

# MEMS REPORT

3 / 2013



## INHALT

Fraunhofer IPMS-CNT: Modernste Fraunhofer-Halbleiter-Forschung an 300-mm-Siliziumwafern  
MEMS-Scanner: ZEISS setzt bei Lichtblattmikroskop auf die Technologie des Fraunhofer IPMS  
INC9: Möglichkeiten und Herausforderungen in der Nanotechnologie



Prof. Dr. Hubert Lakner  
Institutleiter

Liebe Kunden, Partner und Freunde  
des Fraunhofer IPMS,

im Fokus der vorliegenden Ausgabe steht die Vorstellung der Aktivitäten des Fraunhofer IPMS-CNT, das seit 1. Januar 2013 Teil unseres Instituts ist und sich als wichtiger Technologie-Entwickler insbesondere für die lokale Halbleiterindustrie etabliert hat. Durch die Eingliederung des Fraunhofer CNT als Abteilung konnte die technologische Bandbreite des Fraunhofer IPMS von »More-than-Moore« auf »More-Moore« ausgedehnt werden. In ausgewählten Themenfeldern sollen zudem die Kompetenzen des Fraunhofer IPMS und des Fraunhofer IPMS-CNT zusammengeführt werden, um so neue Kundenkreise adressieren zu können. Einen ersten Einblick in die zukünftigen, neuen Möglichkeiten bietet Ihnen dieser MEMS Report.

Fraunhofer lebt von der Erschließung neuer Themen und Kompetenzen, um die Attraktivität für die Industrie aufrecht zu erhalten. Der öffentlichen Förderung kommt dabei besondere Bedeutung im Hinblick auf die notwendigen Finanzmittel zu, der europäische Anteil steigt gegenüber der nationalen Förderung. Das Fraunhofer IPMS ist für das nun beginnende Forschungsrahmenprogramm der EU »Horizon 2020« bereits gut aufgestellt, wie der Artikel zu unseren Aktivitäten innerhalb der Technologieplattform EPoSS zeigt. Ich wünsche Ihnen eine informative Lektüre des MEMS Reports.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'H. Lakner'.

Prof. Dr. Hubert Lakner

## KURZ NOTIERT

### Erweiterung der Institutsleitung am Fraunhofer IPMS

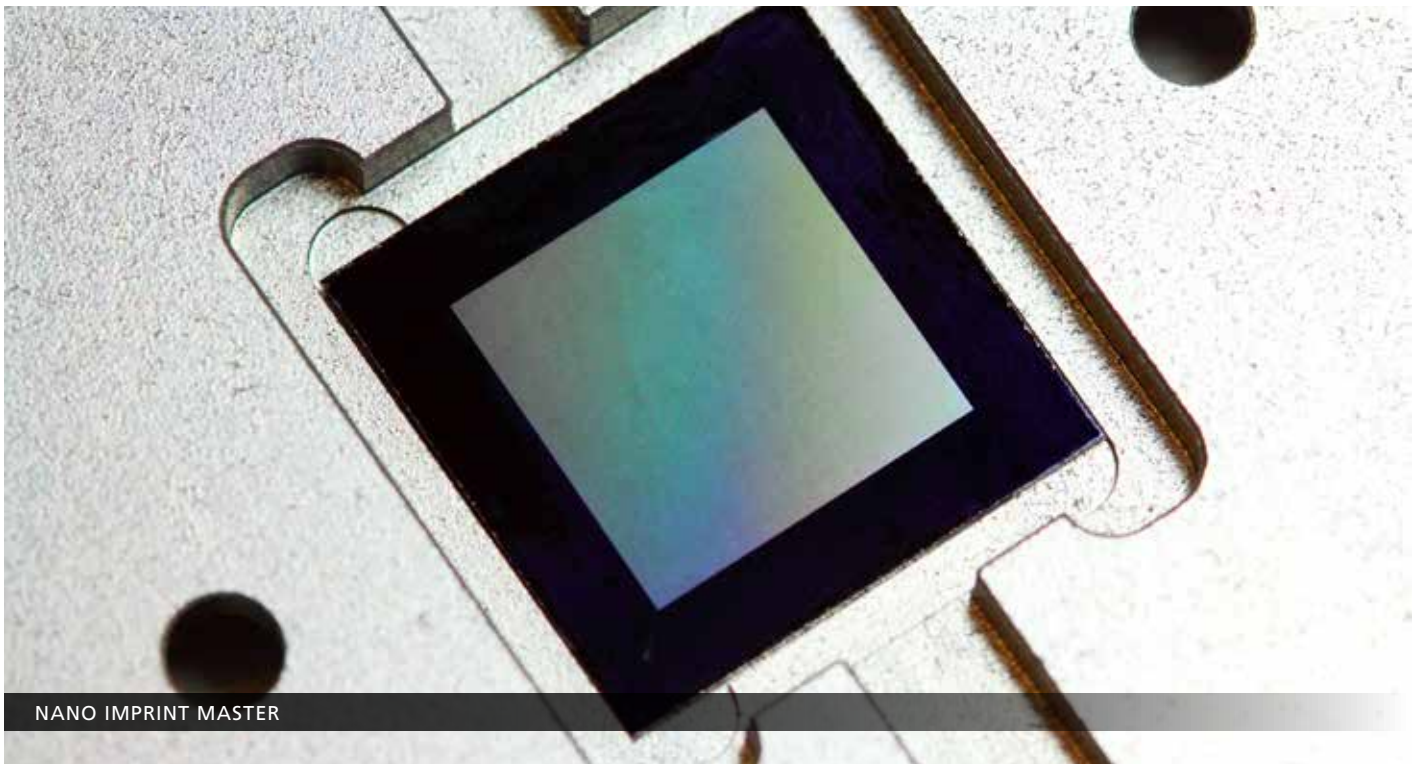
Der Vorstand der Fraunhofer-Gesellschaft hat Herrn Prof. Dr. Harald Schenk mit Wirkung zum 1. September 2013 zum zweiten Leiter des Fraunhofer IPMS berufen. Prof. Schenk hatte seit 2004 die Position des stellvertretenden Institutsleiters inne und war für das Geschäftsfeld »Aktive Mikrooptische Komponenten & Systeme« leitend verantwortlich. Die Geschäftsführung des Fraunhofer IPMS liegt weiterhin bei Herrn Prof. Dr. Hubert Lakner, der sich auf eine weiterhin erfolgreiche und konstruktive Zusammenarbeit in der neuen Konstellation freut.



### Fraunhofer IPMS beim EPoSS Annual Forum

Vom 25. bis 27. September trafen sich in Cork, Irland alle relevanten Akteure auf dem Gebiet der »Smart Systems Integration« im Rahmen des jährlichen Forums der europäischen Technologieplattform EPoSS. Das Fraunhofer IPMS, das durch Integration von MEMS und MOEMS sowie Elektronik mit anderen, insbesondere photonischen, Komponenten Smart Systems realisiert, war ebenfalls vertreten. Dr. Michael Scholles, Leiter »Business Development & Strategy« am Fraunhofer IPMS, leitete die turnusmäßige Sitzung der EPoSS Arbeitsgruppe »Key Technologies« als deren gewählter Vorsitzender. Das Treffen beschäftigte sich schwerpunktmäßig mit der Rolle von Schlüsseltechnologien im neuen Forschungsrahmenprogramm »Horizon 2020« der EU. Im wissenschaftlichen Teil des Forums präsentierte Dr. Anartz Unamuno, Gruppenleiter am Fraunhofer IPMS, die neuesten Ergebnisse der Arbeiten bezüglich CMUTs (kapazitive mikromechanische Ultraschallwandler). Insgesamt ist das Fraunhofer IPMS für die öffentliche Förderung in »Horizon 2020« mit seiner intensiven Mitarbeit bei EPoSS gut aufgestellt.

## FRAUNHOFER IPMS-CNT: MODERNSTE FRAUNHOFER-HALBLEITER-FORSCHUNG AN 300-MM-SILIZIUMWAFERN



Das Fraunhofer-Center Nanoelektronische Technologien CNT wurde 2005 als öffentlich-private Partnerschaft mit AMD und Infineon Technologies gegründet und 2013 als Abteilung in das Fraunhofer IPMS integriert. Das Geschäftsfeld des Fraunhofer IPMS-CNT umfasst die Entwicklung von Prozessen und Materialien sowie die physikalische und elektrische Charakterisierung für High-Performance-Logik, Derivate (z. B. embedded DRAM) und Technologien für flüchtige und nicht-flüchtige Speicherbauelemente. Zielsetzung des Geschäftsfelds ist es, in enger Zusammenarbeit mit Industriepartnern und anderen Forschungseinrichtungen innovative Einzelprozesslösungen für nanoelektronische Systeme auf 300-mm-Wafern zu entwickeln.

Für das Fraunhofer IPMS-CNT stehen 800 m<sup>2</sup> Reinraumfläche nach ISO 6 (Reinraumklasse 1000) auf Industriestandard zur Verfügung, die mit 40 hochmodernen Prozess-, Metrik- und Analytik-Reinraumtools für Siliziumwafer ausgestattet ist. Die Prozesstools und die Umgebung sind für die Bedingungen der Halbleiterfertigung ausgelegt. Die Ergebnisse können direkt in Fertigungsprozessen der Halbleiterindustrie eingesetzt werden, um die Zeit bis zur Markteinführung zu verkürzen und die Kosten für Partner zu senken. Heute arbeiten die Experten des Fraunhofer IPMS-CNT hauptsächlich in drei Bereichen, die alle mit der Prozessierung von Silizium auf 300-/200-mm-Wafern zusammenhängen:

Nanopatterning, High-k-Anwendungen und Interconnects. Weitere Leistungen des Instituts sind die Strukturierung von Glassubstraten, Tests für Verbrauchsmaterialien sowie die Beurteilung von Halbleiterproduktionsanlagen anhand nanoanalytischer Methoden.

### Nanopatterning

Im Kompetenzbereich Nanopatterning wurden die Prozessfähigkeiten für die Fertigung von 28-nm-Technologieknoten weiter verbessert. Der direktbeschreibende Elektronenstrahlithografie-Cluster, ausgerüstet mit einem VSB-Schreiber Vistec SB3050DW sowie Resist-Belagungs-, reaktiven Ionenätz- und Metrologietools, wurde zur flexiblen Strukturierung verschiedener kundenspezifischer Designs und Layouts verwendet. In der neuesten 300-mm-CMOS-Reinraum- und -Produktionsumgebung des Fraunhofer IPMS-CNT wurden in Zusammenarbeit mit verschiedenen Partnern und Lieferanten neuartige Reinigungsverfahren für Wafer sowie verbesserte Hartmasken- und Resist-Lackkonzepte geprüft. Außerdem wurden erhebliche Anstrengungen unternommen, um die Strukturierungsprozesse für großflächige Nanoimprint-Stempel (NIL-Stempel) weiterzuentwickeln.

### High-k-Anwendungen

Das Geschäftsfeld High-k-Anwendungen ist durch die Einführung von High-k-ALD-Technologien für den Einsatz in IC-Anwendungen auf der Basis von 150- und 200-mm-Wafern gewachsen. Daher werden nun aktiv die wegweisenden 300-mm-High-k-



# FRAUNHOFER IPMS-CNT: MODERNSTE FRAUNHOFER-HALBLEITER-FORSCHUNG AN 300-MM-SILIZIUMWAFERN

Technologien für die IC-Industrie angeboten, die normalerweise mit kleineren Wafern arbeitet. Zu den Zielmärkten gehört auch der Nicht-IC-Sektor, an den sich das Fraunhofer IPMS-CNT vor allem durch dessen Partnerschaft mit anderen Forschungseinrichtungen in Sachsen richtet: Unter dem Dach des ALD Lab Dresden versammeln die teilnehmenden Einrichtungen ihr Wissen und ihre Infrastruktur bezüglich ALD (Atomic Layer Deposition) und anderer Technologien. Zudem verfügt das Fraunhofer IPMS-CNT über ein einzigartiges ALD-Kompetenzzentrum, das kleinen wie großen Unternehmen dabei hilft, die hohen Anfangsinvestitionen beim Einstieg in den ALD-Sektor zu überbrücken.

## Interconnects

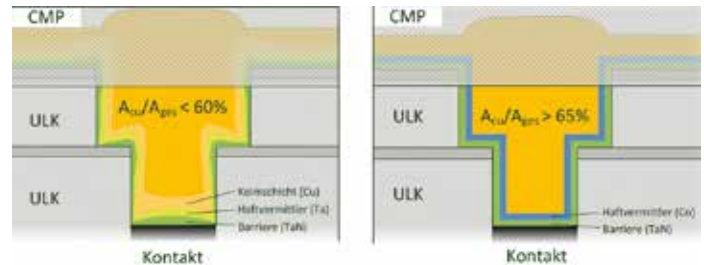
Im Produktionsbereich gilt der Bedarf an immer kleineren Verdrahtungen (Interconnects) als wichtiger Impulsgeber für die technologische Entwicklung. Während sich die Transistorleistung mit abnehmender Größe zwangsläufig verbessert, trifft dies für die Leistungsfähigkeit von Verdrahtungen nicht zu. Aus diesem Grund werden enorme Anstrengungen unternommen, um neue Verdrahtungsmaterialien und -prozesse zu entwickeln. Abgesehen von den immer kleineren Dimensionen kommen neue Technologien auf, die durch die Integration passiver oder analoger Elemente auf der Verdrahtungsebene On-Chip-Funktionen ermöglichen.

## Integration von Kobalt als »Seed Replacement Liner« für zukünftige Kupfermetallisierungsnodes

Ende 2010 startete im Fraunhofer IPMS-CNT das SAB-Projekt NOLIMIT, das sich mit der Entwicklung einer Verdrahtungstechnologie für kleinste Strukturen unter Berücksichtigung der wachsenden Anforderungen an die elektrische Zuverlässigkeit beschäftigt. Koordiniert wird NOLIMIT von GLOBALFOUNDRIES. Neben dem Fraunhofer IPMS-CNT sind die Fraunhofer Institute ENAS und IZFP, die TU Dresden, die TU Ilmenau sowie die Infineon AG in die Forschungsaktivitäten involviert.

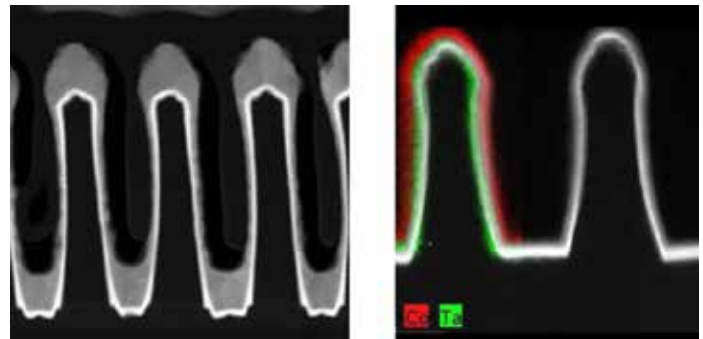
Im Rahmen von NOLIMIT arbeiten Wissenschaftler und Ingenieure im Fraunhofer IPMS-CNT an der Herstellung dünner Kobaltschichten. Diese dienen dazu, Kupfer und umgebendes Dielektrikum voneinander zu isolieren. Auf einem Quadratzentimeter Chipfläche verlaufen ca. 3,5 km Kupferleiterbahnen, welche für die Ansteuerung der aktiven Bauelemente (Transistoren, Kondensatoren) zuständig sind. Die kleinsten Kupferbahnen sind weniger als 50 nm breit, was sehr große Herausforderungen an die Herstellungsprozesse stellt. Konventionell wird zwischen Dielektrikum und Kupfer ein dreifacher Schichtstapel bestehend aus Tantalnitrid, Tantal und einer Kupferkeimschicht aufgebracht, wobei die physikalische Gasphasenabscheidung PVD das Verfahren der Wahl ist. Vorteil der PVD ist die hohe Schichtreinheit, die sich in der elektrischen Zu-

lässigkeit der Leiterbahnen widerspiegelt. Nachteil der anisotropen Beschichtungstechnik ist die geringe Kantenbedeckung und die Bildung von Überhängen in schmalen Strukturen.



Schematische Darstellung des Metallisierungsprozesses ohne (links) und mit Kobalt (rechts).

Kobalt als »Seed Replacement Liner« könnte Tantal und die Kupferkeimschicht ersetzen, so dass sich das Dreischichtsystem zu einem Zweischichtsystem reduzieren würde. Diese Platzersparnis würde der folgenden elektrochemischen Kupferabscheidung zugutekommen und sich positiv auf den Leiterbahnwiderstand auswirken.



STEM Aufnahme von PVD Kupferkeimschichtüberhängen (links) und STEM mit TEM-EDX Überlagerung des hochkonformen CVD-Co-Schichtstapels (rechts).

Zudem ist es dem Fraunhofer IPMS-CNT gelungen, Kobaltschichten mit einem geringen Sauerstoff- und Kohlenstoffanteil mittels chemischer Gasphasenabscheidung CVD herzustellen. Diese Schichten weisen einen hohen Konformitätsgrad auch in sehr schmalen Strukturen auf, weshalb die Technologie für zukünftige, noch kleinere Technologienodes vielversprechend ist. Neben der Einzelprozessentwicklung auf 300 nm hat die Integration des Kobalts in den Prozessfluss eine große Bedeutung. So wurden auch die nachfolgenden Prozessschritte elektrochemische Kupferabscheidung und chemisch-mechanisches Planarisieren im Fraunhofer IPMS-CNT angepasst und erfolgreich zusammen mit dem Auftraggeber GLOBALFOUNDRIES für die 28-nm-Technologienode evaluiert.

## DR. ROMY LISKE IM INTERVIEW

**Fraunhofer IPMS:** »Wo liegt der gegenwärtige Fokus Ihres Teams?«

**Romy Liske:** »Wir haben 2006 im Fraunhofer IPMS-CNT mit der Entwicklung von Einzelprozessen für die Halbleiterindustrie begonnen. Unser Team Interconnects beschäftigt sich dabei mit der Metallisierung im weitesten Sinne und den Cu/low-k-Prozessen im Speziellen. Dabei stehen jedoch nicht nur die einzelnen Prozesse im Vordergrund, sondern die Prozessintegration, d. h. welche Auswirkung hat die Einführung eines neuen Materials oder Prozesses auf die nachfolgenden Prozesse und wie müssen vorangestellte Prozesse angepasst werden, um optimale Ergebnisse zu erzielen. Dabei spielt auch die Analytik und Prozesscharakterisierung, die wir nach Möglichkeit im Haus durchführen, eine wichtige Rolle.«

**Fraunhofer IPMS:** »Was ist die größte Herausforderung bei der Integration von Kobalt?«

**Romy Liske:** »Kobalt bietet den Vorteil, dass sich die elektrochemische Kupferabscheidung direkt ohne Keimschicht durchführen lässt. Die damit einhergehende Platzersparnis ist ein wichtiges Argument für die Einführung von Kobalt in zukünftigen Technologienodes. Die Abscheidung von Kobalt mittels chemischer Gasphasenabscheidung muss dahingehend optimiert werden, dass möglichst kaum Fremdatome wie Sauerstoff oder Kohlenstoff eingebaut werden, da diese die elektrischen Eigenschaften der Metallisierungsebenen degradieren. Zudem muss eine hohe Konformität in sub-50-nm-Strukturen erreicht werden. Dabei muss der Prozess bei Temperaturen unterhalb von 400 °C ablaufen, um bereits aufgebrauchte Strukturen nicht zu beschädigen.«

**Fraunhofer IPMS:** »Was sind die nächsten Schritte?«

**Romy Liske:** »Nach der Integration des Kobalts in den bestehenden Prozessfluss und der Anpassung der Kupferabscheidung und des chemisch-mechanischen Planarisierens steht nun die Bewertung der gesamten Metallisierungsebene hinsichtlich elektrischer Eigenschaften und Zuverlässigkeit an. Darüber hinaus haben wir noch mehr Ideen, die wir gern untersuchen möchten.«

**Fraunhofer IPMS:** »Welche Möglichkeiten der Zusammenarbeit bieten sich im Bereich Interconnects an?«

**Romy Liske:** »Neben der Prozess- und Materialentwicklung für Halbleiterfertigungsfirmen bieten wir unser Prozess Know-how auch Chemiefirmen an, die auf dem Halbleitermarkt etabliert sind



*Dr. Romy Liske ist seit 2006 am Fraunhofer IPMS-CNT beschäftigt und seit 2010 Gruppenleiterin für den Bereich Interconnects. Sie promovierte 2011 an der TU Dresden über die elektrochemische Kupferabscheidung in sub-100-nm-Strukturen.*

oder sich etablieren möchten (Bsp. Screening von Plating, Cleaning und CMP Consumables). Ebenso ist eine ständige Adaption der Prozessanlagen zusammen mit den Herstellern ein wichtiger Bestandteil unserer Kundenarbeit.«

**Fraunhofer IPMS:** »Wie funktioniert das genau?«

**Romy Liske:** »Gerade im Bereich More-than-Moore eröffnen sich neue Entwicklungsmöglichkeiten für unser Team Interconnects. In Zukunft werden die Metallisierungsebenen genutzt, um auf dem Chip weitere Funktionalitäten aufzubauen. Das fängt bei der Integration einzelner Bauelemente wie Kondensatoren an und reicht bis zu komplexen Baugruppen, wie z. B. analogen Schaltkreisen.«

**Fraunhofer IPMS:** »Blicken wir zum Schluss nach vorn: Welche Entwicklungen verfolgt Ihre Gruppe als nächstes?«

**Romy Liske:** »Unser Ziel ist es, neben der Prozessentwicklung auf 300-mm-Wafern auch weitere Stufen der Entwicklungskette abzudecken. So soll die Forschungsarbeit hinsichtlich Materialentwicklung und Anwendung intensiviert und stärker in das Arbeitsgebiet des Fraunhofer IPMS-CNT eingebunden werden.«

# MEMS-SCANNER: ZEISS SETZT BEI LICHTBLATTMIKROSKOP LIGHTSHEET Z.1 AUF DIE TECHNOLOGIE DES FRAUNHOFER IPMS



**ZEISS hat ein Lichtblattemikroskop entwickelt, das es ermöglicht, biologische Proben dreidimensional und über sehr lange Zeiträume hinweg zu untersuchen. Dabei kommen die vom Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS entwickelten MEMS-Scanner zum Einsatz.**

Das Lichtblattfluoreszenz-Mikroskopsystem Lightsheet Z.1 (siehe Abb. oben) bietet Forschern erstmals die Möglichkeit, dynamische Prozesse in großen, lebenden Organismen optimal zu untersuchen. Gegenüber bisherigen fluoreszenzmikroskopischen Verfahren, wie beispielsweise der Konfokalmikroskopie, zeichnet sich dieses System durch eine deutlich geringere Lichtbelastung der Proben aus, was völlig neue Möglichkeiten für eine schonende Langzeituntersuchung lebender Organismen in 3D eröffnet. Die Lichtblattfluoreszenzmikroskopie (Light Sheet Fluorescence Microscopy LSFM) erlaubt es, nur das relevante Volumen und nicht die gesamte Probe für ein Schnittbild des fluoreszenzmarkierten Gewebes durch einen sehr dünnen, aufgefächerten Laserstrahl, dem so genannten Lichtblatt, zu beleuchten. Damit wird der Fluoreszenzfarbstoff ausschließlich lokal zur Lichtemission angeregt. Eine senkrecht auf das Lichtblatt gerichtete Abbildungsoptik mit nachgeschalteter Kamera zeichnet das emittierte Licht effizient auf. So können Proben erstmals unter natürlichen, physiologischen Bedingungen aufgenommen und die Entwicklung ganzer Organismen über Tage hinweg dreidimensional verfolgt werden.

## **Fraunhofer IPMS entwickelte MEMS-Scanner für Lightsheet Z.1**

Um die Abbildungsqualität zu perfektionieren und unerwünschte Artefakte wie Schattenwurf lichtundurchlässiger Bestandteile der Probe im Lichtblatt zu eliminieren, kommt ein vom Fraunhofer

IPMS entwickelter, resonant betriebener Microscanner zum Einsatz. Der Pivot-Scanner (oder MEMS-Scanner) mit einer Spiegelplatte von 1,2 mm Durchmesser und einer dynamisch an die gewünschte Objektvergrößerung anpassbaren mechanischen Scanamplitude im Bereich von 0,9 - 6° wird nahe seiner mechanischen Resonanz bei 23 kHz betrieben. Abhängig von der Position der Spiegelplatte ändert sich der Winkel des Lichtblatts relativ zur Probe innerhalb der Beleuchtungsebene und dementsprechend die Richtung des Schattenschlags. Dank der hohen Scanfrequenz des MEMS-Scanners ist kein zusätzlicher Aufwand zur Mittelung erforderlich, die Kamera integriert automatisch über ihrer Belichtungszeit.



Gegenüber konventionellen resonant betriebenen Galvanometerscannern kann der MEMS-Scanner des Fraunhofer IPMS neben seiner geringeren Größe mit einer deutlich stabileren Schwingungsform und einer absoluten Geräuschfreiheit überzeugen. Das Scanmodul und die Ansterelektronik wurden ausgehend von der modularen LDC (Laser Deflection Cube)-Plattform des Fraunhofer IPMS an die Erfordernisse des Mikroskopiesystems angepasst.

## INC9: MÖGLICHKEITEN UND HERAUSFORDERUNGEN IN DER NANOTECHNOLOGIE

Im Rahmen der vom Fraunhofer-Verbund Mikroelektronik initiierten International Nanotechnology Conference on Communication and Cooperation INC9 diskutierten in Berlin 150 Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie industrielle und politische Entscheidungsträger aus über 15 verschiedenen Ländern über die Möglichkeiten und Herausforderungen in der Nanotechnologie.

Im Fokus stand dabei der Erfahrungsaustausch über Nanoelektronik und deren Anwendungsgebiete. Zudem berichteten die Experten aus Europa, Japan und den USA über Forschungs Kooperationen in der Nanoelektronik und angrenzenden Gebieten der Nanotechnologien. Weitere intensiv diskutierte Themen waren u. a. der potentielle Beitrag der Nanoelektronik zu energieeffizienten und umweltfreundlichen Produkten sowie die Frage nach der Nanophotonik als mögliche Schlüsseltechnologie im Bereich der optischen Kommunikation. Prof. Dr. Hubert Lakner, Institutsleiter des Fraunhofer IPMS und Vorsitzender des Fraunhofer-Verbundes Mikroelektronik, war im Lenkungsausschuss der INC9 und ordnete den Stellenwert der Nanotechnologie wie folgt ein: »Nanotechnologie unterstützt die gesamte Wertschöpfungskette, von der Konzeption bis zum Produkt. Sie bildet die Grundlage für eine unendliche Anzahl von neuen Produkten und Anwendungen.«



Im Zuge einer Poster Session präsentierten junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ihre Forschungsergebnisse im Bereich der Nanotechnologie. Die Jury wählte aus 63 Postern drei Gewinner der Regionen Europa, Japan und den USA. Prof. Lakner (links im Bild) überreichte Sascha Hermann vom Fraunhofer ENAS die Siegerurkunde.

Die INC10 findet vom 13. bis 16. Mai 2014 in Gaithersburg, Maryland statt.

## TERMINVORSCHAU

### SEMICON Europa

Dresden, Deutschland 8. - 10. Okt 2013  
Halle 2, Stand 2100

### Mikrosystemtechnik-Kongress

Aachen, Deutschland 14. - 16. Okt 2013

### Fraunhofer-Talent-School

Dresden, Deutschland 15. - 17. Nov 2013

### MEDICA

Düsseldorf, Deutschland 20. - 23. Nov 2013  
Halle 3, Stand E74



[www.ipms.fraunhofer.de/de/events.html](http://www.ipms.fraunhofer.de/de/events.html)

### Folgen Sie uns auch auf:



[facebook.com/FraunhoferIPMS](https://facebook.com/FraunhoferIPMS)



[twitter.com/FraunhoferIPMS](https://twitter.com/FraunhoferIPMS)



[xing.com/companies/fraunhoferipms](https://xing.com/companies/fraunhoferipms)



[linkedin.com/company/fraunhofer-ipms](https://linkedin.com/company/fraunhofer-ipms)

### Weitere Informationen:

Dr. Michael Scholles, Leiter Business Development & Strategy  
Tel. +49 351 88 23 201  
E-Mail [info@ipms.fraunhofer.de](mailto:info@ipms.fraunhofer.de)

