

MEMS REPORT

1 / 2017



INHALT

Intelligente Lagerboxen vereinfachen Kommissionierprozesse durch RFID-basiertes Verwiegen und Pick-by-Light
Fraunhofer IPMS präsentiert Li-Fi-Technologie für die Einrichtung drahtloser Unternehmensnetzwerke
Fraunhofer IPMS erhält Preis für neuartige, leistungsfähige Klasse elektrostatischer Mikroaktoren
RFID-Sensorik für Messungen in anspruchsvollen Umgebungen & drahtlose Überwachung für sicherheitskritische Anlagen
Mikro-Energie-Harvesting für integrierte Chipsysteme

Liebe Kunden, Partner und Freunde
des Fraunhofer IPMS,

die besondere Stellung der Fraunhofer-Gesellschaft innerhalb der deutschen Forschungslandschaft ergibt sich aus der klaren Ausrichtung der Forschungs- und Entwicklungsergebnisse auf eine wirtschaftliche Verwertung. Das Maß, in dem Leistungen unserer Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter in Innovationen in der Wirtschaft überführt werden können, bestimmt den Erfolg von Fraunhofer. Daher freut es uns ganz besonders, dass mit Holger Conrad ein Mitarbeiter des Fraunhofer IPMS mit dem 1. Platz für den VIP/VIP+ Validierungspreis 2017 des BMBF ausgezeichnet wurde. Wir erwarten, die neue Klasse elektrostatisch bimorph auslenkbarer Mikroaktoren, die im Rahmen des ausgezeichneten Projekts entwickelt wurden, zukünftig in zahlreichen Kundenprojekten nutzen zu können.

Auch andere FuE-Themen, die wir Ihnen in dieser Ausgabe vorstellen, sind reif für eine kommerzielle Verwertung in Zusammenarbeit mit unseren Industriepartnern. Innovative RFID-Lösungen erleichtern Prozesse in der Kommissionierung sowie Logistik und erlauben die Erfassung von Messwerten in Umgebungen, in denen kabelgebundene Lösungen nicht zum Einsatz kommen können. Unsere schon in vielen Anwendungen genutzte Li-Fi-Technologie wurde jetzt so weiter entwickelt, dass neue Anwendungsfälle erschlossen werden. Wir wünschen eine informative Lektüre des aktuellen MEMS Reports.



Prof. Dr. Harald Schenk

Prof. Dr. Hubert Lakner

MITGLIEDSCHAFT BEI MICROTEC SÜDWEST

Das Fraunhofer IPMS ist seit dem 1. Januar 2017 Mitglied bei microTEC Südwest. microTEC Südwest ist ein branchenübergreifender Technologiecluster im Südwesten Deutschlands. Im wachstumsorientierten Sektor der Mikrosystemtechnik zählt microTEC Südwest mit seinen über 360 Clusterpartnern zu den größten Technologie-Netzwerken in Europa. Die Mikrosystemtechnik schafft als Schlüsseltechnologie in zahlreichen Anwendungsfeldern die Voraussetzungen für intelligente Produkte, Prozesse und Dienstleistungen. Die im Cluster entwickelten hochinnovativen Produkte wirken in einer Vielzahl von starken Anwenderbranchen.



WORKSHOP ZUM LEISTUNGSZENTRUM »FUNKTIONSINTEGRATION FÜR DIE MIKRO-/NANOELEKTRONIK«

Nach einjähriger Laufzeit des Leistungszentrums »Funktionsintegration für die Mikro-/Nanoelektronik« wurden die Projekte und bisher erzielten Resultate am 2. Februar 2017 erstmals in einem Workshop präsentiert. In Diskussionen und Gesprächen wurde im Anschluss über Umsetzungen in der Industrie und weiterführende Anforderungen diskutiert. Die Fraunhofer-Institute IPMS, ENAS, IIS und IZM schlossen sich mit den Technischen Universitäten Dresden und Chemnitz sowie der HTW Dresden zum Leistungszentrum zusammen. In enger Kooperation mit ansässigen Unternehmen sollen Forschungs-Know-how vertieft, Innovationen schneller in Anwendungen und Produkte umgesetzt und damit die Region gestärkt werden.



INTELLIGENTE LAGERBOXEN VEREINFACHEN KOMMISSIONIERPROZESSE DURCH RFID-BASIERTES VERWIEGEN UND PICK-BY-LIGHT

Das Fraunhofer IPMS hat eine neuartige, RFID-basierte Pick-by-Light-Lösung für die effiziente und sichere Kommissionierung entworfen. Das Dresdner Forschungsinstitut entwickelte dafür eine intelligente Box, die sich mittels RFID-Technologie identifizieren und ansteuern lässt und dabei ohne eigene Energieversorgung auskommt. Zusätzlich erlaubt ein in den Boden der Box integrierter Wiegensensor eine automatische Verbuchung der Materialentnahme und Benachrichtigung zum Nachfüllen.

Um Kommissionier- oder Montageprozesse zu optimieren, haben sich so genannte »Pick-by-Light«-Lösungen (zu Deutsch etwa »Auswählen durch Lichtanzeige«) etabliert. Umständliche und unübersichtliche Packlisten in Papierform haben damit ausgedient. Mit Start eines Kommissionierauftrages wird dem Arbeiter durch eine Signallampe direkt an der Lagerbox angezeigt, welche Artikel er entnehmen muss. Durch eine Quittierungstaste wird die korrekte Entnahme abschließend bestätigt. Die Vorteile dieses Verfahrens liegen auf der Hand: Der Kommissionierer wird Schritt für Schritt geführt, das Lichtsignal informiert schnell und eindeutig über den korrekten Entnahmeort, es müssen keine unnötigen Listen oder Belege ausgefüllt oder mitgeführt werden, die Suchzeit kann so verringert und die Kommissioniergeschwindigkeit gesteigert werden. Einziger Nachteil: bisher werden Pick-by-Light-Systeme vorwiegend kabelgebunden realisiert, ein Nachrüsten einzelner Lagerboxen ist umständlich und kostenintensiv.

Mit der Nutzung der RFID-Technologie (engl. radio-frequency identification) schlägt das Fraunhofer IPMS eine alternative Lösung vor: »RFID-Tags beziehen die für ihren Betrieb benötigte Energie drahtlos aus dem abgestrahlten elektromagnetischen Wechselfeld des RFID-Readers. Sie arbeiten wartungsfrei und haben eine nahezu unbegrenzte Lebensdauer«, erklärt Prof. Dirk Reichelt, Forschungsleiter am Fraunhofer IPMS. »Die Nutzung von passiven, also batterielosen, RFID-Sensoren hat den Vorteil, dass für die Nachrüstung einer Box weder Kabel noch Batterien notwendig werden«. Bei der Lösung des Fraunhofer IPMS werden zum Beispiel Sichtlager- oder Stapelboxen mit passiven RFID-Tags ausgestattet. Diese »intelligenten« Behälter können so eindeutig identifiziert und angesteuert werden. Dabei zeigt eine auf dem RFID-Tag integrierte LED dem Arbeiter durch Aufleuchten die jeweils richtige Entnahmebox an. Gleichzeitig ermittelt die Box mit einem integrierten RFID-Wiegensensor Gewicht und Materialbe-



Das Prüfen und Nachrüsten einzelner Lagerboxen ist oft umständlich und kostenintensiv. Hier kann die RFID-basierte Pick-by-Light-Lösung des Fraunhofer IPMS Abhilfe schaffen.

stand und leitet bei Bedarf einen Nachfüllprozess ein. Die manuelle Ermittlung des aktuellen Bestandes oder die Rückmeldung von Materialentnahmen können so entfallen.

Die Entwicklung von RFID-Sensorik für intelligente Warenbehälter ist Teil eines Komplettangebots des Fraunhofer IPMS: Dieses beginnt bei der individuellen Beratung zu RFID-Anwendungen, führt über die Entwicklung von RFID-Schaltkreisen mit einer integrierten Sensor-Bridge, welche die Anbindung nahezu beliebiger Sensoren erlaubt, den Hardware-Aufbau von Sensor-Transpondern und deren individuelle Anpassungen an spezifische Applikationsszenarien und endet bei der Einbindung in existierende Softwaresysteme mit integrierter Datenanalyse und Prozesssteuerung. Um den Nutzen der RFID-Sensor-Technologie des Fraunhofer IPMS für unterschiedlichste Anwendungsfelder zu erproben, bietet das Dresdner Forschungsinstitut seinen Kunden Customer Evaluation Kits an.

Auf der LogiMat 2017, der internationalen Fachmesse für Distribution, Material- und Informationsfluss, stellte das Institut seine Pick-by-Light-Lösung erstmalig einem Fachpublikum vor. Darüber hinaus wurden Szenarien mit beispielhaften Prozessabläufen in Produktion, Materialfluss und Logistik präsentiert. In verschiedenen Einzelschritten wurde hier gezeigt, wie bewegte Objekte mit AutoID-Technologien sowie Sensoren verfolgt werden.

FRAUNHOFER IPMS PRÄSENTIERT LI-FI TECHNOLOGIE FÜR DIE EINRICHTUNG DRAHTLOSER UNTERNEHMENSNETZWERKE

Das Fraunhofer IPMS hat Li-Fi-Kommunikationsmodule entwickelt, die Datennetze in Unternehmen erweitern oder ersetzen sollen. Die Punkt-zu-Multipunkt-fähige optische Technologie vereint die Schnelligkeit, Stabilität und Sicherheit kabelgebundener Infrastrukturen mit den Kostenvorteilen und der Flexibilität drahtloser Funklösungen.

Immer mehr Unternehmen wünschen sich, ihre kabelgebundenen lokalen Netzwerke (LAN) durch drahtlose Datennetze zu erweitern oder sogar komplett zu ersetzen. Denn eine Integration von Sende-/Empfangsmodulen (Access Points) in die bestehende Netzwerkstruktur ist nicht nur erheblich kostengünstiger, als alle Rechner miteinander zu verkabeln. Sie erhöht auch die Flexibilität und Mobilität der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, weil diese unkompliziert in das Netzwerk eingebunden werden können und von jedem Platz im Unternehmen aus schnell und in Echtzeit Zugriff auf Unternehmensdaten und Internet erhalten. Derzeit verfügbare Funklösungen (WLAN) können allerdings nicht alle Erwartungen erfüllen: Die drahtlose Datenübertragung ist störanfällig und im Vergleich zu kabelgebundenen Lösungen weniger stabil und langsamer, insbesondere, wenn sich mehrere Nutzer eine Funkzelle, das heißt die Übertragungsgeschwindigkeit, teilen müssen. Vor allem aber sind WLAN-Netze anfällig für Missbrauch. Selbst verschlüsselte Netzwerke sind für Kenner verhältnismäßig einfach zu knacken. So können Hacker aus übertragenen Funkpaketen zum Beispiel Passwörter oder Login-Informationen ausspähen. Im Schadensfall ist das Unternehmen für das eigene WLAN-Netz verantwortlich und hat entsprechenden Kosten zu tragen.

Bei der am Fraunhofer IPMS entwickelten optischen drahtlosen Kommunikation sieht das ganz anders aus. »Unsere Lösung besteht darin, Licht im infraroten Bereich als drahtloses Übertragungsmedium einzusetzen«, erläutert Dr. Alexander Noack, Entwicklungsleiter am Fraunhofer IPMS. »Während physische Hindernisse wie etwa dicke Wände die Leistung eines Funksignals lediglich schwächen, so dass ein Angreifer nur ein Empfangsgerät in Reichweite der Funksignale benötigt, um Zugang zu sensiblen Unternehmensdaten zu erhalten, bietet unser Li-Fi-Netzwerk bereits bei geschlossenen Räumen Sicherheit gegen Hackerattacken.«

Die Kommunikationstechnologie des Fraunhofer IPMS ist allerdings nicht nur sicherer als Funk-Übertragungstechniken. Sie benötigt im Vergleich mit herkömmlichen drahtlosen Funktechniken auch nur 15 Prozent der Energie pro übertragenes Nutzdatenbyte und ist



Li-Fi-HotSpot: Optisch drahtlose Kommunikation über große Distanzen in Echtzeit mit bis zu 1 Gigabit pro Sekunde.

dank einer Datenrate von 1 Gigabit pro Sekunde bei vernachlässigbaren Bitfehlerraten ($<10^{-9}$) auch bis zu 10 Mal schneller. Sie ist daher für alle Einsatzgebiete besonders geeignet, bei denen große Datenmengen quasi in Echtzeit übertragen werden müssen. Sogar eine verbreitete Schwachstelle der Li-Fi-Technologie konnte das Fraunhofer IPMS-Team überwinden. Alexander Noack: »Aufgrund von Intermodulinterferenzen im selben Link war es bislang nicht möglich, dass mehrere Nutzer gleichzeitig im selben Spot agieren. Unsere Technologie erlaubt nun auch die Punkt-zu-Multipunkt-Kommunikation. So können wir z.B. Meetingräume in ein Unternehmensnetzwerk integrieren, so dass mehrere Notebooks gleichzeitig bei einem Meeting auf das Netzwerk zugreifen können.«

Für die optische drahtlose Kommunikation auf Distanzen bis zu 10 Metern bietet das Fraunhofer IPMS einen Li-Fi HotSpot, für kleinere Distanzen kommt die so genannte »GigaDock«-Technologie zum Einsatz, die mit Bandbreiten bis zu 12,5 Gigabit pro Sekunde ortsfeste Kabelverbindungen in hoch automatisierten Produktionsumgebungen ergänzen bzw. ablösen soll. Li-Fi-Hotspot und Li-Fi-GigaDock sind bereits als Customer Evaluation Kits erhältlich.

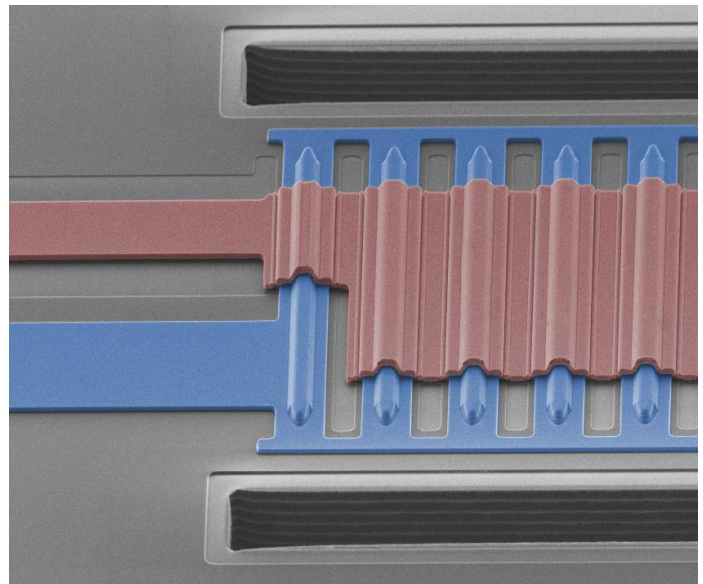
FRAUNHOFER IPMS ERHÄLT PREIS FÜR NEUARTIGE, LEISTUNGSFÄHIGE KLASSE ELEKTROSTATISCHER MIKROAKTOREN

Holger Conrad vom Fraunhofer IPMS erhält VIP/VIP+ Validierungspreis des BMBF für die Entwicklung elektrostatisch bimorph auslenkbarer Mikroaktoren im Forschungsprojekt »Nano e-drive«.

Für seine Forschungsergebnisse im Projekt Nano e-drive wurde der Wissenschaftler Holger Conrad vom Fraunhofer-Institut für Photonische Mikrosysteme IPMS in Dresden durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung BMBF mit dem 1. Platz für den VIP/VIP+ Validierungspreis 2017 ausgezeichnet. Der Preis wurde im Rahmen der Innovationstagung zur Fördermaßnahme »Validierung des gesellschaftlichen und technologischen Innovationspotenzials wissenschaftlicher Forschung« (VIP/VIP+) durch den Parlamentarischen Staatssekretär Stefan Müller am 1. Februar 2017 in Berlin verliehen.

Das Projekt Nano e-drive wurde durch die Fraunhofer-Forschungsgruppe »Mesoskopische Aktoren und Systeme« MESYS bearbeitet. Die Gruppe ist 2012 in enger Zusammenarbeit zwischen dem Fraunhofer IPMS und der BTU Cottbus-Senftenberg ins Leben gerufen worden. Unter der Leitung von Prof. Dr. Harald Schenk, Institutsleiter des Fraunhofer IPMS und Professor für Mikro- und Nanosysteme an der BTU, forschen insgesamt acht Wissenschaftler an den beiden Standorten in Dresden und Cottbus an neuartigen elektrostatischen Mikroaktoren – sogenannten nanoskopischen elektrostatischen Antrieben (engl. nanoscopic electrostatic drives, NED).

Mikroaktoren finden sich in einer großen Anzahl und Vielfalt von Anwendungen und Systemen wieder: Im Smartphone, in Wearables, in Autos, in implantierbaren Insulinpumpen oder in Piko-Projektoren. Stark miniaturisierte elektromechanische Systeme mit aktiv beweglichen Komponenten (MEMS) sind heute die technologische Grundlage unzähliger Anwendungen der Optik, der Mess- und Medizintechnik, Biotechnologie oder Kommunikationstechnik. Häufig werden elektrostatische Felder genutzt, um Aktoren anzutreiben. Die derzeit etablierten Antriebsmechanismen stoßen aber immer wieder an ihre physikalischen oder technischen Grenzen. Der neue Ansatz schafft die Möglichkeit den Pull-In-Effekt herkömmlicher elektrostatischer Aktoren zu umgehen bzw. in einen Bereich zu verschieben, welcher für den aktorischen Betrieb nicht mehr relevant ist. Die quasi-statischen Auslenkungen derartiger Aktoren können damit wesentlich größer sein, als der Elektrodenabstand es derzeit zulässt. Holger Conrad erklärt: »Mit dem neuen Prinzip können hochintegrierte und miniaturisierte



Nano e-drive Aktor.

Aktoren mit halbleiterkompatiblen Fertigungstechnologien hergestellt werden. Wir sind damit in der Lage, elektrostatische Aktoren mit extrem geringen Elektrodenabständen zu fertigen, die konkurrierenden Antriebsmechanismen stark überlegen sind.« Die neuartigen Aktoren überzeugen mit einer niedrigen elektrischen Antriebsspannung, geringem Energieverbrauch und kurzen Reaktionszeiten. Zudem sind sie CMOS- und RoHS-kompatibel, was in Kombination mit der einfachen Integrierbarkeit in Standard-Silizium-Prozesse eine kostengünstige Volumenfertigung erlaubt und damit erstmalig eine echte Alternative zu Piezoelektrischen Aktoren darstellt.

Im Rahmen der BMBF-Förderung konnten die Wissenschaftler die komplette Herstellungskette und Verfahrenstechnik für das neue Aktorprinzip entwickeln. Die Theorie der Aktoren wurde sehr erfolgreich validiert und die Ergebnisse in einen ersten Demonstrator und erste Musteranwendungen überführt: Die technische Machbarkeit wurde bewiesen. Die Anwendungsbereiche sind extrem vielfältig: Aktuell wird der Einsatz der neuen Aktoren in Mikropumpen, Mikroventilen, Lautsprechern sowie in Zoom- und Bildstabilisierungssystemen für Smartphones untersucht.

Die neue Aktorklasse ist patentiert und wurde bereits Ende 2015 im renommierten Fachmagazin »Nature« vorgestellt. Das Projekt Nano e-drive (Förderkennzeichen: 03V0297) wurde im Zeitraum 1.9.2012 bis 31.12.2015 durch das BMBF gefördert.

RFID-SENSORIK FÜR MESSUNGEN IN ANSPRUCHSVOLLEN UMGEBUNGEN UND DRAHTLOSE ÜBERWACHUNG FÜR SICHERHEITSKRITISCHE ANLAGEN

Radio Frequency Identification (RFID) Sensorik ermöglicht die drahtlose, wartungsfreie Messung von Temperaturen und anderen physikalischen Parametern auch an schlecht erreichbaren Einbauorten und in durch anspruchsvollen Bedingungen gekennzeichneten Umgebungen. In derartigen Szenarien ist der Betrieb kabelgebundener oder batteriebetriebener Messsysteme häufig ausgeschlossen, sicherheitsbedenklich oder zu aufwendig. Entwickler am Fraunhofer IPMS haben ein flexibles, multitagfähiges Systemkonzept für RFID-Sensoren entworfen, das Maschinen im Industrieumfeld überwachen soll und auch in metallischen Umgebungen erprobt ist.

Sei es in der Produktion zur Erfassung von Maschinen- oder Produktzuständen, in der Umwelttechnik oder im Bergbau: RFID-Sensoren messen und übertragen physikalische Größen jeder Art berührungslos auch in schwer zugänglichen oder schnell rotierenden Umgebungen, in denen andere Messgeräte versagen. Dabei nutzen die mit Sensoren bestückten RFID-Tags das elektromagnetische Feld eines Readers als Energiequelle und müssen so praktisch nicht gewartet werden, weil sie ohne eigene Stromversorgung auskommen. Das am Fraunhofer IPMS entwickelte flexible RFID-Überwachungssystem misst anwendungsspezifische Parameter, wertet sie aus und leitet daraus beispielsweise Ausfallrisiken für Anlagen ab. So lassen sich im konkreten Anwendungsfall Wartungs- und Stillstandszeiten reduzieren und die Anlagenverfügbarkeit erhöhen.



RFID-Sensorik ermöglicht die drahtlose, wartungsfreie Messung von physikalischen Parametern auch an schwer zugänglichen Orten.

Die Entwicklung von Sensortranspondern ist Teil eines Komplettangebots des Fraunhofer IPMS: Dieses beginnt bei der individuellen Beratung zu RFID-Anwendungen, führt über die Entwicklung von RFID-Schaltkreisen mit einer integrierten Sensor-Bridge, welche die Anbindung nahezu beliebiger Sensoren erlaubt, den Hardware-Aufbau von Sensor-Transpondern und deren individuelle Anpassungen an spezifische Applikationsszenarien und endet bei der Einbindung in existierende Softwaresysteme mit integrierter Datenanalyse und Prozesssteuerung. »Jüngste Tests haben gezeigt, dass unser System auch integriert in festen Installationen in metallischen Umgebungen störungsfrei funktioniert«, erläutert Dr. Andreas Weder, Leiter des Entwicklerteams am Fraunhofer IPMS. »Darüber hinaus ist die aktuelle Version bei Reichweiten bis zu zwei Metern multitagfähig, das heißt es können mehrere Sensor-Tags gleichzeitig erfasst werden.«



Das System funktioniert störungsfrei in metallischen Umgebungen.

Teil des Systems ist auch eine RFID-Middleware, der sogenannte ROAD-Server. Dazu Weder: »RFID-Komponenten unterscheiden sich je nach Hersteller, genutztem Frequenzband, Protokoll, Schnittstelle und Sensor zum Teil erheblich und lassen sich nicht ohne weiteres miteinander kombinieren. Unser ROAD-Server macht es möglich, dass sich beliebige Lesegeräte, Identifikations- und Sensor-Transponder in den verschiedenen Frequenzbereichen (LF, HF, UHF und NFC) und von verschiedenen Herstellern über eine einheitliche OPC-UA Schnittstelle ansprechen lassen. So können sie flexibel in die Produktionsabläufe integriert werden«. Um den Nutzen der RFID-Sensor-Technologie des Fraunhofer IPMS für unterschiedlichste Anwendungsfelder zu erproben, bietet das Institut seinen Kunden Customer Evaluation Kits an.

MIKRO-ENERGIE-HARVESTING FÜR INTEGRIERTE CHIPSYSTEME

Das Fraunhofer IPMS startet das zweijährige Forschungsprojekt CONSIVA zur Entwicklung von Mikro-Energie-Harvestern für autarke, integrierte Chipsysteme. Durch den Einsatz neuartiger piezoelektrischer Materialien in vibrationsbasierten Harvestern kann deren Größe entscheidend minimiert und die Einsatzdauer bedeutend erhöht werden.

Energie-Harvester können kleine Energiemengen aus Quellen wie Umgebungstemperatur, Lichteinstrahlung oder Schwingungen gewinnen, um dann autarke Mikrosysteme mit Energie zu versorgen. Vibrationsbasierte Harvester im Speziellen nutzen vorhandene Bewegungsenergie aus der Umgebung und wandeln diese in elektrische Energie um. Piezoelektrische Materialien eignen sich durch das direkte mechanisch-elektrische Umwandlungsprinzip besonders zur Entwicklung vibrationsbasierter Harvester.

Im Forschungsprojekt CONSIVA werden am Center Nanoelectronic Technologies (CNT) des Fraunhofer IPMS der Piezoeffizient und das Anwendungspotenzial von Hafniumdioxid-Dünnschichten evaluiert. Dieses Material hat ferroelektrische und damit piezoelektrische Eigenschaften und ist in der Mikroelektronik qualifiziert. Aufgrund seiner hohen Dielektrizitätskonstante kommt es bereits in modernen Feldeffekttransistoren zur Anwendung. Neben der Materialentwicklung und der elektromechanischen Charakterisierung an aktiven Teststrukturen soll durch Simulationen ein auf Hafniumdioxid angepasstes Harvester-Layout konzipiert werden. Anhand dieser Entwürfe sollen neue Anwendungsszenarien für das Mikro-Energie-Harvesting abgebildet werden. »In den letzten Jahren haben wir umfangreiche Erfahrung mit der Herstellung, Integration und Optimierung von ferroelektrischem Hafniumdioxid für neueste Speicheranwendungen sammeln können. Gerade im Bereich Energie-Harvesting sehen wir ein großes Potential, diese Erfahrungen erfolgreich einzusetzen. Durch diese neuartigen piezoelektrischen Materialien können wir die Miniaturisierung von vibrationsbasierten Harvestern entscheidend vorantreiben.« erklärt Dr. Wenke Weinreich, Gruppenleiterin am Fraunhofer IPMS-CNT.

Die Anwendungsbereiche für energieautarke Mikrosysteme sind vor allem in der Medizintechnik und der drahtlosen Sensorik zu finden. Die Erkenntnisse aus der Umsetzung der Mikro-Energie-Harvesting-Technologie lassen sich künftig auch auf weitere Anwendungsfelder des Internet of Things (IoT) übertragen. Das Vorhaben wird von der Sächsischen Aufbaubank unterstützt (Projektnummer 100273858).

TERMINVORSCHAU

Photonix

Tokio, Japan 5. - 7. April 2017
Tokyo Big Sight East, Stand 47-6

SENSOR+TEST

Nürnberg, Deutschland 30. Mai - 1. Juni 2017
Messe Nürnberg, Halle 5, Stand 248

LASER

München, Deutschland 26. - 29. Juni 2017
Messe München, Halle B3, Stand 327

Sensors Expo & Conference

San Jose, CA, USA 28. - 29. Juni 2017
McEnery Convention Center, Stand 535

SEMICON West

San Francisco, CA, USA 11. - 13. Juli 2017
Moscone Center

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



youtube.com/user/fraunhoferipms

Weitere Informationen:

Dr. Michael Scholles, Leiter Business Development & Strategy
Tel.: +49 351 88 23 201

E-Mail: info@ipms.fraunhofer.de

