NED-VAMP (Nano-Electrostatic Drive Valve And Micropump) war die Validierung des Konzeptes fluidischer Komponenten durch die Verwendung von NED-Aktoren als Antrieb. Um dies zu erreichen, wurden MEMS-Teststrukturen, die sowohl einen Fluss erzeugen (Mikropumpe) als auch regulieren (Mikroventil), entworfen und hergestellt. Anschließend wurden diese Komponenten unter variierendem Druck getestet, um ihr Strömungsverhalten zu bewerten. Die Kombination von Komponenten wurde auch zur Realisierung komplexer Arbeitsabläufe eingesetzt, um die Komponenten unter realen Bedingungen zu bewerten.

GESTARTETE ÖFFENTLICHE PROJEKTE

POLAR

Projektlaufzeit: 01.5.2019 – 30.04.2022
Fördermittelgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Ziel des Projektes POLAR ist die Entwicklung eines neuartigen, kostengünstigen Infrarot-Sensors auf der Basis von modernen MEMS-Technologien. Erstmals soll dafür als aktives Material dotiertes Hafniumoxid zur Anwendung kommen. Nachdem erste Forschungsergebnisse vorteilhafte Eigenschaften für die Infrarot-Detektion festgestellt haben, sollen im Rahmen des Projektes ein Sensorchip sowie darauf aufbauend ein Demonstrator zur Raumluftüberwachung entwickelt werden. Dabei ist von Vorteil, dass Hafniumoxid gegenüber bisher verwendeten Materialen ungiftig und mit der Halbleiterfertigung kompatibel ist.

ADELIA

Projektlaufzeit: 01.10.2019 – 30.09.2020
Fördermittelgeber: Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

Um zukünftige Anwendungen der Künstlichen Intelligenz ressourcen- und umweltschonend zu ermöglichen, sind effiziente Energiekonzepte entscheidend. Das Projekt ADELIA, das am Sprunginnovationswettbewerb „Energieeffizientes KI-System" des BMBF beteiligt ist, erarbeitet Lösungen für energieeffiziente KI-Berechnungen am Beispiel der Detektion von Vorhofflimmern in EKG-Daten. Gemeinsam mit dem Fraunhofer IIS entwickelt das Fraunhofer IPMS einen ASIC in der 22FDX-Technologie von Globalfoundries, der ein tiefes neuronales Netz effizienter analog berechnet, welches mit hoher Genauigkeit das Vorhandensein von Vorhofflimmern erkennt.

TEMPO

Projektlaufzeit: 01.10.2019 – 30.09.2020
Fördermittelgeber: EU, Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF)

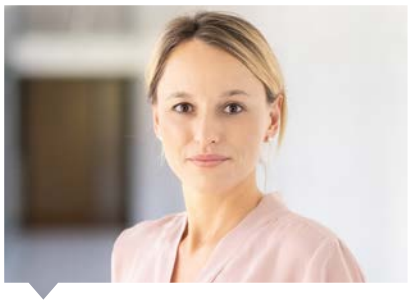
Das Projekt TEMPO befasst sich mit der Entwicklung und Evaluierung stromsparender Neuromorphic Computing Chips im 22 nm FDSOI-Technologieknoten. Die Forschenden setzen dabei neue integrierte Speichertechnologien in innovativen Konzepten für die Realisierung analoger und digitaler neuromorpher Schaltungen ein. Die Speicher- und Chipentwicklung wird hierbei durch alle Verwertungsebenen von der angewandten Forschung über die IP-Generierung bis hin zu integrierten Systemen getrieben. Ziel ist es, für bestehende mobile und portable Sensorsysteme eine Signalverarbeitung zu entwickeln, die eine Reduzierung der Leistungsaufnahme um einige Größenordnungen ermöglicht.

DOSIS

Projektlaufzeit: 01.02.2019 – 01.02.2022
Fördermittelgeber: SAB

Ziel von DoSIs ist es, eine auf der Ionenmobilität beruhende Analysemethode so zu erforschen, dass die Kernkomponenten für eine Vielzahl an Anwendungen in Form eines Ionenmobilitätsspektrometers (IMS) nutzbar sind. Am Beispiel von Referenzsystemen soll ein grundlegender Funktionsnachweis an einem Laboraufbau erfolgen und erforderliche Erkenntnisse für die nachfolgende anwendungsorientierte Entwicklung liefern. Der angestrebte Aufbau bietet über das Projektende hinaus das Potenztial, in eine produktnahe Entwicklung von neuartigen Geräten einzusteigen, die dann in Bereichen wie Atemgasanalytik, Umweltanalytik und ziviler Sicherheit einsetzbar sein sollen.

ANSPRECHPARTNER UND SERVICE



Linda Fischer

Standort: Dresden
Tel.: +49 351 8823 303
linda.fischer@ipms.fraunhofer.de

Human Resources Development & Recruiting – HRD

In der Abteilung Human Resources Development & Recruiting (HRD) dreht sich alles um Talent- und strategisches Personalmanagement. Angefangen vom Recruiting über die Personal- und Organisationsentwicklung bis zur Nachfolgeplanung sorgt HRD für die richtige Work Life Balance.

Dr. Ulrich Wende

Standort: Dresden
Tel.: +49 351 8823 406
ulrich.wende@ipms.fraunhofer.de

Qualitätsmanagement – QM

Das Team der Gruppe Qualitätsmanagement in der Abteilung Quality and Test unterstützt das IPMS bei der Aufrechterhaltung und Überwachung der Wirksamkeit des bestehenden QM-Systems nach ISO9001 und dessen stetiger Weiterentwicklung. Des Weiteren begleitet QM methodisch die Geschäftsfelder und Abteilungen bei der Gestaltung und Verbesserung ihrer Prozesse, der Konformität ihrer Produkte und Dienstleistungen sowie der finalen Qualitätsbewertung.

Aron Guttowski

Standort: Dresden
Tel.: +49 351 8823 229
aron.guttowski@ipms.fraunhofer.de

Business Development – BD

Die Abteilung Business Development steht für Kommunikation, Kunden, Akquise, Anwendungen und Ideen für Innovationen. Die Abteilung unterstützt die einzelnen Geschäftsfelder bei der Kundenarbeit und kümmert sich um die Presse- und Öffentlichkeitsarbeit des Instituts.

Dr. Sebastian Meyer

Standort: Dresden
Tel.: +49 351 8823 137
sebastian.meyer@ipms.fraunhofer.de

Environmental Sensing – ENV

Die von Dr. Sebastian Meyer geführte Abteilung Environmental Sensing entwickelt sensorische Bauelemente, Komponenten und Subsysteme für die Messung unterschiedlicher physikalischer und chemischer Parameter wie den pH-Wert oder die Resonanzfrequenzänderung eines akustischen Wandlers. Das Anwendungsspektrum reicht von der Lebensmittelüberwachung, der Wasser- und Bodenanalytik, der industriellen Messtechnik bis hin zur Medizintechnik.

Standort: Cottbus
Tel.: +49 355 69 3210
sebastian.meyer@ipms.fraunhofer.de

Integrated Silicon Systems – ISS

Am Fraunhofer Institutsteil IPMS-ISS in Cottbus werden die Forschungsschwerpunkte Nano-E-Drive-Aktoren, insbesondere für Mikrofluidanwendungen, und Terahertz Mikromodule bearbeitet. Dabei wird von der lokalen Nähe zur BTU profitiert.

Holger Conrad

Standort: Dresden & Cottbus
Tel.: +49 351 8823 410
holger.conrad@ipms.fraunhofer.de

Monolithically Integrated Actuator & Sensor Systems – MAS

Das Geschäftsfeld MAS bringt die neu entwickelten Nano-E-Drive (NED)-Mikroaktoren in verschiedene Anwendungen. Dazu gehören unter anderem die auf den NED-Aktoren basierenden MEMS-Mikrolautsprecher. Sie besitzen das Potenzial, den Markt der Hearables, Hörgeräte und In-Ear-Headsets entscheidend zu bereichern. Darüber hinaus entwickelt das Geschäftfeld Mikropumpen und Mikroventile auf Basis der Nano-E-Drive-Technologie.

Dr. Frank Deicke

Standort: Dresden
Tel.: +49 351 8823 385
frank.deicke@ipms.fraunhofer.de

Wireless Microsystems – WMS

Unter Leitung von Dr. Frank Deicke entstehen im Geschäftsfeld WMS produktnahe Teil- und Komplettlösungen für kunden- und applikationsspezifische Problemstellungen. Technologischen Schwerpunkt bildet vor allem die Entwicklung von Komponenten für die optisch drahtlose Kommunikation (Li-Fi) und den wartungsfreien, batterielosen RFID-Sensorknoten sowie die Realisierung von IP-Designs für industrielle Kommunikationslösungen und Automotive-Kommunikation. Das Geschäftsfeld entwickelt darüber hinaus auch kundenspezifische Lösungen für Track and Trace, Big Data sowie die Datenanalyse.

ANSPRECHPARTNER UND SERVICE

Dr. Jan Grahmann

Standort: Dresden
Tel.: +49 351 8823 349
jan.grahmann@ipms.fraunhofer.de

Active Microoptical Components & Systems – AMS

Dr. Jan Grahmann entwickelt in seinem Geschäftsfeld aktive mikrooptische Komponente und Systeme. Dazu zählt zum einen die Entwicklung kundenspezifischer elektrostatisch angetriebener, resonanter und quasistatischer Microscanner-Spiegel, sowie die Entwicklung von anwenderspezifischen variablen Wellenleitern und adaptiven Mikrolinsen. Der Anwendungsbereich erstreckt sich von Strichcode-Lesesystemen über die 3-D-Messtechnik bis hin zur Laserprojektion.

Dr. Michael Wagner

Standort: Dresden
Tel.: +49 351 8823 225
michael.wagner@ipms.fraunhofer.de

Spatial Light Modulators – SLM

Das Geschäftsfeld um Dr. Michael Wagner befasst sich mit Flächenlichtmodulatoren. Diese bestehen aus der matrixartigen Anordnung einer großen Anzahl von Mikrospiegeln auf einem Halbleiterchip. Zusätzlich entwickelt das Team von SLM die Ansteuerelektronik für Spiegelarrays inklusive der Software. Diese Spiegelarrays finden Anwendung in der hochauflösenden schnellen Modulation von Licht, wie z.B. in der Projektion von Graustufenmustern in Echtzeit oder der Wellenfrontformung in adaptiv-optischen Systemen.

Prof. Dr. Joachim Wagner

Standort: Dresden
Tel.: +49 351 8823 369
joachim.wagner@ipms.fraunhofer.de

Leistungszentrum „Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik“

Mit dem Leistungszentrum Mikro/Nano wurde eine institutsübergreifende Plattform für die Kernkompetenzen Systemdesign, Komponenten- und Fertigungstechnologien, Systemintegration sowie Zuverlässigkeitsbewertung geschaffen. Diese Kernkompetenzen werden genutzt, um FuE-Themen mit hoher Industrierelevanz zu bearbeiten. Diese sind z.B. neue Materialien für Funktionalitäten, modulare heterogene Wafersysteme oder Plattformen für Ultraschallsensorik.

Dr. Michael Scholles

Standort: Erfurt
Tel.: +49 361 66338 151
michael.scholles@ipms.fraunhofer.de

Projektzentrum „Mikroelektronische und Optische Systeme für die Biomedizin“– MEOS

Das Projektzentrum „Mikroelektronische und Optische Systeme für die Biomedizin“ umfasst die interdisziplinäre Arbeit der drei Fraunhofer-Institute IPMS, IOF und IZI am Standort Erfurt. Ziele der Arbeit sind der Einsatz und die Weiterentwicklung von Schlüsseltechnologien in Bereichen wie Biowissenschaften, Mikroelektronik, Optik und Photonik, sowie die enge Zusammenarbeit mit der Wirtschaft an neuen biomedizinischen Anwendungen.

Dr. Matthias Schulze

Standort: Dresden
Tel.: +49 351 8823 335
matthias.schulze@ipms.fraunhofer.de

Engineering – ENG

Das Team von Engineering, unter der Leitung von Dr. Matthias Schulze, bietet seinen Kunden den kompletten Service für die Entwicklung von mikro-elektro-mechanischen Systemen (MEMS) und mikro-opto-elektro-mechanischen Systemen (MOEMS) auf jeweils 200 mm-Wafern.

Dies umfasst die technologische Entwicklung und Betreuung der MEMS-Technologien, von Einzelprozessen über Technologiemodule bis hin zur kompletten Technologie sowie der Betreuung von Anlagen im Reinraum. Auf Kundenwunsch kann ebenfalls noch die Pilotierung übernommen und der Technologietransfer unterstützt werden.

Thomas Zarbock

Standort: Dresden
Tel.: +49 351 8823 372
thomas.zarbock@ipms.fraunhofer.de

Fabrication – FAB

Die Abteilung Fabrication unter Thomas Zarbock ist interner und externer Dienstleister für FuE- sowie Pilotfertigungsprojekte des Instituts. Als Betreiber des modernen und Industriestandards entsprechenden Reinraums realisiert sie in enger Zusammenarbeit mit der Abteilung Engineering die Prozessierung von MEMS und MOEMS. Das Leistungsangebot umfasst die Waferprozessierung, Aufbau- und Verbindungstechnik sowie die Organisation von externen Dienst- und Zulieferleistungen.

ANSPRECHPARTNER UND SERVICE

Dr. Wenke Weinreich

IOT Components & Systems

Standort: Dresden
Tel.: +49 351 2607 3053
wenke.weinreich@ipms.fraunhofer.de

Dr. Benjamin Uhlig

Next Generation Computing – NGC

Standort: Dresden
Tel.: +49 351 2607 3064
benjamin.uhlig@ipms.fraunhofer.de

Center Nanoeletronic Technologies

Das „Center Nanoelectronic Technologies“ (CNT) untergliedert sich in die beiden Geschäftsfelder Next Generation Computing (NGC) und IOT Components & Systems (IOT), welche Halbleitertechnologien auf 300 mm-Wafern entwickeln und an der Integration innovativer Funktionalitäten in bestehende CMOS-Plattformen arbeiten. Einen Schwerpunkt bildet zurzeit die Forschung an neuartigen Speicherkonzepten und Hochfrequenz-Bauelementen auf Basis ferroelektrischer, CMOS-kompatibler Materialien. Weiterhin wird an energieeffizienten Powermanagement-Systemen gearbeitet, die Feststoffbatterien, Harvester und eingebettete Kondensatoren zusammenführen.

Für seine Forschung nutzt das CNT einen flexibel nutzbaren Anlagenpark und eine breite Palette an Prozessen. Unser Screening-Fab-Konzept ermöglicht Verbrauchsmittellieferanten, Anlagenherstellern und Halbleiterfirmen, neue Materialien und Herstellungsprozesse zu erproben. Das Service-Angebot reicht von der Qualifikation von Herstellungsschritten wie Reinigung oder Ätzung, Kupfer-Plating und CMP bis zur Evaluierung neuer Präkursoren für die Atomlagenabscheidung. Zusätzlich bietet das CNT ein weites Spektrum an Methoden für die physikalische Fehleranalyse und die elektrische Charakterisierung von Halbleiterbauelementen.

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-INSTITUT FÜR PHOTONISCHE MIKROSYSTEME IPMS – CENTER NANOELECTRONIC TECHNOLOGIES CNT
Königsbrücker Straße 178
01099 Dresden
Telefon: +49 351 2607 3069
Fax: +49 351 2607 3005
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 692483
E-Mail: info@ipms.fraunhofer.de
Internet: www.ipms-iss.fraunhofer.de

FRAUNHOFER-PROJEKTZENTRUM MIKROELEKTRONISCHE UND OPTISCHE SYSTEME FÜR DIE BIOMEDIZIN
Herman-Hollerith-Straße 3
99099 Erfurt
Telefon: +49 361 66338 150
E-Mail: meos@ipms.fraunhofer.de
Internet: www.meos.fraunhofer.de

IMPRESSUM

© Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS, Dresden 2020

Rechte
Alle Rechte vorbehalten. Nachdruck nur mit Genehmigung der Institutsleitung.

Redaktion
Fraunhofer IPMS

Fotos
Fraunhofer IPMS
Seite 8: Fraunhofer-Gesellschaft/red_gradient_©Fraunhofer_IOF18_Quilt_Photonenquelle
Seite 12: BTU Cottbus-Senftenberg
Seite 16/17: Shutterstock/pop tika/shutterstock_1159171741
Seite 18: Fraunhofer IPMS/© HTW Dresden 2017 - Peter SEBB
Seite 19: Shutterstock/cybrain/shutterstock_506790403
Seite 20: Shutterstock/Jenson1559555006096
Seite 22/23: Shutterstock/metamorworks/1043682535
Seite 24: Shutterstock/temp-64 GTX/1144327934
Seite 25: Shutterstock/metamorworks/1558342230120
Seite 27: Shutterstock/Gorodenkoff/1031105431
Seite 30: Shutterstock/Andrey_Popov/1246981141
Seite 30: Shutterstock/GermanVectorPro/1366160168
Seite 32: Adobe Stock/Gorodenkoff Productions OU/166977148

Grammatikalisch maskuline Personenbezeichnungen gelten gegebenenfalls gleichermaßen für Personen jeden Geschlechts.

DEKRA zertifiziert
Qualitätsmanagement
ISO 9001
www.dekra-siegel.de