



## Deutscher Zukunftspreis 2020

Das Projekt „EUV-Lithografie – neues Licht für das digitale Zeitalter“ ist Gewinner des Deutschen Zukunftspreises 2020. Ein Schlüsselement zur Herstellung der EUV-Optiken sind hochgenaue „Computer Generierte Hologramme“, die in einer einzigartigen Technologie am Institut für Mikroelektronik Stuttgart entwickelt und hergestellt werden.

Deutscher Zukunftspreis Seite 2

### Mikroelektronik für KI – Neuromorphe Hardware



In diesem vom Land Baden-Württemberg geförderten Verbundprojekt werden die Voraussetzungen für lernfähige sowie sichere und energieeffiziente KI-Chips entwickelt. Diese gelten inzwischen als zentrale Bausteine für immer mehr Anwendungen aus den Bereichen der Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge.

NeMoH

Seite 3

### MOCVD 4.2 – Metal Organic Chemical Vapour Deposition-Technologie

Das Projekt „MOCVD 4.2“ ist ein gemeinschaftliches, öffentlich gefördertes Projekt zur Erhöhung der Produktionstauglichkeit der MOCVD (Metal Organic Chemical Vapour Deposition)-Technologie für Anwendungen in der Leistungselektronik, in der Photovoltaik sowie in der Nano-Photonik und Sensorik. Innerhalb des Projektes werden die von den Projektpartnern gestellten GaN-auf-Si-Wafer am IMS CHIPS charakterisiert.

MOCVD 4.2

Seite 3

### MULTI-3D – Fokusmodulierendes Multimodales 3D-Sensorsystem



IMS CHIPS hat sich im Projekt „MULTI-3D“ mit der Erforschung eines CMOS-Bildsensors, der einen sehr großen Dynamikbereich mit einer linearen Kennlinie und einem großen Signal-zu-Rausch-Verhältnis abbilden kann, befasst. Zu dem Konsortium des Projektes gehörten neben IMS CHIPS zwei Industriepartner sowie das Fraunhofer IOF und die Friedrich-Schiller-Universität Jena.

Multi 3D

Seite 4

# Deutscher Zukunftspreis 2020

## Das Projekt „EUV-Lithografie – neues Licht für das digitale Zeitalter“ ist Gewinner des Deutschen Zukunftspreises 2020



© ASML Holding N.V.

EUV-Stepperanlage mit skizzierten Strahlengang des EUV-Lichts

Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier hat am 25.11.2020 das Projekt „EUV-Lithografie – neues Licht für das digitale Zeitalter“ mit dem Deutschen Zukunftspreis 2020 ausgezeichnet. Das Team um die Firma Carl Zeiss SMT leistet einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung einer Technologie, mit der sich mikroelektronische Bauteile mit äußerst feinen Strukturen fertigen lassen. Durch die Nutzung von Licht im extremen Ultraviolett (EUV) wurde die in der Chipfertigung etablierte Methode der optischen Lithografie auf eine neue Stufe gebracht. Im Gegensatz zur klassischen optischen Lithografie basiert das EUV-Abbildungssystem von Zeiss nicht auf Linsen, sondern auf Spiegeln. Diese hochpräzisen Spiegel aus Oberkochen können einen Durchmesser von bis zu einem Meter haben und erfordern Krümmungsgenauigkeiten im Nanometer-Bereich. Um diese Spiegel vermessen zu können, werden individuell gefertigte hochgenaue „Computer Generierte Hologramme“ (CGH) benötigt, die am Institut für Mikroelektronik Stuttgart (IMS) in einer einzigartigen Technologie hergestellt werden. Mit modernstem Equipment sowie engagierten Experten ist es dort möglich, auch sehr große Quarzsubstrate mit Strukturen zu versehen, die nur ein Tausendstel der Dicke eines menschlichen Haars messen. Dazu steht, weltweit wahrscheinlich einmalig, eine Pilotlinie mit speziell für diesen Einsatzzweck konstruierten Maschinen zur Verfügung. Neben der Installation und Inbetriebnahme des Maschinenparks im IMS-eigenen Reinraum bestand die Herausforderung in den letzten Jahren insbesondere darin, die einzelnen Fertigungsschritte zu optimieren und aufeinander abzustimmen. Die Wechselwirkungen des CGH-Designs

mit den Fertigungsprozessen, ambitionierte Zeitpläne sowie zahlreiche Schnittstellen haben zu einer beispiellos intensiven Zusammenarbeit zwischen dem IMS und Zeiss geführt. Als Resultat dieser langjährigen Partnerschaft ist es Zeiss unter Verwendung von hochpräzisen CGHs nun möglich Spiegel verschiedenster Geometrien mit der erforderlichen Präzision zu vermessen.



IMS Reinraum

Gegenüber der bisher in der Chipfertigung etablierten optischen Lithografie lassen sich mit der EUV-Lithografie wesentlich kleinere Strukturen erzeugen, in der Größenordnung von wenigen Nanometern (millionstel Millimetern). Dazu mussten die Preisträger und ihre Partner die Grenzen des technisch Machbaren drastisch verschieben.

Entstanden ist ein optisches System aus Spiegeln (Zeiss SMT) mit einer besonderen Beschichtung (Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF) und einer leistungsstarken EUV-Strahlungsquelle (Trumpf Lasersystems for Semiconductor Manufacturing). Auf diese Weise lassen sich Mikrochips herstellen, die besonders leistungsfähig, energieeffizient und kostengünstig sind. Die Mikrochips dieser neuen Generation werden von den führenden Herstellern von Smartphones und Halbleiterprodukten bereits eingesetzt.



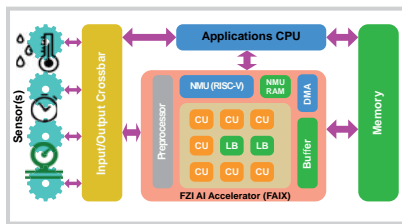
Bundespräsident Frank-Walter Steinmeier und das Team mit Dr. M. Kösters, Dr. P. Kürz und Dr. S. Yulin

Der Bundespräsident würdigt mit dem Deutschen Zukunftspreis herausragende Forschungs- und Entwicklungsprojekte. Wesentlich für die Entscheidung der Jury sind der wissenschaftlich-technische Innovationsgrad sowie das Potenzial, diese Leistung in zukunftsfähige Arbeitsplätze umzusetzen.

IMS CHIPS wird seine erfolgreiche Zusammenarbeit mit Zeiss auf dem Gebiet der CGHs für die EUV-Lithografie auch in Zukunft fortführen.

# Mikroelektronik für KI – Neuromorphe Hardware

## Schlanke KI-Lösungen direkt am Sensor



Schematische Darstellung des KI-Konzepts NeMoH

Das Internet der Dinge ist ohne die Vielzahl von eingebetteten Systemen, die messen, steuern und regeln, kaum denkbar. Echtzeitfähigkeit bei automatisierten Anwendungen ist inzwischen eine Selbstverständlichkeit. Gewaltige Datenmengen, kriert von unterschiedlichsten Anwendungen, werden mit Ansätzen des maschinellen Lernens verarbeitet, um daraus den Systemzustand abzuleiten oder wichtige Kenngrößen zu generieren. Big Data erfordert leistungsfähige Systeme, oft ganze Rechencluster. Anwendungen im Bereich der Industrie 4.0 und dem Internet der Dinge erfordern hingegen eine intelligente Datenerfassung, Signalaufbereitung

und Datenreduktion bereits an Ort und Stelle – bestenfalls direkt am Sensor.

Das Projekt bringt das Thema KI und Sensorik zusammen. Die Forschungseinrichtungen IMS CHIPS, FZI und Hahn-Schickard werden unterstützt durch die Firmen Staiger GmbH & Co. KG, Pilz GmbH & Co. KG, Balluff GmbH, PSIORI GmbH sowie die Robert Bosch GmbH.

Am Beispiel von Magnetventilen der Firma Staiger wird demonstriert, wie ein trainiertes neuronales Netz mit sehr hoher Genauigkeit Betriebszustände und Funktionsstörungen erkennen kann, indem lediglich der Schaltstrom des Ventils überwacht wird. Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung von sicherer, energieeffizienter und praxistauglicher KI-unterstützter Mikroelektronik für eine ressourcenschonende Vor-Ort-Verarbeitung von Daten.



Quelle: Staiger GmbH

Neuromorphe Hardware beschreibt hochgradig vernetzte und parallel arbeitende Recheneinheiten, die in ihrem Zusammenspiel dem biologischen Vorbild, dem Gehirn, nachempfunden sind. Künstliche Neuronale Netze (KNN) lassen sich überall dort erfolgreich einsetzen, wo ein Problem nicht ausreichend mathematisch beschrieben werden kann oder wenn es zu viele Eingabedaten mit zu vielen Variablen gibt. Große Datenmengen mit vielen Einflussfaktoren können durch KNN strukturiert werden. Typische Anwendungen von Neuronalen Netzen liegen daher in der Mustererkennung und Klassifizierung von Eingabedaten. Ein trainiertes Netz ist in der Lage, für neue und unbekannte Eingangssignale eine Entscheidung auf Basis bisher gelernter Daten zu treffen. Gefördert wird das Projekt mit einer Laufzeit von 2 Jahren durch das Land Baden-Württemberg mit knapp 2 Millionen Euro.

Infos: Thomas Deuble • Telefon +49 711 21855-244 • deuble@ims-chips.de

## Projekt MOCVD 4.2

### Metal Organic Chemical Vapour Deposition-Technologie

Innerhalb des Projektes werden die, von den Projektpartnern gestellten GaN-auf-Si-Wafer bei IMS CHIPS charakterisiert. In diesem Zuge werden auch Leistungs-HEMTs (High Electron Mobility Transistors) entwickelt, produziert und charakterisiert.



Abb. 1: Batch-Prozess im Ofen

Ein essenzieller Schritt zur Entwicklung von Leistungs-HEMTs, ist die reproduzierbare Herstellung von niederohmigen Kontaktwiderständen in den Drain- und Source-Bereichen. Niedrige Kontaktwiderstände sind notwendig, um einen

kleinen Drain-Source Durchlasswiderstand ( $R_{on}$ ) des Leistungs-HEMTs zu garantieren. Da die Produktion CMOS-kompatibel gestaltet werden muss, dürfen keine Gold basierten ohmschen Kontakte verwendet werden, die mittlerweile am häufigsten Verwendung finden. Zudem werden keine Epitaxieschritte zum lokalen Aufwachsen von GaN-Schichten durchgeführt, stattdessen wird ein ALE (Atomic Layer Etching)-Prozess genutzt. Der optimierte Prozess nutzt Batch-kompatible Ofen-Annealing (Abb.1) bei niedrigeren Temperaturen ( $450\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) von Ti/Al-basierten Kontaktmetallen, um niederohmige und über den Wafer homogene Kontaktwiderstände zu produzieren. Der am IMS CHIPS entwickelte CMOS-kompatible GaN-Prozess erlaubt die Herstellung von niederoh-

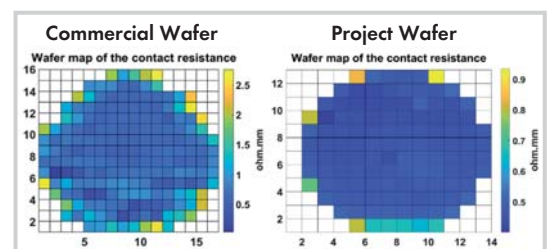


Abb. 2: Homogenität des Kontaktwiderstandes auf einem Projektwafer im Vergleich mit einem kommerziellen Wafer

migen Kontaktwiderständen mit hoher Homogenität (Abb. 2). Der Vergleich von kommerziellen und innerhalb des Projektes hergestellten Wafern zeigt einen mittleren Kontaktwiderstand von  $0,6\text{ }\Omega\text{ mm}$  bei vergleichbarer Homogenität. Beide Wafer besitzen das gleiche Epitaxiedesign und sind repräsentativ für State-of-the-Art Leistungs-Wafer. Die Wafermaps (Abb. 2) verdeutlichen die homogene Produktionsfähigkeit für Leistungselemente bei IMS CHIPS.

Infos: Mohammed Alomari • Telefon +49 711 21855-430 • alomari@ims-chips.de

# Hochdynamischer linearer CMOS-Bildsensor

Bildsensor mit VGA-Auflösung (640 x 480 Pixel) und 120 dB gefertigt

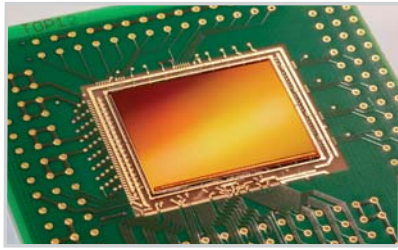


Abb. 1: Hochdynamischer linearer MULTI-3D-Bildsensor

Für die industrielle Bildverarbeitung, bildbasierte Robotik-Steuerungen und autonomes Fahren sind hochdynamische Bildsensoren erforderlich, die eine robuste Bilderfassung und -verarbeitung ermöglichen. Der gewünschte hohe lineare Dynamikbereich des Bildsensors mit gleichzeitig hohem Signal-zu-Rauschverhältnis wird durch ein zweistufiges Wandlungsverfahren erreicht: In der ersten Stufe erfolgt während

einer festen Zeitdauer von z. B. 10 ms ein mehrfaches asynchrones Selbst-Rücksetzen der Photodiodenspannung. Anschließend erfolgt in einem zweiten Schritt die Analog-Digital-Wandlung des am Ende der Integrationszeit verbleibenden Restwerts.

Nach einem Testsensor mit reduzierter Auflösung (128 x 100 Pixel) konnte im kürzlich abgeschlossenen Projekt „MULTI-3D“ auch ein Bildsensor mit VGA-Auflösung (640 x 480 Pixel) erfolgreich in einer 0,18  $\mu\text{m}$  Technologie für CMOS-Bildsensoren realisiert werden (siehe Abb. 1). Jedes Pixel enthält neben der Pinned Photo-Diode und anderen analogen Schaltungselementen einen 10 Bit Zähler und benötigt eine Fläche von 34,4 x 34,4  $\mu\text{m}^2$ , was zu einer gesamten Chipgröße von 22,9 x 18,0 mm<sup>2</sup> führt. Für die opto-elektronische Charakterisierung der Bildsensoren wurde

ein Evaluationsboard mit serieller differenzieller Datenübertragung hoher Bandbreite entwickelt. Das Projekt „MULTI-3D“ wurde im Förderprogramm Photonik Forschung Deutschland vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert (FKZ 13N14227) und im Dezember 2020 erfolgreich abgeschlossen.



Infos: Markus Strobel • Telefon +49 711 21855-280 • strobel@ims-chips.de

## Kurzmeldungen

**Zukunftscluster QSens** Der Zukunftscluster QSens „Quantensensoren der Zukunft“ aus der Region Stuttgart/Ulm, an dem IMS CHIPS maßgeblich beteiligt ist, ist einer der Gewinner des Wettbewerbs „Clusters4Future“. QSens erforscht innovative Quantensensoren, die bisher unerreichte Empfindlichkeit und räumliche Auflösung realisieren können.

**MikroSystemTechnik Kongress 2021** Der nächste MST Kongress wird vom 08. – 10. November 2021 in Ludwigsburg stattfinden. Weiter Informationen finden Sie unter: <https://www.mikrosystemtechnik-kongress.de>.

**ZIM Projekt Nano-HySiF gestartet** In diesem Projekt werden die von NanoWired GmbH entwickelten Technologien zur Kontaktierung von Chips mit Nanostrukturen, die sich wie Klettverschlüsse elektrisch verbinden lassen, mit der Chip-Film Patch (CFP) Technologie von IMS CHIPS kombiniert. Entstehen werden Hybride Systeme in Folien (HySiF).

## 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 hochtalentierte Nachwuchskräfte aus dem In- und Ausland, die mit einem Stipendium für ihre Arbeit am IMS unterstützt werden. Es eröffnet sich 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](http://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](mailto:ims-forschungsverein@pilz.de)