

MEMS REPORT

2 / 2014



INHALT

Neuartige Lichtwegsteuerung in faseroptischen Netzwerken
Optischer Sensor steigert Effizienz beim Punktschweißen in der Automobilindustrie
MEMS-Spiegel für die Genforschung
Forschung trifft Industrie: 4. Industry Partner Day am Fraunhofer IPMS-CNT



Prof. Dr. Hubert Lakner
Institutleiter

Liebe Kunden, Partner und Freunde
des Fraunhofer IPMS,

die Photonik wird als eine Schlüsseltechnologie für die Bewältigung der aktuellen globalen gesellschaftlichen Herausforderungen und für den Fortbestand eines industriell erfolgreichen Europas angesehen. Stärker noch als andere KETs (Key Enabling Technologies) wie Mikro-/Nanoelektronik, Nanotechnologie, Fortgeschrittene Werkstoffe und Biotechnologie wird ihr ein Wachstum für die kommenden Jahre vorausgesagt.

In diesem MEMS Report wird deutlich, dass das Fraunhofer IPMS mit seinen vielfältigen Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten diesen Querschnittscharakter der Photonik voll abbildet. Sie erfahren, wie unsere Flächenlichtmodulatoren zu neuen Lichtmikroskopen mit verbesserten Eigenschaften beitragen. Wir berichten über Entwicklungen zu Komponenten basierend auf elektrooptisch wirksamen Materialien, die neue Möglichkeiten in der optischen Telekommunikation und der faseroptischen Sensorik eröffnen. Wir stellen die Ergebnisse eines Förderprojekts der EU vor, bei dem unter Beteiligung des Fraunhofer IPMS ökonomisch besonders vorteilhafte optische Prüftechnik für die Automobilindustrie und darüber hinaus entwickelt wurde. Die Breite der genannten Themen verdeutlicht meiner Meinung nach die Attraktivität des Instituts für seine Kunden. Ich wünsche eine informative Lektüre des aktuellen MEMS Reports.

Prof. Dr. Hubert Lakner

KURZ NOTIERT

Messebeteiligung »Photonix EXPO & CONFERENCE«

Vom 16. bis 18. April präsentiert sich das Fraunhofer IPMS erstmalig auf der Fachmesse »Photonix EXPO & CONFERENCE« in Tokio, Japan, und stellt u. a. Demonstratoren aus den Bereichen Flächenlichtmodulatoren (Spatial Light Modulators, SLM), MEMS-Scanner und optische drahtlose Datenübertragung mittels Infrarot aus.

Fraunhofer-Bessel-Preisträger forscht am Fraunhofer IPMS

Als einem von drei Preisträgern wurde Dr. Wibool Piyawattanametha der mit 45 000 Euro dotierte »Fraunhofer-Bessel-Forschungspreis« verliehen, mit dem international herausragende ausländische Wissenschaftler aus allen Gebieten der angewandten Forschung ausgezeichnet werden und die Möglichkeit erhalten, ein Forschungsprojekt an einem Fraunhofer-Institut ihrer Wahl durchzuführen.

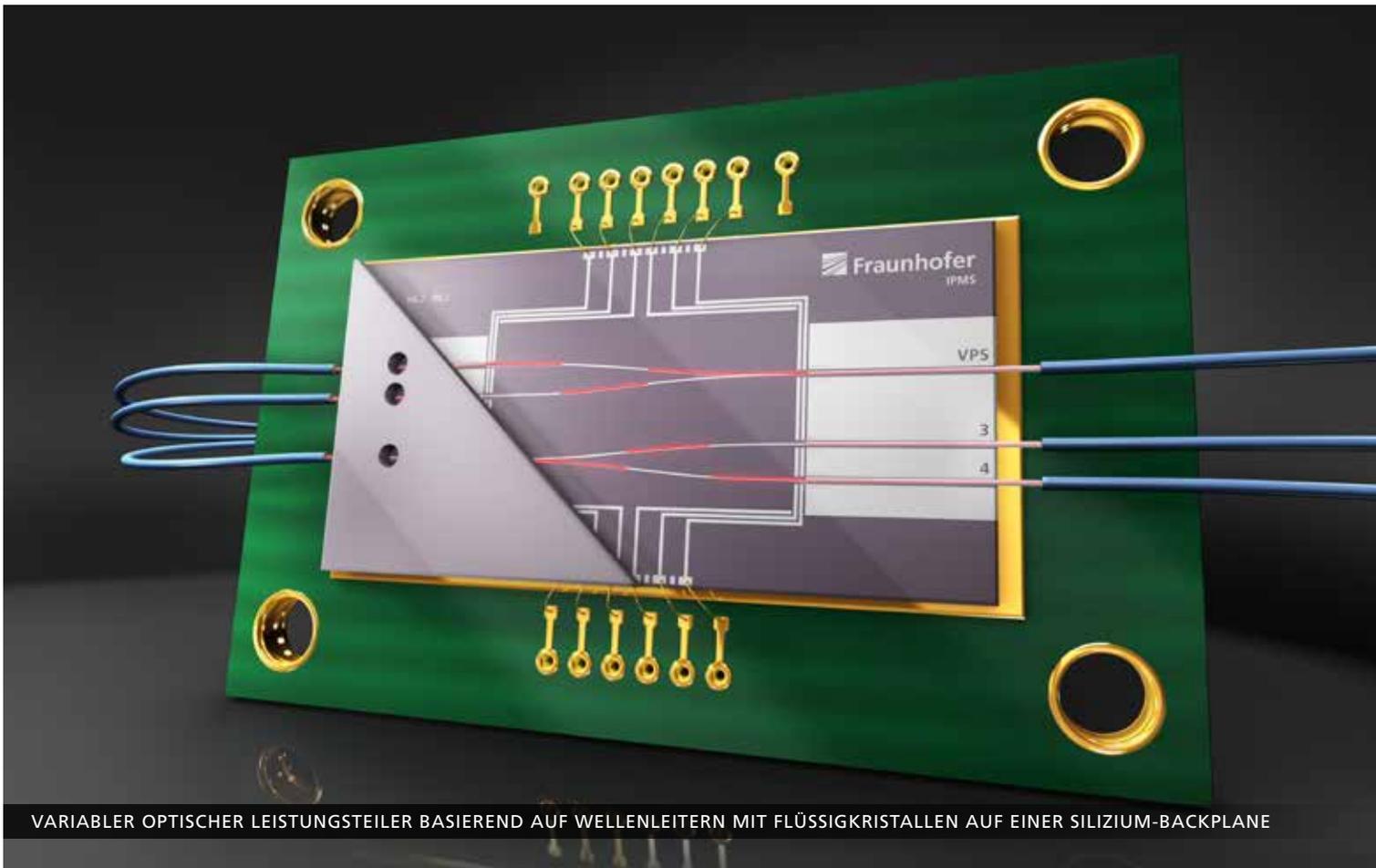


PROF. DR. SCHENK UND DR. PIYAWATTANAMETHA (RECHTS)

Dr. Piyawattanametha forscht in Thailand an der Chulalongkorn University Medical School, wo er das Center für Bildgebung leitet, und ist zudem Direktor des Labors für integrierte Biosensoren am National Electronics and Computer Technology Center und Leiter einer Arbeitsgruppe an der Stanford University. Er arbeitet auf dem Gebiet der diagnostischen Krebsforschung und entwickelt kompakte konfokale Mikroskope, die in-vivo eine optische Begutachtung von Zellen erlauben und wegen ihrer geringen Größe auch in Endoskope integriert werden können. Diese Systeme nutzen Scannerspiegel zur optischen Ablenkung des Laserstrahls.

Wir freuen uns sehr, Dr. Piyawattanametha zu einem späteren Zeitpunkt in diesem Jahr als Gastwissenschaftler an unserem Institut begrüßen zu dürfen. Mit seiner Hilfe soll für das Fraunhofer IPMS das Anwendungsgebiet »Bildgebende Systeme zur Krebsdiagnostik« erschlossen werden.

NEUARTIGE LICHTWEGSTEUERUNG IN FASEROPTISCHEN NETZWERKEN



VARIABLER OPTISCHER LEISTUNGSTEILER BASIEREND AUF WELLENLEITERN MIT FLÜSSIGKRISTALLEN AUF EINER SILIZIUM-BACKPLANE

Das Fraunhofer IPMS hat einen optischen Schalter/variablen optischen Leistungsteiler (OS/VOPS) entwickelt, der eine schnelle und verlustarme Übermittlung von Lichtsignalen in faseroptischen Netzwerken möglich macht. Die Technologie basiert auf Wellenleitern mit Flüssigkristallen auf einer Silizium-Backplane und könnte in den verschiedensten Bereichen zur Anwendung kommen. Sowohl der optische Schalter als auch der Leistungsteiler werden durch aktive Anpassung der optischen Leistung in den Ausgabekanälen gesteuert. Dies ermöglicht die effiziente Nutzung optischer Ressourcen in faseroptischen Netzwerken. Darüber hinaus können auch Messtechniken auf der Grundlage gemultiplexer faseroptischer Sensoren unmittelbar von der optischen Schaltlösung des Fraunhofer IPMS profitieren, etwa durch höhere Frequenzen im MHz-Bereich und mehr Wirtschaftlichkeit bei der Überwachung von Lichtsignalen aus Sensornetzwerken.

Telekommunikation, Umweltbeobachtung und industrielle Prozesssteuerungen profitieren derzeit von der schnellen Datenübertragung über faseroptische Netzwerke. Vor allem im

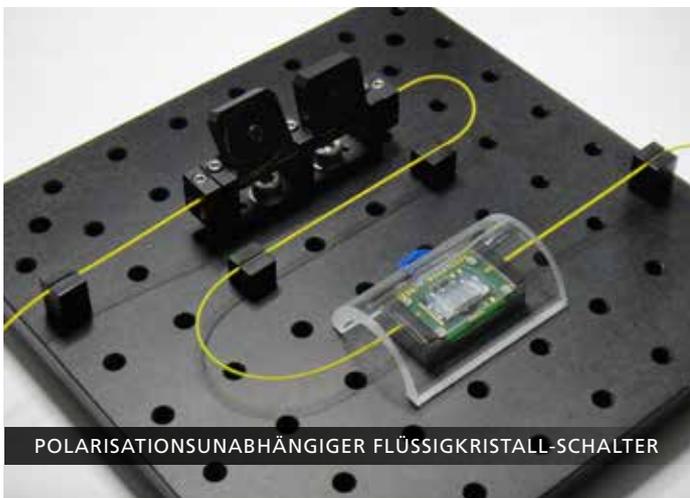
Kommunikationsbereich setzt man immer öfter auf optische Fasern, die Informationen als Lichtimpulse kodiert von einem Ort zum anderen transportieren. Mit Hilfe von Routern und Switches werden diese Informationen auf dem schnellsten Wege durch weit verzweigte faseroptische Netzwerke zum jeweiligen Empfänger geleitet. Optische Leistungsteiler (OPS) werden zur Steuerung der optischen Leistung eingesetzt und übernehmen dabei die wichtige Aufgabe, die optischen Signale im Netzwerk variabel in Echtzeit zu verteilen und zu bündeln. Der Einsatz solcher OPS bringt diverse Vorteile mit sich, etwa eine erhöhte Netzwerkflexibilität.

Andererseits können optische Fasern mit Sensoren ausgerüstet sein; die Faser dient in diesem Falle gleichzeitig als Transportmedium zur Übermittlung des Sensorsignals an das signalverarbeitende (Analyse-) Instrument. Faseroptische Sensoren kommen vermehrt in der Zustandsüberwachung zur Messung von Belastungs-, Temperatur- und Druckänderungen zum Einsatz. Im Vergleich zu herkömmlichen elektrischen Sensoren reagieren sie empfindlicher und können sensorische Daten, die an weit entfernten, gefährlichen oder schwer zugänglichen Stellen gemessen wurden, besser verarbeiten. Die Sensorsignale werden mithilfe spektrometrischer Verfahren vom Analyseinstrument verarbeitet. Die Herausforderung

NEUARTIGE LICHTWEGSTEUERUNG IN FASEROPTISCHEN NETZWERKEN

besteht darin, transportable, kosteneffiziente und für raue Umgebungsbedingungen geeignete Instrumente bereitzustellen, die Daten aus großen Netzen gemultiplexer faseroptischer Sensoren über längere Zeit hinweg überwachen können. Dabei kommt es in erster Linie auf zuverlässige Schaltvorrichtungen an, die eine schnelle Übermittlung der Sensorsignale an das Analyseinstrument ermöglichen. Bislang können von optischen Sensoren ausgelesene Signale nur mit Frequenzen im niedrigen kHz-Bereich übermittelt werden. Theoretisch können also ca. 1000 Messungen pro Sekunde und ca. 30 Milliarden Messungen im Jahr verarbeitet werden. Heutige Technologien wie z. B. optomechanische Schalter weisen jedoch einige Defizite auf: begrenzte Schaltgeschwindigkeit, mangelnde Zuverlässigkeit, niedrige Lebenserwartung aufgrund der mechanischen Komponenten sowie hohe Kosten.

Als Alternative bietet das Fraunhofer IPMS nun eine integrierte Lösung mit optischem Schalter und variablem optischem Leistungsteiler (OS/VOPS) an. Die OS/VOPS-Technologie kommt ganz ohne mechanische Teile aus und eröffnet somit neue Horizonte für Anwendungen in den Bereichen Telekommunikation und faseroptische Remote-Sensorik.



OS/VOPS bringt zahlreiche Vorteile mit sich, vor allem eine hohe Schaltgeschwindigkeit, einen zuverlässigen und stabilen Schaltvorgang, Skalierbarkeit für viele Kanäle, Integrierbarkeit in andere Geräte, eine hohe Zahl von Schaltzyklen, eine geringe Einfügedämpfung und geringes Übersprechen. Die Gruppenleiterin Dr. Florenta Costache fasst die zahlreichen Anwendungsmöglichkeiten zusammen: »Im Hinblick auf die Überwachung vernetzter faseroptischer Sensoren kann unser Bauteil mit Frequenzen im MHz-Bereich zwischen den Kanälen umschalten. Das bedeutet, dass pro Sekunde bis zu eine Million Messungen verarbeitet werden können. Da das Bauteil keine mechanischen Teile enthält, arbeitet

es außerdem nahezu verschleißfrei und hat daher das Potenzial, zur ersten Wahl für langfristige Überwachungsanwendungen zu werden. In optischen Telekommunikationsnetzwerken ermöglicht das Bauteil ein dynamisches Umschalten zwischen verschiedenen Kanälen, die Regelung und Verteilung der Leistung auf mehrere Netzwerkknoten und ein erhöhtes Maß an Effizienz durch effektive Nutzung optischer Ressourcen.«

Das vom Fraunhofer IPMS entwickelte OS/VOPS-Prinzip macht sich einen Effekt in elektrooptischen Wellenleitern zunutze, der es ermöglicht, die Lichtleistung und den Lichtweg kontrolliert zu steuern. In einer Wellenleiterstruktur wird das Licht durch eine elektrooptisch aktive Schicht aus hochtransparenten isotropen Flüssigkristallen geleitet. Der Lichtweg wird dabei durch strukturierte Elektroden auf beiden Seiten dieser Schicht definiert. Durch Anpassung eines elektrischen Feldes, auf das die Flüssigkristalle aufgrund des elektrooptischen Kerr-Effektes entsprechend reagieren, sind Schaltreaktionen im Submikrosekundenbereich sowie eine kontinuierlich über die Spannung steuerbare, voll variable Leistungsverzweigung bei geringen optischen Verlusten möglich. Das Bauteil wurde für den Wellenlängenbereich um 1550 nm entwickelt, kann aber auch für andere Wellenlängen zwischen 400 nm und 1600 nm optimiert werden.

Viele Anwendungen reagieren empfindlich auf die Polarisation des Lichts und müssen deshalb mit Komponenten zur Stabilisierung der Polarisation ausgestattet werden. Daneben gibt es aber auch Anwendungen, die polarisationsunempfindliche Komponenten erfordern, beispielsweise wenn die Komplexität faseroptischer Netzwerke reduziert und Kosten gesenkt werden sollen. Bedingt durch den elektrooptischen Effekt hängt das Ausbreitungsverhalten einer Lichtwelle im Flüssigkristall-Wellenleiter des Fraunhofer IPMS von seinem Polarisationszustand ab. Dementsprechend ist die OS/VOPS-Technologie anfällig für Änderungen dieses Zustands. Doch diese Einschränkung hat das Team von Dr. Costache kürzlich beseitigen können; eine polarisationsunabhängige OS/VOPS-Lösung befindet sich derzeit in der Umsetzung. Ermöglicht wurde die Entwicklung im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung finanzierten Projektes »Elektrooptische Wellenleiter basierend auf Flüssigkristallen für integrierte optische Schaltungen« (EOF-IOS), FKZ 13N12442. Das bis Ende 2014 laufende Projekt ist Teil der Forschungsinitiative »Wissenschaftliche Vorprojekte« (WiVorPro) innerhalb des Förderprogramms »Photonik Forschung Deutschland«. Das Projekt wird sich künftig vor allem auf die Entwicklung polarisationsunempfindlicher optischer Schalter zur Übermittlung von periodischen Signalen in signalverarbeitenden Instrumenten, wie sie von gemultiplexten optischen Sensoren generiert werden, konzentrieren.

OPTISCHER SENSOR STEIGERT EFFIZIENZ BEIM PUNKTSCHWEISSEN IN DER AUTOMOBILINDUSTRIE



Zwei Jahre lang haben drei Forschungseinrichtungen und vier Industrieunternehmen im Rahmen des Europäischen Verbundforschungsprojektes »SmartDress« an der Entwicklung eines voll automatischen Systems zur Überwachung, Optimierung und Nachbearbeitung von Elektrodenspitzen für Widerstandspunktschweißen in der Automobilindustrie gearbeitet. Das Fraunhofer IPMS steuerte dabei das optische Messsystem bei, mit dem die Abnutzung der Schweißelektroden schnell und exakt ermittelt werden kann. Dieses Wissen hilft, die Qualität der Schweißverbindungen abzusichern, Standzeiten der Elektrodenspitzen zu erhöhen und so das Punktschweißen auch für anspruchsvolle Werkstoffe, wie Aluminium, wirtschaftlich nutzen zu können.

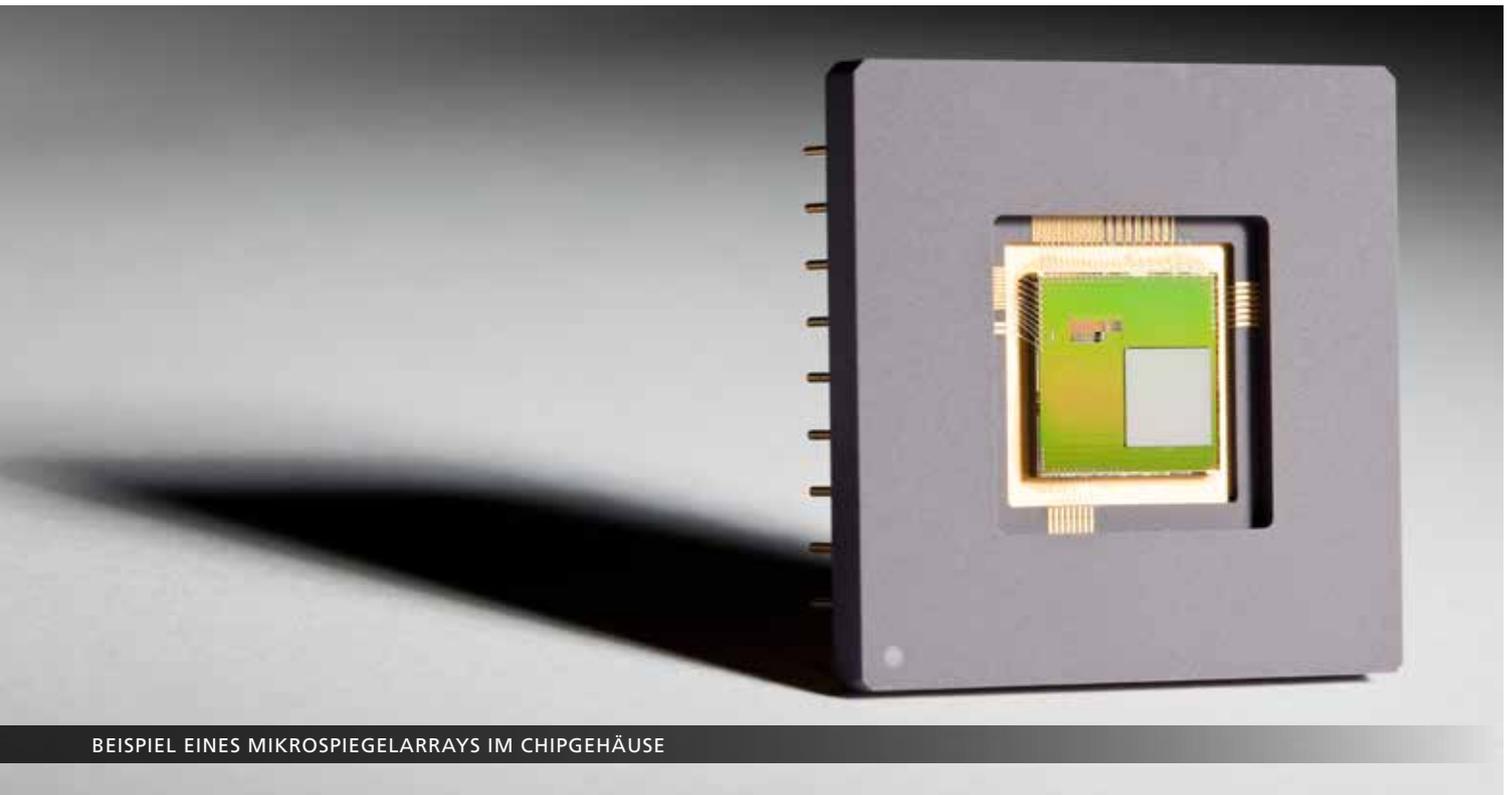
Ein durchschnittliches Familienauto wird heute von ca. 5000 Schweißpunkten zusammengehalten. Das hierfür eingesetzte Verfahren, das Widerstandspunktschweißen, ist seit Jahren unangefochten die Nr. 1 der Verbindungstechniken, um Stahlbleche in der Automobilindustrie, im Karosserie- und Fahrzeugbau und allgemein in der blechverarbeitenden Fertigung langfristig zu verfügen. Es ist wirtschaftlich, leistungsfähig und robust, und der Prozess ist hinsichtlich der maßgeblichen Schweißparameter wie Art, Dicke und Anzahl der zu verschweißenden Bauteile, deren Passung zueinander, ihrer Oberflächenbeschaffenheit sowie der Kühlung der Schweißelektrode gut zu kontrollieren und zu planen. Ein wesentlicher Qualitätsaspekt wird bislang jedoch nicht systematisch erfasst, der Verschleiß der Schweißelektrode: Bei zunehmender Anzahl von Schweißvorgängen wird die Elektrode abgenutzt, wodurch sich der Querschnitt der Kontaktflächen durch thermische und mechanische Einflüsse vergrößert. Dadurch wird der Schweißpunkt immer größer und die Aufschmelzzone zwischen den Blechen ungleichmäßig, bis hin zu nicht mehr haltend. Dies wird dadurch

verhindert, dass die Elektrodenspitzen regelmäßig gefräst bzw. nachbearbeitet werden, um den ursprünglichen Querschnitt zu erhalten. Bei verzinkten Stählen ist der Verschleiß mäßig und kann auf Basis von Erfahrungswerten korrigiert werden. Jedoch tritt bei dem Verfügen von Aluminiumteilen eine derart starke Abnutzung auf, dass die meisten Karosseriebauer das Alupunktschweißen für gänzlich ungeeignet halten. Bei einigen Baugruppen sind die Elektroden vor Beendigung eines Teiles schon verschlissen. Die Intervalle, in denen die Elektrodenspitzen nachbearbeitet werden, richten sich bisher in der Regel nach Erfahrungswerten. Die Konsequenz dieser Praxis: Vermeidbare Stillstandzeiten der Produktionslinien, unnötiger Verbrauch der Kupferelektroden sowie zeit- und materialintensives Optimieren der Wartungsintervalle in der Einrichtungsphase neuer Produktionslinien.

Diese Nachteile muss man nicht in Kauf nehmen, dachten sich Entwickler am Fraunhofer IPMS und arbeiteten gemeinsam mit zwei weiteren Forschungseinrichtungen und vier Industrieunternehmen im Rahmen des Europäischen Verbundforschungsprojektes »SmartDress« an der Entwicklung eines vollautomatischen Systems zur Regelung der Wartung von Elektrodenspitzen beim Widerstandspunktschweißen. Herzstück des Systems ist ein optischer Sensor, der den Zustand der Schweißelektrode erfasst und daraus Zeitpunkt und Ausmaß der erforderlichen beziehungsweise mechanischen Nachbearbeitung berechnet. Michael Leuckefeld, Projektleiter am Fraunhofer IPMS, erklärt die Funktionsweise so: »Unser System erfasst beide Schweißelektroden gleichzeitig aus verschiedenen Perspektiven. Dazu nutzen wir eine durch Opalglas erzeugte diffuse monochrome LED-Beleuchtung. Das Licht wird über eine Spiegelanordnung und Strahlteiler zur Elektrode und von dort wieder zurück zum Fotodetektor geleitet. Beleuchtung und Bildaufnahme nutzen so dieselben optischen Komponenten«. Der erste Prototyp basiert auf einem passiven Kamerasystem, das über eine USB-Schnittstelle von einem externen Computer gesteuert wird. Später soll die Steuerung in das Sensorsystem integriert werden. Erste Tests unter realen Produktionsbedingungen sind bereits im laufenden Jahr geplant.

»SmartDress« ist ein EU-finanziertes Projekt [Projekt-Nr. 286598], das über das 7. Forschungsrahmenprogramm für kleine und mittlere Unternehmen (KMUs) gefördert wird. Im Rahmen des Projekts wurde ein vollautomatisches System zur Wartung von Elektrodenspitzen beim Widerstandspunktschweißen entwickelt. Damit ist ein wesentlicher Fortschritt bei der Nachbearbeitung von Schweißelektroden weit über die Funktions- und Leistungsmerkmale bisheriger Technologien hinaus gelungen. Das »SmartDress«-Projekt wurde kürzlich mit einer Serie erfolgreicher Tests abgeschlossen.

MEMS-SPIEGEL FÜR DIE GENFORSCHUNG



BEISPIEL EINES MIKROSPIEGELARRAYS IM CHIPGEHÄUSE

Die Forscher des Fraunhofer IPMS haben einen programmierbaren, mikro-elektromechanischen (MEMS-) Chip entwickelt, der Licht unterschiedlichster Wellenlängen ultraschnell und mikrometergenau ablenken kann. Eingesetzt in ein Lichtmikroskop vermag die Technologie parallel mehrere Regionen, die kleiner als eine einzelne Zelle sein können, gezielt zu beleuchten und so spezifische, lichtsensitive Moleküle als Ensemble anzuregen. Unter Verwendung eines zweiten Chips gelingt es außerdem, nicht nur die Regionen genau auszuwählen, sondern auch die Bestrahlungswinkel, unter denen diese beleuchtet werden. Dadurch lassen sich auch verdeckte Objekte, die als Struktur erscheinen, noch präziser hervorheben und die zahlreichen, ungewünschten Umgebungseffekte deutlich reduzieren.

Der einzelne Chip besteht aus einer Matrix von 65 536 separaten Mikrosiegeln, die jeder für sich individuell und stufenlos gekippt werden können. Durch eine Steuerung der Auslenkung dieser Spiegel ist es möglich, Einfallswinkel und Intensität des Lichtes mit bis zu 1000 Wechseln pro Sekunde über die gesamte Matrixfläche zu verteilen. Um den Nutzen dieser MEMS-Technologie für den Einsatz in Lichtmikroskopen zu erproben, haben sich Wissenschaftler des Fraunhofer IPMS mit dem Hersteller optischer Systeme IN-VISION Digital Imaging Optics GmbH aus Österreich sowie mit Wissenschaftlern des »Institut Pasteur Maladies Infectieuses« aus Frankreich zusammengetan. Das Ziel der französischen Konsortialführer ist es, mit dieser Kombination von Optik und Genetik gezielt

die Expression von einzelnen Genen in Zellen oder Organen von Zebrafisch-Embryonen und Fruchtfliegenlarven zu beeinflussen. Durch diesen Eingriff ist es möglich, sehr viel präziser als bisher die Wirkung spezifischer Gene auf die Entwicklung von Organismen zu studieren. Das System soll auch genutzt werden, um mittels lichtaktiver Ionen Kanäle in Nervenzellen zu aktivieren und so die Wirkungsweise einzelner neuronaler Netzwerke in Gehirngewebe zu erforschen.



MIKROSPIEGELARRAY MIT ANSTEUERELEKTRONIK

Die Forschungskooperation zwischen Fraunhofer und dem Institut Pasteur wird vom Deutschen Bundesministerium für Bildung und Forschung sowie der Französischen Nationalen Forschungsagentur im Rahmen des Inter Carnot Fraunhofer-Programms unterstützt.

FORSCHUNG TRIFFT INDUSTRIE: 4. INDUSTRY PARTNER DAY AM FRAUNHOFER IPMS-CNT

Unter dem Thema »Nanoelectronic Technologies for Future Smart Systems« trafen sich am 6. Februar 2014 in der Außenstelle Königsbrücker Straße rund 100 Vertreter der Halbleiterbranche und politische Entscheider zum wissenschaftlichen Austausch zwischen angewandter Forschung und Industrie.

Eröffnet wurde das Programm durch Dr. Manfred Horstmann von Globalfoundries mit dem Vortrag »Cooperation is Key – R&D Perspectives at Globalfoundries Dresden«. Im Anschluss führten internationale Referenten wie Martin M. Frank (IBM USA) oder Malgorzata Jurczak (IMEC Belgien) durch die Agenda. Das Programm wurde durch Vortragende des Fraunhofer IPMS komplettiert und mit einer Führung durch die Reinräume und Labore des Center Nanoelektrische Technologien (CNT) auf dem Areal von Infineon Dresden abgerundet.

»Der Industry Partner Day ist eine gute Gelegenheit für unser Geschäftsfeld, einmal im Jahr in entspannter Atmosphäre mit Kooperationspartnern in persönlichen Kontakt zu treten und über zukünftige Entwicklungen und Potentiale zu diskutieren.«, sagt Dr. Jonas Sundqvist, Gruppenleiter für High-k Devices am Fraunhofer IPMS-CNT.



Die Veranstaltung, die zum vierten Mal in den Räumlichkeiten des Fraunhofer IPMS-CNT ausgerichtet wurde, fand ein durchweg positives Resümee unter den Gästen, die im Anschluss an die Vorträge und während der Pausen die Gelegenheit nutzten, um rege über Prozesse in den Bereichen Kupfermetallisierung, Nanopatterning, MEMS und Sub-Nanometer-Charakterisierung zu diskutieren.

Der nächste Industry Partner Day wird im Februar 2015 stattfinden.

TERMINVORSCHAU

Photonix

Tokio, Japan 16. - 18. April 2014
Tokyo Big Sight, Stand 19-37

Semicon Russia

Moskau, Russland 14. - 15. Mai 2014
Expocentre Moscow

Optatec

Frankfurt, Deutschland 20. - 22. Mai 2014
Messe Frankfurt, Halle 3/Stand D50

Sensor und Test

Nürnberg, Deutschland 3. - 5. Juni 2014
Messezentrum Nürnberg, Halle 12/Stand 537

Sensors Expo

Rosemont, USA 24. - 26. Juni 2014
Donald E. Stephens Convention Center, Stand 421

www.ipms.fraunhofer.de/events.html

Folgen Sie uns auch auf:



facebook.com/FraunhoferIPMS



twitter.com/FraunhoferIPMS



xing.com/companies/fraunhoferipms



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

