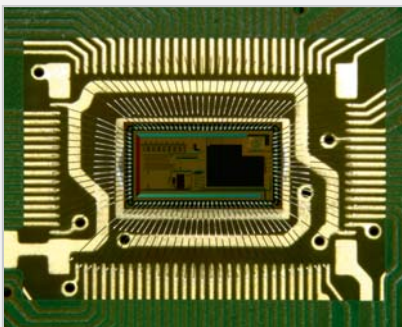


Nano-HySiF – Nanokontakte für flexible Elektronik

Mit Nanokontakten werden ultradünne Chips wie mit einem Klettverschluss auf flexible Folien appliziert. In Kooperation mit dem Partner NanoWired wird die Technologie für Anwendungen in flexiblen elektronischen Systemen für die Medizintechnik erforscht und erprobt.

Nano-HySiF Seite 2

PanaMEA – ASIC für ein Miniatur-Pankreas-Implantat



In dem vom BMBF geförderten Projekt wird am IMS ein ASIC für ein Miniatur-Pankreasimplantat entwickelt. Ein einzigartiges Merkmal des Designs ist eine integrierte Lösung für die FOPP (Fraction of Plateau Phase)-Erkennung von Betazellenaktivitäten. Durch einen intelligenten Ansatz werden die Entwicklungskosten auf ein Minimum reduziert; dadurch entsteht ein stromsparendes System, das für die hochentwickeltere Überwachung der Betazellenaktivität eingesetzt werden kann.

PanaMEA

Seite 3

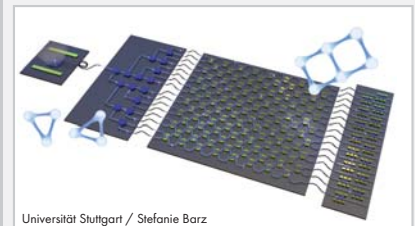
IMS CHIPS als Verbundpartner zur Herstellung integrierter Schaltungen der nächsten Generation

Um die wachsende Nachfrage nach mehr Rechenleistung insbesondere im Bereich der vernetzten Geräte bedienen zu können, müssen bereits heute die Technologien zur Herstellung von Höchstleistungschips im 2-nm Verfahren entwickelt werden. Bis zum Jahr 2025 sollen die Voraussetzungen für die Massenproduktion geschaffen sein. IMS CHIPS unterstützt die Arbeiten zur Etablierung des 2-nm Knoten im Rahmen des Ecsel-Projekts ID2PPAC.

ID2PPAC

Seite 3

PhotonQ – Messbasierter und skalierbarer Quantenprozessor



Universität Stuttgart / Stefanie Barz

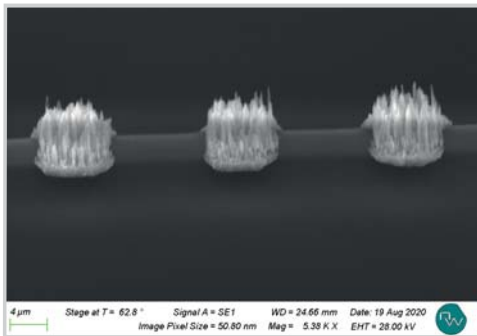
Im Projekt PhotonQ, gefördert vom BMBF, soll mit Universitätspartnern ein messbasierter und skalierbarer Prozessor für einen photonischen Quantencomputer entwickelt und erforscht werden. Das Herz des Quantenprozessors ist ein integrierter photonischer Chip, der am IMS entwickelt wird. Dazu sollen neuartige Phasenschieber, integrierte optische Schaltungen und die optische Verbindungstechnik untersucht werden.

PhotonQ

Seite 4

Neue Kontaktierungstechnik für flexible Systeme

Nanokontakte für zuverlässige Integration von ultradünnen Siliziumchips in flexible Folien



Flexible elektronische Systeme erobern insbesondere in den Bereichen Medizintechnik und Life Style Produkte zunehmend Marktsegmente und ermöglichen eine Vielzahl neuer Produkte. Getrieben wird die Entwicklung von medizinischen Applikationen, beispielsweise Kathetern, die ausgerüstet mit Sensorfunktionen erhebliche Verbesserungen der Arbeitsabläufe und damit von Betriebssicherheit und Patientenschutz ermöglichen. Möglich wird dies nur durch die Integration leistungsfähiger Siliziumkomponenten (Sensoren, ASICs und Mikroprozessoren) in die flexible Folie, denn die erforderliche Funktionalität kann nicht allein mit Dünnschichtkomponenten erzielt werden. Am IMS werden diese Hybriden Systeme in Folie (HySiF) mit eingebetteten rückgedünnten Siliziumchips seit Jahren erforscht. Mit der patentierten Chip-Film Patch (CFP) Technologie konnten flexible Multichip-Module mit eingebetteten ASICs und Mikrocontrollern in Kombination mit gedruckten Sensoren und anderen Dünnschichtkomponenten hergestellt werden. Die waferbasierte und CMOS-kompatible CFP Technologie ermöglicht Chipverbindungen mit Pad-Größen $< 10 \mu\text{m}$ und kleinen Pad-Abständen unter Verwendung adaptiver Layout-Prozesse mit Laser-Direktschreiben. Entscheidend ist hier vor allem die zuverlässige Ankontaktierung der verschiedenen Komponenten (Sensoren, ICs) in das flexible System. Im CFP Prozess erfolgt dies ebenso wie bei Halbleiterprozessen mit Sputter- und Ätzprozessen sowie lithografischen Strukturierungen. Im Projekt Nano-HySiF wird ein anderer Weg unter Verwendung von Nanokontakten untersucht. Gemeinsam mit der hessischen Firma NanoWired arbeitet das IMS seit 2021 an der Integration ultradünner Siliziumchips in flexible Foliensysteme. Nanowiringsteingalvanischer Prozess, der bei Raumtemperatur einen metallischen Rasen auf

Kontaktflächen erzeugt. Die haarfeinen Metallstäbchen können je nach Anwendung und Kontaktgröße bis zu einigen Mikrometern lang sein. Die Kontaktdurchmesser, die mit einer Nanowiring-Struktur hergestellt werden können, liegen zwischen $3 \mu\text{m}$ und mehreren Millimetern. Die Materialien dieser Nanowiring-Strukturen bestehen in der Regel aus Kupfer, können aber auch aus Gold, Silber, Nickel oder Platin hergestellt werden. Sind die Nanowiring-Strukturen erst einmal auf den Substraten erzeugt, stehen dem Anwender verschiedene Verbindungsmethoden zur Verfügung, für die NanoWired die Prozessbezeichnungen „Klett-Welding, Klett-Sintering, Klett-Glueing“ eingeführt hat. Befinden sich auf beiden Werkstücken zur Kontaktierung Nanokontakte, kann der Fügeprozess bereits bei Raumtemperatur erfolgen. Die Nanostrukturen bilden ähnlich wie bei Klettverschlüssen mechanische und so auch elektrische Verbindungen. Mit veränderten Fügeparametern (Temperatur und Druck) können auch Systeme verbunden werden, die nur auf einer Seite des Kontakts Nanostrukturen aufweisen. Für Chipaufbauten auf starren Systemen konnten elektrische Widerstände von $< 1 \mu\text{Ohm}/\text{mm}^2$ und Wärmeleitfähigkeiten von $350 \text{ W}/\text{mK}$ bei Festigkeiten von bis zu 60 MPa erreicht werden. Die Ankontaktierung rückgedünnter und damit biegsamer Siliziumchips stellt natürlich eine besondere Herausforderung für die Aufbautechnik dar, bietet aber eine Vielzahl von Vorteilen für die hybride Integration. So wird durch die Face-down-Montage der Chips auf die vorbereitete Folie der Prozess erheblich vereinfacht, aufwändige Via-Ätzprozesse auf den eingebetteten Chips entfallen. Mit den bereits nachgewiesenen kleinen Kontaktgrößen und -pitches $< 10 \mu\text{m}$ und geringen Temperaturanforderungen ermöglicht die NanoWired-Technologie dazu die direkte Montage kleiner Chipllets mit mini-

malen Strukturgrößen auf Foliensysteme. Für die Herstellung von medizinischen Kathetern sind minimale Dimensionen und damit auch die Größe dieser Chipllets entscheidend. Im laufenden Projekt wird deshalb eine Folie mit Biegesensoren für eine Katheteranwendung zur Evaluation der Technologie verwendet. Zunächst arbeiten die Partner aber mit gedünnten Siliziumchips, die eine Vielzahl von unterschiedlichen Kontakten und Teststrukturen aufweisen. Abb. 2 zeigt solche Kontaktpads

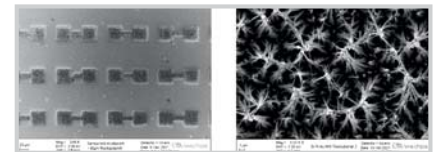


Abb. 2 Rasterelektronenmikroskop-Aufnahme von Nanostrukturen auf einem rückgedünnten Siliziumchip

auf diesen auf $30 \mu\text{m}$ rückgedünnten Chips nach dem Vereinzeln. In Abb. 3 erkennt man in der Infrarot-Durchlichtaufnahme die auf den Folienträger gefügten und damit elektrisch kontaktierten Anschlüsse. Nach der vollständigen Integration in die entsprechenden

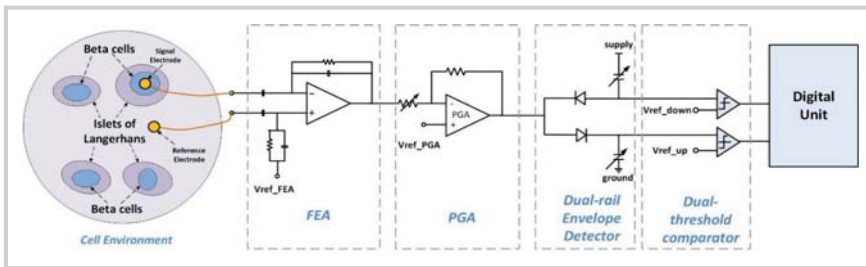


Abb. 3 Infrarotaufnahme eines gefügten hybriden Foliensystems mit Nanokontakten

Foliensysteme werden die Prozessparameter sowie minimal erreichbare Strukturgrößen und vor allem die Zuverlässigkeit der Kontakte bei mechanischen und thermischen Belastungen ermittelt. Zum Projektabschluss am Jahresende wird dann ein Prozess zur Herstellung hybrider elektronischer Systeme mit Nanokontakten verfügbar sein.

PanaMEA - ASIC für ein Miniatur-Pankreas-Implantat

Front-End-Signalverarbeitung der von einem Mikro-Elektroden-Array (MEA) erfassten elektrischen Betazellenaktivitäten



Front-End Betazellen-Signalverarbeitungsschema

Weltweit leiden Millionen von Menschen an Diabetes mellitus Typ 2, das durch eine unzureichende Insulinausschüttung des Körpers verursacht wird. Das Insulin wird in den Betazellen der Bauchspeicheldrüse gebildet. Es besteht ein direkter Zusammenhang zwischen der elektrischen Aktivität der Betazelle in Form von Membran-Oszillationsstößen und der extrazellulären Glukosekonzentration. Im BMBF-Projekt „PanaMEA“ (Pankreas-Implantat auf MEA-Basis, Förderkennzeichen 13GW0397) wird ein miniaturisiertes Pankreas-Implantat

entwickelt, das diese elektrische Aktivität misst.

Die zentrale Aufgabe für das IMS ist die Entwicklung eines stromsparenden Front-End-ASICs zur Signalverarbeitung der von einem Mikroelektroden-Array (MEA) erfassten Betazellensignale. Für das Betazellensignal wird ein Biomarker, der so genannte Fraction of Plateau Phase (FOPP), definiert. Er ist der prozentuale Anteil an Zeit mit Betazellenaktivität. Ein hoher FOPP-Wert entspricht einem hohen Glukosespiegel. Bei herkömmlichen

Betazellen-Überwachungsmethoden werden alle Signaldetails, einschließlich der FOPP-irrelevanten hochfrequenten Anteile, aufgezeichnet und daraus der FOPP-Wert berechnet. Dies führt zu einer großen Datenmenge und hat einen hohen Stromverbrauch für die Datenübertragung und -verarbeitung zur Folge. Anstatt alle hochfrequenten Signaldetails aufzuzeichnen, wird mit Hilfe von Dioden und Kondensatoren ein differentieller Hüllkurvendetektor realisiert, der die FOPP-relevanten Information bereitstellt. Der Entwicklungsaufwand wird auf ein Minimum reduziert und die Datenmenge stark verringert. Das Messkonzept und die Funktion der ASIC-Schaltungen wurden bereits durch Messungen überprüft. Die nächsten Schritte sind die Durchführung von In-vitro-Messungen und die Verkapselung des ASICs für Implantationsexperimente.

Infos: Zili Yu • Telefon +49 711 21855-325 • ziliyu@ims-chips.de

Technologie-Entwicklung für den 2-nm Knoten

IMS CHIPS als Verbundpartner im Ecsel-Projekt ID2PPAC



In dem von der Europäischen Union und dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit knapp 48 Mio. € geförderten ECSEL-Verbundprojekt ID2PPAC werden die in vorangegangenen Arbeiten identifizierten Technologielösungen für den 2-nm-Knoten konsolidiert und integriert. Ziel ist es, zu zeigen, dass die Anforderungen an Leistung, Fläche und Kosten (engl. Performance Power Area and Cost = PPAC) für diese neue Generation führender Logiktechnologie erreicht werden können.

Um das sog. Moore'sche Gesetz für den 2-nm-Knoten fortzusetzen und gleichzeitig die PPAC-Anforderungen zu erfüllen, ist die Kombination von weiteren Fortschritten in der EUV-Lithografie & Masken, 3D-Bauteilstrukturen, Materialien und Metrologie erforderlich. Die Stärke des Projekts beruht auf einer gemeinsamen Pilotlinie und dem fokussierten Engagement der beteiligten Partner, die in wichtigen ineinandergreifenden Bereichen über außerordentliche Expertise verfügen.

Das ID2PPAC-Projekt soll IC-Fabs in die Lage versetzen, bis zum Jahr 2025 sog. EUV-basiertes Single-Print-High-Volume-Manufacturing für den 2nm-Knoten durchzuführen.

Um die stetig wachsende Nachfrage nach mehr Rechenleistung zu bedienen, arbeitet die Halbleiterindustrie kontinuierlich an technologischen Innovationen, die diesen Fortschritt, wie er durch Moore's Law vor-

hergesagt wurde und weiterhin wird, realisieren sollen.

Das Projekt wird auch dazu beitragen, die technologische Handlungsfähigkeit Europas in diesem Bereich, der für die Digitalisierung, (Edge-)AI und für die Lösung nationaler, europäischer und globaler gesellschaftlicher Herausforderungen entscheidend ist, auszubauen und das Konsortium aus führenden europäischen Unternehmen und Instituten, die in diesem Bereich tätig sind, zu stärken.

Das Institut für Mikroelektronik Stuttgart (IMS CHIPS) wird im Arbeitspaket Lithografie-Ausrüstung mitarbeiten. Teil dieses Arbeitspaketes ist die Entwicklung von hochpräzisen diffraktiven optischen Elementen (DOE) für die Oberflächenprüfung von EUV-Spiegeln.

Infos: Julian Hartbaum • Telefon +49 711 21855-471 • hartbaum@ims-chips.de

Projekt PhotonQ gestartet

Erforschung eines messbasierten und skalierbaren Quantenprozessors



Phasenschieber für die optischen Gatter

Quantencomputer sollen einmal in hohem Tempo Problemstellungen lösen, die für klassische Computersysteme nicht bearbeitbar sind. Bis die Rechner jedoch praxistauglich werden, müssen sie eine deutlich höhere Anzahl an Qubits verarbeiten und niedrigere Fehlerraten aufweisen. Ein Forschungsverbund unter Federführung von Prof. Stefanie Barz von der Universität

erlaubt und perspektivisch eine schnelle Skalierung auf praxisrelevante Qubit-Zahlen ermöglichen soll.

Um neue, skalierbare Quantenprozessoren zu erforschen, gibt es die verschiedensten Ansätze: Atom- und Ionenfallen, Supraleiter, Halbleiter oder verschränkte Photonen. Im Projekt PhotonQ, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) mit rund

Stuttgart entwickelt hierfür nun einen photonischen Quantenprozessor, der die Realisierung von Quantenalgorithmen mit wenigen Qubits

16 Millionen Euro gefördert wird, möchten die Universitäten Stuttgart, Würzburg, Mainz und Ulm, die Technische Universität München, das Institut für Mikroelektronik Stuttgart und die Vanguard Automation GmbH einen Prozessor für einen photonischen Quantencomputer entwickeln. Das Herz des Quantenprozessors ist ein integrierter photonischer Chip.

IMS CHIPS entwickelt in PhotonQ die integrierten photonischen Chips mit neuartigen Komponenten wie extrem dämpfungsarmen Phasenschiebern (siehe Bild Titelseite: Prinzip des messbaren Quantenprozessors). Zusätzlich soll eine optische AVT mit geringen Übertragungsverlusten etabliert werden.

Infos: Mathias Kaschel • Telefon +49 711 21855-467 • kaschel@ims-chips.de

Kurzmeldungen

Best Paper Award – Für den Beitrag: „Front-End Electronics for Beta-Cell Function Monitoring with an Integrated FOPP Detector“ erhielten Frau Dr. Zili Yu und die Co-Autoren die Auszeichnung „First Place Best Paper Award“ bei der IEEE SENSORS. <https://2021.ieee-sensorsconference.org>.

Verbundprojekt SensiC – In dem Verbundprojekt fördert das BMBF die Entwicklung zuverlässiger elektronischer Komponenten, die direkt in Maschinenbauteile integriert werden und dort sicherheitsrelevante Sensordaten ermitteln. IMS CHIPS unterstützt das KIT in einem Entwicklungsauftrag mit hybriden Foliensystemen und Integrationstechnologien. Weitere Informationen finden Sie unter: <https://www.nanomat.de/sensiC.php>.

Nanopatterning Cluster+ – IMS CHIPS erhält im Rahmen des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) und der Aufbauhilfe REACT-EU vom Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Tourismus Baden-Württemberg eine Zuwendung in Höhe von 6,4 Mio. Euro für das Vorhaben Nanopatterning Cluster+ und 1,98 Mio. Euro für das Vorhaben Nanopatterning Cluster+ Phase 2. Im Rahmen dieses Vorhabens soll in den Reinräumen eine Infrastruktur zur großflächigen und flexiblen Herstellung und Charakterisierung verschiedenster Nanostrukturen in und auf unterschiedlichen Substraten und Materialien geschaffen werden.



FORSCHUNGSVEREIN des Instituts für Mikroelektronik Stuttgart e.V.

Der seit 1983 bestehende, gemeinnützige Forschungsverein des Instituts für Mikroelektronik Stuttgart fördert den Dialog zwischen Industrie und Forschung. Er ist Anlaufstelle für hochtalentierete Nachwuchskräfte aus dem In- und Ausland, die mit einem Stipendium für ihre Arbeit am IMS unterstützt werden. Dadurch entsteht die Möglichkeit einer Übernahme durch das Mitgliedsunternehmen, das die „Partnerschaft“ übernommen hatte.

Einmal im Jahr findet eine Mitgliederversammlung statt. Die Mitglieder erhalten Rabatt auf unsere Schulungen und Veranstaltungen. Weitere Informationen finden Sie im Internet unter www.ims-forschungsverein.de.

Infos: Christina Ott • Pilz GmbH & Co. KG, Felix-Wankel-Straße 2, 73760 Ostfildern
Telefon +49 711 3409-7949 • ims-forschungsverein@pilz.de