



# Impressum

## Herausgeber

Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH

Ehrenbergstraße 27 D-98693 Ilmenau

Tel.:+49.3677.6955.00 Fax:+49.3677.6955.15 E-Mail: imms@imms.de www: http://www.imms.de

## Lektorat

Prof. Dr.-Ing. Ralf Sommer Dipl.-Ing. Hans-Joachim Kelm

Dipl.-Hdl. Dipl.-Des. Beate Hövelmans

Dipl.-Ing. Anne Arlt

# Übersetzung

Claudia Koch

# **Layout und Satz**

Manuel Mohr

Dipl.-Hdl. Dipl.-Des. Beate Hövelmans

#### **Fotos**

Dipl.-Hdl. Dipl.-Des. Beate Hövelmans

## **Druck**

Brandtdruck e.K., www.brandtdruck.de

Alle Rechte sind vorbehalten. Vervielfältigung und Veröffentlichung nur mit Genehmigung der IMMS GmbH.

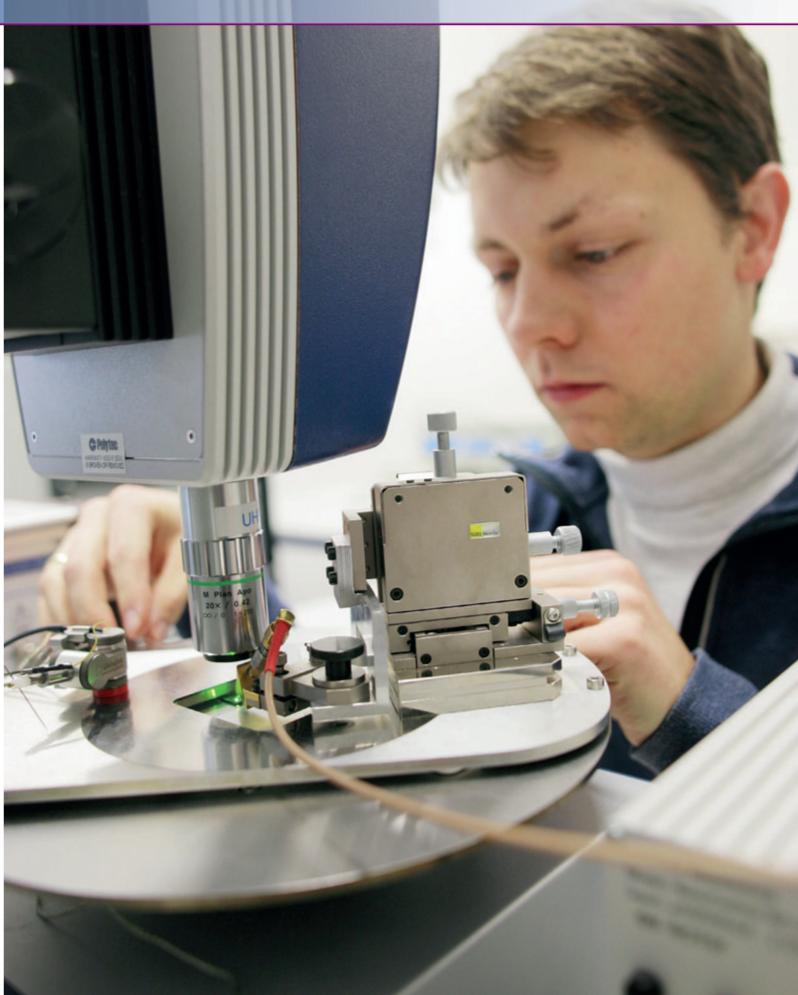
Februar 2012

Seite 1:

Am IMMS entwickelte Fassung für applikationsspezifische Bauelemente in einem Wafer-Level-Package

Seite 3:

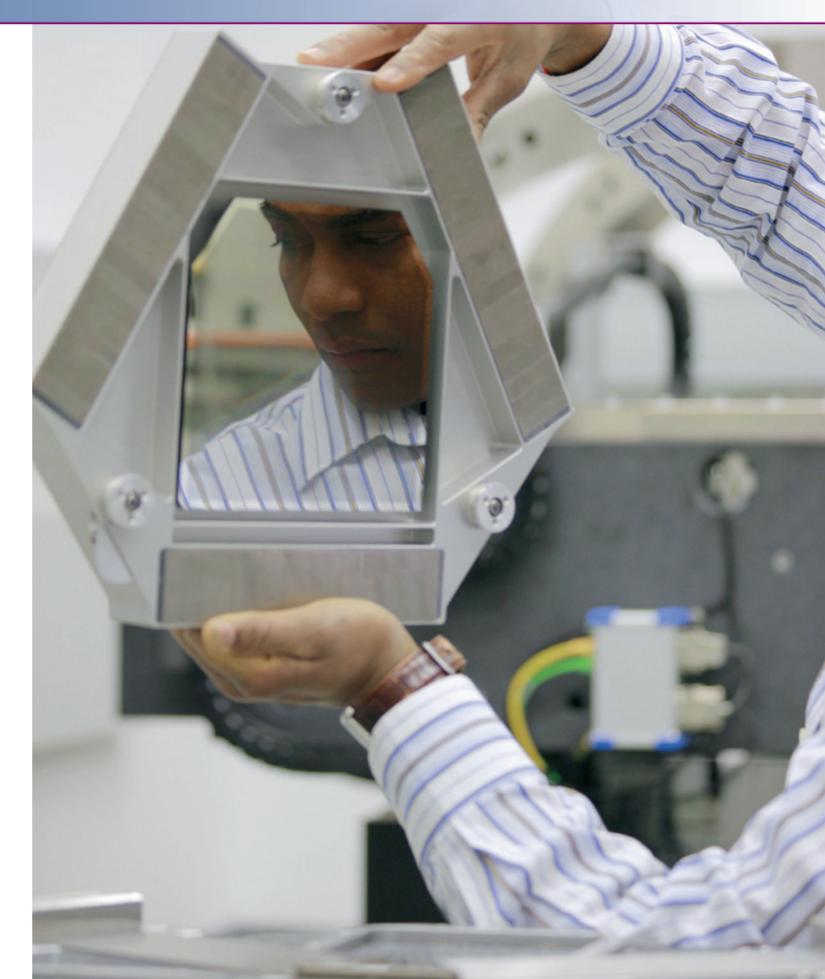
Messung von
MEMS-Resonatorstrukturen mittels
eines Laser-DopplerVibrometers zur Identifikation von
Longitudinalmoden
(Vergleich Seite 24)





# Inhaltsverzeichnis

- 2 Impressum
- 4 Inhaltsverzeichnis
- 6 Vorwor
- 8 Partnerschaft mit der TU Ilmenau
- 9 Vernetzt, mobil, smart Bausteine der Innovationen von morgen
- 11 Testimonials
- 13 Nachwuchsförderung am IMMS
- 16 Das IMMS in Zahlen
- 17 Events und Institutsleben
- 22 Magnetischer 6D-Direktantrieb Mag6D
- 24 MEMS/NEMS Simulation und Test
- 26 ASIC-Entwicklung und Test für ein Retina-Implantat
- 28 SMARTIEHS setzt neue Maßstäbe für
- MEMS-Tests auf Wafer-Ebene
- 31 Energiemanagement von Funksensorknoten
- Das IMMS erschließt neue Anwendungen für drahtlose Sensornetzwerke
- 35 Ein Tool-Framework zum Technologietransfer analoger Schaltungen
- 39 Organigramm
- 41 Publikationen 2011
- 48 Anfahrt



Frei schwebender Läufer des Mag6D-Systems mit 6D-Maßstab auf der spiegelnden Platte für präzise Positionierungen (Vergleich Seite 22)



# Vorwort

Die Forschungsstrategie des Instituts für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH (IMMS) stellt die Anwendung in ihren Mittelpunkt. Es werden Lösungen erarbeitet, die später auch in Produkte münden. In enger Kooperation mit der Technischen Universität Ilmenau und seinen Industriepartnern arbeitet das Institut an der Vertiefung, Verbreitung und Umsetzung von Forschungsergebnissen und leistet anwendungsorientierte Vorlaufforschung und Entwicklung im Bereich der Mikroelektronik- und Systemtechnik sowie der Mechatronik. Synergien zwischen diesen Bereichen auszubauen und verstärkt interdisziplinär zu arbeiten sowie ein breites Erfahrungs- und Wissenspotenzial heranzubilden, ist das Ziel des IMMS. Es deckt sich mit der Forderung der Bundesregierung in ihrer Hightech-Strategie nach einer Gesamt-Systemkompetenz. Gleichzeitig verfolgt das Institut Schwerpunkte der Thüringer Politik und richtet seine Forschungen bereits seit Jahren so aus, dass wichtige Beiträge unter anderem zum Aufbau nachhaltiger ("grüner") Produktionstechniken und Verbrauchsprozesse geleistet werden, wie sie im Förderprogramm "Thüringen GreenTech" unter den Stichworten "Energieeffizienz" und "Rohstoff- und Materialeffizienz" gefordert werden.

Das IMMS entwickelt beispielsweise kostengünstige und energieeffiziente Hard- und Software-Lösungen für multimodale Smart-Sensoren. Das sind Mehrgrößen-Sensoren mit eingebetteter elektronischer Signalverarbeitung, die aus mikroelektronischen Schaltungen und eingebetteten Systembzw. Mikrosystem-Komponenten bestehen. Zu den Forschungsschwerpunkten gehören ebenso neue Kommunikationsprotokolle zur Optimierung von Informationsdurchsatz und Energiebedarf sowie zur Selbstkonfiguration komplexer, hochdichter, drahtloser Sensornetzwerke ("Sensor-Wolken"), optimale Energy-Harvesting-Lösungen zum energieautarken Betrieb drahtloser Sensoren an schwer zugänglichen Stellen und in kostensensitiven Applikationen sowie die Charakterisierung und Kalibrierung energieautarker, multimodaler Smart-Sensoren unter besonderer Berücksichtigung der Material- und

Ressourceneffizienz. Dieses am Institut entwickelte, universelle Know-how kann in verschiedensten strategischen Anwendungsbereichen eingesetzt werden, wie Umweltmonitoring, Green Building, Green Mobility oder Katastrophenschutz. Diese am IMMS seit langem behandelten Themen erhalten durch die 2011 gebildete Forschergruppe "Green Sense" eine enorme Schubkraft. Die nunmehr interdisziplinäre Forschung ist darauf ausgerichtet, die multimodalen Smart-Sensoren effizienter zu machen, sie in einer modularen Technologieplattform zu vereinen und für ein breites Spektrum zukünftiger Anwendungsszenarien zu erschließen.

### Förderung des wissenschaftlichen **Nachwuchses**

Das IMMS nimmt seinen Auftrag zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses sehr engagiert wahr. Es betreute Promotionsvorhaben und viele Forschungsarbeiten in Kooperation mit der Technischen Universität Ilmenau und weiteren deutschen und internationalen Hochschulen im Rahmen studentischer Arbeiten, wie Praktika, Tätigkeiten als studentische Hilfskraft, Bachelor- und Master-Arbeiten. Das Institut verfügt über eine international wettbewerbsfähige Infrastruktur nach industriellem Standard in den Bereichen Entwurfsunterstützung und Labortechnik für elektronische und mechatronische Systeme, die für die Forschungsarbeiten und die dafür im Vorfeld notwendigen Qualifizierungsmaßnahmen bereitgestellt werden. Gerade im letzten Jahr ist ein stark steigender Anteil von Studenten der TU Ilmenau zu verzeichnen. Das zeigt, dass die intensiven Bemühungen im Bereich der Grundlagenausbildung Früchte tragen.

So finden hoch motivierte Studenten mit hervorragenden Leistungen den Weg ans IMMS, was uns besonders freut. In einigen Bereichen ist das Institut dabei sogar an seine Kapazitätsgrenzen gelangt. Um den wissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern und zu fordern, wurde unter anderem ein wöchentliches "Scientific Seminar" eingeführt. Dort stellen Studenten und Promovenden ihre Ar-



beiten und Probleme vor, die dann intensiv diskutiert werden. Der dadurch initiierte, rege inhaltliche Austausch geht über die fachlichen Grenzen der eigenen Arbeitsgebiete hinaus und fördert so neue Verknüpfungen und Ideen.

Neue Ideen und Projekte wurden 2011 von den fast 90 Mitarbeitern des IMMS vorangebracht, um für die Industrie innovative Entwicklungen zur Marktreife zu führen. Mit den Arbeiten können Stents hochpräzise und einfacher hergestellt werden, Blinde das Sehen erlernen, Materialverschleiß von Flugzeugtragflächen überwacht und Emissionen von Motoren oder Biogasanlagen untersucht werden. Welche Forschungsarbeiten dafür und für zahlreiche andere Entwicklungen des Instituts notwendig waren, beleuchtet der vorliegende Bericht.

Doch zunächst möchten wir im Namen des IMMS-Teams dem Freistaat Thüringen danken, durch dessen Förderung unsere Arbeit erst möglich wird. Dem Aufsichtsrat und dem Wissenschaftlichen Beirat des IMMS danken wir dafür, dass sie uns in allen Fragen fördernd und beratend zur Seite stehen. Bei der TU Ilmenau bedanken wir uns

für die hervorragende Zusammenarbeit, die nicht nur eine enorme Bereicherung für unser Schaffen bedeutet, sondern durch die Verbindung der Forschungsthemen beider Einrichtungen über verschiedene Wissenschaftsdisziplinen hinweg Synergieeffekte hervorbringt. Unser Dank gilt auch allen Geschäftspartnern und Förderern, Freunden und Menschen, die uns in unserem Tun bestärken. Am wichtigsten sind aber unsere kreativen und engagierten Köpfe. Bei ihnen, unseren Mitarbeitern und unseren Studenten, bedanken wir uns dafür, dass sie mit fachlicher Expertise und persönlichen Kompetenzen, konstruktiver und vertrauensvoller Zusammenarbeit unser Institut voranbringen und unsere gemeinsame Zukunft gestalten.

R. Young

Dipl.-Ing. Hans-Joachim Kelm

Prof. Dr.-Ina. Ralf Sommer



# Partnerschaft mit der TU Ilmenau

Durch seine Stellung als An-Institut der TU Ilmenau profitiert sowohl das IMMS als auch die Universität von der Forschung und der wissenschaftlichen Vernetzung beider Partner. In mehr als 13 Forschungsprojekten hat das IMMS 2011 mit 28 Fachgebieten in den Bereichen Elektro- und Informationstechnik, Maschinenbau, Informatik und Automatisierung, Mathematik sowie Medien- und Kommunikationswissenschaften kooperiert. Die Schwerpunkte lagen auf hochpräzisen Positionier- und Messmaschinen, Biomedizintechnik, Sensorik zur Prozessüberwachung bei hohen Temperaturen und Hochfrequenztechnik für die Satellitennavigation. Die Vernetzung des IMMS mit der Industrie lieferte für die Forschungstätigkeit des Instituts und der TU IImenau wertvolle Praxisimpulse.

Auch 2011 haben sich die Wissenschaftler des IMMS stark in der Förderung des Nachwuchses engagiert. Sie vermitteln Studenten der TU Ilmenau theoretisch fundiertes Methodenwissen und verknüpfen dieses frühzeitig mit der praktischen Umsetzung in Anwendungen. Zudem bietet das Institut Trainingskurse und Firmenbesichtigungen an. 2011 arbeiteten insgesamt 46 Studenten als Praktikanten oder studentische Hilfskräfte im IMMS oder sie schrieben hier ihre Bachelor-, Master- oder Diplomarbeiten. Für den Nachwuchs bietet die Vernetzung des Instituts mit der Industrie die Chance auf praxisnahe Themen und ergebnisorientiertes Arbeiten.

## **Highlights Kooperationen 2011:**

Magnetisch schwebende Plattform zur Nanometer-Positionierung

Mag6D heißt ein hochpräzises Antriebssystem, welches eine Plattform allein durch magnetische Kräfte zum Schweben bringt und diese in 6 Koordinaten positioniert. Das Prototypensystem haben das IMMS, die TU Ilmenau, Fachgebiet Mechatronik und die Firma PI - Physik Instrumente GmbH realisiert.

## Enge Kooperationen in den Forschergruppen GreenSense und PORT

Ziel der IMMS-Forschergruppe GreenSense ist die Erforschung und Entwicklung einer modularen Technologieplattform, um den energieeffizienten Aufbau und den Betrieb hochkomplexer, engmaschiger, energieautarker, multimodaler Smart-Sensor-Netzwerke für ein breites Spektrum zukünftiger Anwendungsszenarien zu ermöglichen, insbesondere für die Überwachung und Regelung industrieller Produktions-, Transport- und Betriebsprozesse. Eine enge Kooperation gibt es auch mit der Forschergruppe Powertrain/radio train (PORT) im Rahmen des Thüringer Innovationszentrums Mobilität (ThIMo). Beide Forschergruppen leisten wichtige Beiträge zum Aufbau "grüner" Produktionstechniken und Verbrauchsprozesse, wie sie im Förderprogramm "Thüringen GreenTech" unter den Stichworten "Energieeffizienz" und "Rohstoff- und Materialeffizienz" gefördert werden.

#### Zusammenarbeit zwischen Graduiertenkolleg Mobicom und IMMS angebahnt

Im Dezember 2011 wurde zwischen Prof. Dr. Mitschele-Thiel und dem IMMS ein Vorgehen zur Zusammenarbeit im Bereich mobiler drahtloser Kommunikation vereinbart. Ziel ist es, Informationen aus autark arbeitenden Sensornetzwerken in übergeordnete IT-Infrastrukturen zu überführen, ohne permanent an eine Basisstation gekoppelt zu sein. Ein am IMMS entwickeltes Sensornetzwerk wird im Fachgebiet Integrierte Kommunikationssysteme der TU Ilmenau in Szenarien zum Katastrophenmanagement integriert. Gemeinsame Tests und weitere Aktivitäten sind geplant.

# Vernetzt, mobil, smart – Bausteine der Innovationen von morgen

Der 6. Nationale IT- Gipfel in München am 6.12.2011 stand unter dem Motto: vernetzt, mobil, smart. Intelligente Informations- und Kommunikationsprodukte (IKT) beeinflussen im starken Maße die Wirtschaft, das Arbeits- und unser Privatleben. Bestehende Infrastrukturen werden zunehmend mit modernen IKT-Lösungen ausgestattet, sie vernetzen sich. Die smarten Technologien bilden im zunehmenden Prozess der Digitalisierung von Wirtschaft und Gesellschaft den Schlüssel für Wachstum und Wohlstand. Sie sind die Basis für den Ausbau der Infrastruktur zu sogenannten intelligenten Netzen. Diese ermöglichen innovative, effiziente und nachhaltige Infrastrukturen, wie in den Systemen von Energie, Verkehr, Logistik, Automatisierung, Verwaltung oder Gesundheit. Das Internet wird zunehmend leistungsfähiger und mobil. Intelligente Netze werden so eingesetzt, dass Energie effizienter genutzt wird, dass Patienten besser versorgt werden, dass der Verkehr besser und sicherer fließt. Solche komplexe Aufgaben, wie "Smart Grid" oder "Smart Traffic" (Bild 1), sind nur in einer ressort- und branchenübergreifenden Zusammenarbeit zu bewältigen. Ist das IMMS auf die neuen Herausforderungen eingestellt? Wie können die Kompetenzen in einem "Großprojekt" integriert werden? Eine Antwort hat das Institut mit seinen Partnern gefunden: Seit Jahren forschen die IMMS-Spezialisten auf dem Zukunftsfeld der "Sensornetze". Diese sammeln Daten per Funk in Echtzeit ein, die die Betreiber von unterschiedlichen Anwendungsszenarien nutzen können, um beispiels-

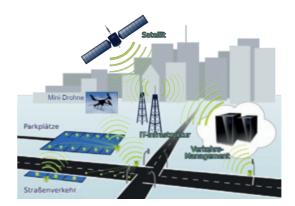


Bild 1: Smart Traffic; Quelle: IMMS

weise mehr Verkehr über eine Straßenkreuzung zu leiten. Die anwendungsspezifischen Lösungen und Dienstleistungen sind offen und benutzerfreundlich. Sie lassen sich nahtlos in die Systemumgebung unserer Kunden integrieren.

Um Innovationen von morgen zu realisieren, zeigt aber auch, dass es um branchenübergreifende Sichtweisen geht und eine Bündelung aller Fachkompetenzen zwingend erforderlich ist. Neben der Technik spielen Standards, Regulierungen und juristische Fragestellungen eine wesentliche Rolle. Intelligente Lösungen zwingen zu interdisziplinärem Vorgehen. Hier bringt sich das IMMS mit Wissen und Können umfassend ein.

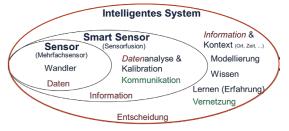


Bild 2: Vom Sensor zum intelligenten System; Quelle: IMMS

Folgende Aktivitäten tragen dazu bei, das IMMS-Know-how gezielt sichtbar zu machen, auf neue Forschungsaktivitäten und -ergebnisse aufmerksam zu machen und diese nutzenstiftend in eine Anwendung zu überführen:

- Aktive Mitwirkung bei der Ambient-Assisted-Living-Normung und beim Roadmapping,
- Nutzung des Netzwerkes SatNav Saxony zur Bündelung der in Sachsen und Thüringen vorhandenen Kompetenzen in den Bereichen Navigationsanwendungen, Geoinformation, Informations- und Kommunikationstechnik, Verkehrstelematik und autonomer Systeme,
- Vorbereitung und Durchführung von Veranstaltungen mit Zukunftsorientierung, wie "Sensoren für erneuerbare Energie und Energieeffizienz" (Bild2) oder "Cyber-Physical Systems" (CPS).

#### Kontakt

Dr.-Ing. Wolfgang Sinn Leiter strategisches Marketing wolfgang.sinn@imms.de





# **Testimonials**



Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. HANNES TÖPFER, Fachgebietsleiter Theoretische Elektrotechnik an der TU Ilmenau

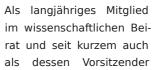
Am Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik der TU Ilmenau bearbeiten wir Forschungsthemen zur Entwicklung hochempfindlicher elektromagneti-

scher Sensoren. So werden im DFG-Graduiertenkolleg "Elektromagnetische Strömungsmessung und Wirbelstromprüfung mittels Lorentzkraft" Grundlagen für innovative Verfahren zur zerstörungsfreien Werkstoffprüfung erarbeitet. Diese sind anwendbar auf nicht-ferromagnetische Leitermaterialien wie Aluminium oder leitfähige Verbundwerkstoffe. Bereits jetzt ist durch Laborexperimente und numerische Simulationen nachgewiesen, dass Materialdefekte in elektrischen Leitern in deutlich größeren Tiefen als mit der traditionellen Wirbelstromprüfung detektiert werden können.

Für diese Entwicklung war auch 2011 die Zusammenarbeit mit dem IMMS von großer Bedeutung, da hier in hervorragender Weise Forschungskompetenz und Anwendungsnähe vereint sind. Insbesondere die Kooperation mit dem Themenbereich Mechatronik hat wesentlich dazu beigetragen, den Praxisbezug bei den Materialprüfverfahren zu gewährleisten.

Im Ergebnis werden Lösungen entstehen, deren Anwendungsorientierung im engen Dialog von Anfang an mit eingebracht wurde. Dieses Beispiel illustriert die vorteilhaften Effekte des Zusammenwirkens von Grundlagen- und angewandter Forschung. Seitens des Fachgebietes an der TU Ilmenau strebe ich zukünftig die Ausdehnung dieser Art Zusammenarbeit auch auf weitere Forschungsthemen an.

Seite 10: Überprüfung eines Wafers mit einem Prober Prof. Dr. CHRISTIAN BRECHER, Institutsdirektor des WZL der RWTH Aachen, Forschungsbereich Werkzeugmaschinen, Vorsitzender des wissenschaftlichen Beirates des IMMS





freue ich mich sehr, die Entwicklungen sowie die strategische Ausrichtung des IMMS aktiv begleiten zu dürfen. Das Institut hat sich aufgrund jahrelanger Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sehr viel Know-how mit einer hohen Kompetenz und Expertise im Bereich der Mikroelektronik, der Mechatronik, des System Designs und der Messtechnik erworben. Diese vier Bereiche wirken in zwei Forschungsprogrammen für Mikroelektronik und Mechatronik in einer nahezu einzigartigen Kombination mit zahlreichen Synergieeffekten zusammen und schaffen so ein Alleinstellungsmerkmal für das Institut.

"Integrativität" ist die Schlüsselkompetenz für die Beherrschung der Herausforderung von morgen und beschreibt das ganzheitliche, fach- und disziplinübergreifende Verständnis komplexer Fragestellungen. Die Systeme von morgen können aufgrund ihrer heterogenen Strukturen nur noch ganzheitlich entworfen werden. Ein Sensor-Aktor-System z. B. umfasst die Gebiete der Mechanik, Magnetik, Fluidik sowie der Mikroelektronik. Diese Systeme können im Sinne des Gesamtoptimums nicht mehr für die verschiedenen Domänen getrennt entworfen und dann zusammengesetzt werden. Da die Einzelsysteme immer stärker zu großen Netzwerken verbunden werden, rücken ebenfalls Aspekte der übergeordneten Kommunikation immer stärker in den Vordergrund.

Diesen ganzheitlichen, domänenübergreifenden Entwurf zu beherrschen, ist eine der langfristig verfolgten strategischen Zielstellungen des IMMS. Dazu arbeitet das Institut als interdisziplinäres Team gleichfalls mit starken Partnern wie der TU Ilmenau zusammen. Unternehmen der unterschiedlichsten Branchen, darunter viele aus Thüringen, finden im IMMS einen geeigneten Partner, mit dem sie zuverlässig die Kluft zwischen neuesten wissenschaftlichen Erkenntnissen und der Entwicklung innovativer Produkte nachhaltig schließen können.





Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. MATTHIAS HEIN, Direktor des Instituts für Informationstechnik der TU Ilmenau und Mitglied des ThIMo-Fachteams

Aus meiner Sicht als Direktor des Instituts für Informationstechnik und Mitglied des Fachteams im Thüringer Innovationszentrum für Mobilität

(ThIMo) der TU Ilmenau kommt der Zusammenarbeit mit dem IMMS eine große Bedeutung bei der strategischen Netzwerk- und Clusterbildung zu. Diese betrifft neben den universitären fakultätsübergreifenden Forschungsinstituten für Mikround Nanotechnologien sowie für Automobil- und Produktionstechnik besonders die Verknüpfung mit industrieller Anwendung in Thüringen und Deutschland (z.B. Automotive Cluster Ostdeutschland, Silicon Saxony, SatNav Saxony).

Darüber hinaus bringt sich das IMMS in eine abgestimmte Lehrstrategie und Nachwuchsförderung der TU Ilmenau ein, so etwa in der Vertiefung Informations- und Kommunikationstechnik.

Gemeinsam mit meinem Fachgebiet durchgeführte F&E-Vorhaben betreffen u.a. ein Bundesvorhaben zur Entwicklung einer Funkschnittstelle für robuste Satellitennavigation unter ganzheitlicher Betrachtung von Antennensystem, Frontend und Signalverarbeitung, sowie die in ThIMo angesiedelten Forschergruppen zur Sensorik (PORT und GreenSENSE). Schließlich wird auf Basis eines gemeinsamen Antrags in 2012 die DFG-Forschergruppe MUSIK (Multiphysikalische Synthese und Integration komplexer Hochfrequenz-Schaltungen) an der TU Ilmenau eingerichtet, worüber ich mich als designierter Sprecher besonders freue.

Die fachliche Expertise des IMMS steht für die Bereiche Mikroelektronik, Mechatronik, und Mikroelektromechanik, mikroelektronische Schaltungen und Entwurfsmethodik sowie Eingebettete Systeme und Sensorik. Aus meiner Sicht als Mitglied des wissenschaftlichen Beirates des IMMS empfehle ich durch Konzentration Kompetenzen zu stärken und Synergiegewinne zu maximieren.

Prof. Dr.-Ing. habil.

EBERHARD MANSKE,
Leiter des Fachgebietes
Präzisionsmesstechnik
der Fakultät für Maschinenbau an der TU Ilmenau und Sprecher des
SEB 622

Der durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) an der Technischen Universität Ilmenau ein-



gerichtete Sonderforschungsbereich SFB 622 "Nanopositionier- und Nanomessmaschinen" verfolgt das Ziel, die wissenschaftlich-technischen Grundlagen zum Entwurf und zur Realisierung hochpräziser Nanopositionier- und Nanomessmaschinen (NPM-Maschinen) zu erarbeiten. Diese ermöglichen die Positionierung, Messung, Antastung, Modifizierung und Manipulation von dreidimensionalen Objekten mit Nanometerpräzision.

Durch seine Expertise auf dem Gebiet der Präzisionsantriebssysteme leistet das IMMS einen äußerst wertvollen Beitrag zu unseren Forschungsarbeiten. Besonders im Bereich luftgeführter NMP-Systeme eröffnen sich neue Lösungsfelder, die über die Möglichkeiten konventioneller Systeme weit hinausgehen. Die am IMMS erzielten Ergebnisse belegen eindrucksvoll die Fähigkeit der entwickelten Direktantriebssysteme, "bis auf's Nanometer" zu positionieren und bieten beste Voraussetzungen für die Anwendung in großen Verfahrbereichen. Laut der DFG-Gutachter des SFB 622 wird "Der Weltstand auf dem Gebiet der Nanopositionier- und Nanomesstechnik (…) von Ilmenau mitbestimmt."

# Nachwuchsförderung am IMMS

Wissenschaftlicher Nachwuchs hat am IMMS höchste Priorität. Hochschüler werden daher intensiv in die Erarbeitung praktischer Lösungen einbezogen und individuell betreut. Angehende Ingenieure der Fachrichtungen Biomedizintechnik, Elektrotechnik, Fahrzeugtechnik, Ingenieur-Informatik, Maschinenbau, Mathematik, Mechatronik und Physik können am Institut theoretische Kenntnisse bei attraktiven wissenschaftlichen Aufgabenstellungen als wissenschaftliche Hilfskraft oder Praktikant in die Praxis umsetzen sowie Bachelor- und Masterarbeiten realisieren.

## **Gerrit Kropp**

Innerhalb meines universitären Industriepraktikums war der Themenbereich "Industrielle Elektronik und Messtechnik (IEM)" im Oktober 2008 meine erste Station am IMMS. Darauf folgte meine Mitarbeit als wissenschaftliche Hilfskraft in den Bereichen Schaltungsentwurf und PCB-Design. Ab August 2009 schloss ich das Studium der Elektrotechnik mit meiner Diplomarbeit zum Thema "Konzeption, Aufbau und Einsatzuntersuchung eines modularen Testsystems für Qualitätssicherung in der Halbleiterindustrie" ab. Nach erfolgreicher Verteidigung, der von Professor Sommer und Ingo Gryl betreuten Abschlussarbeit, bin ich seit April 2010 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut tätig und unter anderem für die Hardwareentwicklungen für modulare Testsysteme verantwortlich.

Für mich gibt es viele Gründe beim IMMS zu bleiben: Zum einen decken sich die Arbeitsgebiete des Themenbereiches Industrielle Elektronik und Messtechnik (IEM) mit meinen persönlichen Interessen und Neigungen. Zum anderen reizen mich die Chancen, mich in einem absehbaren Zeitraum fachlich und methodisch weiterentwickeln zu können, was ein großer Vorteil für meine weitere berufliche Entwicklung sein wird. Andererseits ergibt sich aus der engen Verzahnung der Forschung mit der Wirtschaft stets eine hohe Praxisrelevanz mei-



Dipl.-Ing. Gerrit Kropp

ner Arbeit. Der wichtigste Grund für mich ist aber: Die Arbeit im IEM-Team macht mir einfach Spaß!

#### **Felix Neumann**

Erstmals auf das IMMS aufmerksam geworden bin ich in einer Vorlesung von Prof. Sommer. Nach einem Grundlagenpraktikum arbeitete ich von April 2010 bis Juni 2011 als wissenschaftliche Hilfskraft im Forschungsinstitut am industriellen IKT2020-Verbundprojekt SyEnA (Syntheseunterstützter Entwurf analoger Schaltungen). Interkulturelle Kompetenzen habe ich während meiner Masterarbeit am IMMS in einem internationalen Team ausgebaut. Die kreative Projektarbeit am Institut mit immer





M.Sc. Felix Neumann

neuen Forschungsaspekten war ausgesprochen vielschichtig und bereitete mir einen abwechslungsreichen Arbeitsalltag.

Bei fachlichen Problemstellungen werden hier produktive Lösungsansätze in einem motivierenden Umfeld ungeachtet hierarchischer Unterschiede diskutiert und Hilfeleistungen angeboten. Darüber hinaus ist die Kinderfreundlichkeit des IMMS ein großes Plus: Weder Familie noch Arbeit müssen zurückstecken, sondern werden in Einklang gebracht. Seit dem Jahresbeginn bin ich wissenschaftlicher Mitarbeiter der Forschergruppe "PORT" an der Technischen Universität Ilmenau im Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme und arbeite an meiner Promotion.

Durch die enge wissenschaftliche Zusammenarbeit des Fachbereiches mit dem IMMS werde ich auch weiterhin mit dem Institut verbunden sein. Dieses Umfeld liefert mir die Basis, wissenschaftlich immer wieder neue Ideen umzusetzen und damit die Welt vielleicht ein kleines bisschen besser zu machen.

# X-FAB vergibt Stipendium an Ilmenauer Nachwuchswissenschaftler

Die X-FAB Semiconductor Foundries AG ist eines der weltweit führenden Unternehmen, die sich auf die Fertigung analog-digitaler Mikrochips spezialisiert haben. X-FAB ist enger Partner des IMMS und hat Eric Schäfer als einem der Jahrgangsbesten ein Stipendium für seine hervorragenden Studienleistungen verliehen, um wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiet der Mikroelektronik zu fördern. Herr Schäfer, der auch schon als Student intensiv an gemeinsamen Forschungs- und Entwicklungsprojekten am IMMS und im Fachgebiet von Prof. Sommer mitgearbeitet hat, ist seit Anfang 2011 wissenschaftlicher Mitarbeiter im Themenbereich Mikroelektronik. Seine Arbeitsgebiete am IMMS sind System- und Schaltungsentwurf sowie Verifikation innerhalb des Projekts "Kompakte adaptive Terminalantenne zur störungsfreien Satellitennavigation" (KOMPASSION). Das Stipendium ermöglicht ihm, im Rahmen seiner Promotion im Bereich der Entwurfsmethodik für CMOS-integrierte HF-Systeme zu forschen.

Die Firma X-FAB engagiert sich mit diesem Stipendium erneut für die Verbindung von Industrie, Forschung und Fachkräfteförderung in Thüringen auf dem Gebiet der Elektrotechnik und Mikrotechnologie. Dr. Jens Kosch, Vorstandsmitglied der X-FAB AG, betont: "Forschung, Lehre, Wirtschaft und Industrie sind Elemente der Gesellschaft, die – wie bei der Herstellung von Chips – die Verbindung brauchen, um im internationalen Wettbewerb erfolgreich zu sein."

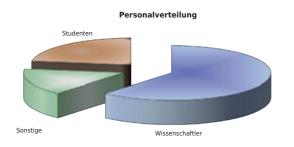
Mit der Verleihung des Stipendiums an einen Ilmenauer Nachwuchswissenschaftler trug einmal mehr die enge Zusammenarbeit zwischen dem IMMS und der Firma X-FAB Früchte.

> Seite 15: Test von gehäusten Bauelementen mit einem modularen Testsystem





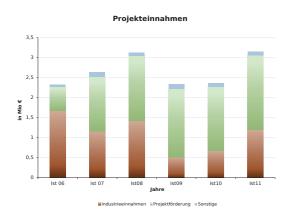
# Das IMMS in Zahlen



2011 waren im IMMS 90 Mitarbeiter beschäftigt. Hiervon waren 54 Wissenschaftler und als Vollzeitbeschäftigte 21 Studenten in der Forschung und Entwicklung tätig, was ca. 82% aller IMMS Mitarbeiter entspricht.

Wie bereits in den letzten Jahren haben insgesamt eine große Zahl von Studenten (ca. 42) die Angebote des IMMS wahrgenommen, ihre Ausbildung in praxisorientierter Forschung zu vertiefen und zu vervollständigen: 21 Studenten absolvierten Praktika; 2 Diplomarbeiten, 6 Bachelorarbeiten und 5 Masterarbeiten wurden betreut und 7 Mitarbeiter sind gegenwärtig als Doktorand an einer Universität eingeschrieben.

Die Einnahmen aus industrieller Auftragsforschung konnten 2011 wiederum um ca. 30% und die Einnahmen aus öffentlicher Projektförderung nochmals um ca. 25% gesteigert werden. Dennoch haben die Einnahmen aus Auftragsforschung den Stand vor der Weltwirtschaftskrise noch nicht erreicht. Die wirtschaftliche Lage 2011 hat sich jedoch auf dem hohen Niveau des Vorjahres stabili-

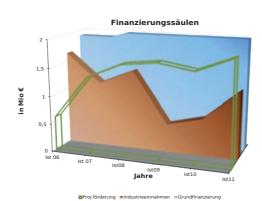


siert. Die Stimmung in der Wirtschaft ist weiterhin gut. Das lässt für die Zukunft auf eine weitere rasche Zunahme der industriellen Auftragsforschung hoffen. Strategisch hat sich das IMMS konsequent auf die Zukunftsthemen Energie und Umwelt, Mobilität, Kommunikation und Sicherheit als Anwendungsgebiete seiner Forschungsergebnisse konzentriert. Ziel ist die nachhaltige und dynamische Entwicklung des Transfers von Forschungsleistungen in die Industrie.

Die positive Entwicklung der Projektförderung kennzeichnet die Akzeptanz des IMMS als Forschungspartner. Nahezu alle dieser Projekte sind Verbundprojekte. Dem IMMS ist es gelungen, durch seine Netzwerkaktivitäten die Projektaktivitäten sichtbar zu steigern. Das hohe Niveau der Projektförderung zu sichern und die Einnahmen aus Auftragsforschung auch im kommenden Jahr so rasant zu steigern, stellt für das IMMS eine große Herausforderung dar. Erträge aus dieser Tätigkeit dienen zur Finanzierung defizitärer öffentlich geförderter Projekte.

Das IMMS zeigt ein großes Engagement in der studentischen Ausbildung, um auf diesem Wege ausreichend Absolventen werben und so die notwendige Zahl und die Qualität von wissenschaftlichen Mitarbeitern sicherzustellen. Damit war es möglich, die wachsende Zahl öffentlich geförderter Forschungsprojekte bearbeiten zu können.

Der Freistaat Thüringen hat auch 2011 für verlässliche Bedingungen mit einer stabilen institutionellen Zuwendung gesorgt. Das hat insbesondere die Zusammenarbeit mit den kleinen und mittelständischen Betrieben gefördert.



# **Events und Institutsleben**

## 15 Jahre IMMS - Zukunft ist jetzt



Ehrengäste zum 15-jährigen Bestehen des IMMS: Frau Prof. Dr.-Ing. habil. D. Schipanski – Gründungsmitglied, Herr Christoph Matschie – Minister für Bildung, Wissenschaft und Kultur Thüringens und Herr Dr. Gerd Schuchardt – Vorsitzender des MDR Verwaltungsrates, Quelle: IMMS

Am 5. Mai 2011 feierte das IMMS sein 15-jähriges Bestehen mit 150 Gästen, darunter Freunde, Partner und Förderer. Minister Christoph Matschie gratulierte in seiner Festrede zu den umfangreichen Initiativen, eine Brücke von der Grundlagenforschung zur Anwendung zu schlagen. Auf der IMMS EXPO konnten sich die Gäste mit innovativen Produkten und Entwicklungen vertraut machen, die das IMMS gemeinsam mit seinen Industrie- und Wissenschaftspartnern entwickelt hat. Unter dem Motto "Technologie versus Anwendung: Wandel wirtschaftlicher und wissenschaftlicher Herausforderungen" wurden als wissenschaftliches Highlight der Feierlichkeiten in einem ersten Teil innovative Leistungen des IMMS mit Anwendungsbezug in Vorträgen präsentiert. Im Anschluss daran folgte eine angeregte Podiumsdiskussion zu diesem Thema, an der sich der Rektor der TU Ilmenau, Prof. Scharff, mit weiteren Vertretern aus Wissenschaft, Politik und Wirtschaft beteiligte.

Den Abschluss bildete die Mitarbeiter-Party in der Mensa der TU Ilmenau, wo bei gutem Essen, einem Glas Wein und Live-Musik mit der Band Second Unit Jazz ein ereignisreicher Tag zu Ende ging. Aus Anlass des 15-jährigen Bestehens wurde eine Ausstellung mit Bildern aus dem Leben des Instituts gezeigt. Die Motive portraitieren Mitarbeiter und gewähren einen Einblick das Arbeitsumfeld am IMMS, zeigen Produkte und auch Freizeitaktivitäten. Die Fotostrecken können in den Räumlichkeiten der Hauptgeschäftsstelle besichtigt werden.

### Sportwettkämpfe

2011 war das IMMS beim BVMW-Rodelcup am 27.8.2011 auf der Sommerrodelbahn in Ilmenau mit von der Partie. In der Einzelwertung belegte Bianca Leistritz den 3. Platz, das IMMS-Team erkämpfte den 4. Platz. Beim RUN-Unternehmerlauf am 6. Juni 2011 in Erfurt lag das Institut auf den Plätzen 128 und 197 von 207 gestarteten Männermannschaften. Die Zeiten von 1:42:09 und 2:00:27 sind Ansporn für den nächsten Start im Jahr 2012.



IMMS-Team "Präzision in jeder Position" beim BVMW-Rodelcup, Quelle: IMMS

## Workshops

Gemeinsam mit der OSADL eG richtete das IMMS einen Workshop der Reihe **Embedded Linux** aus. Mit dem Thema "Chancen, praktische Lösungsansätze und rechtliche Aspekte von Open Source", das vom 27.09.2011-28.09.2011 mit internationaler Beteiligung bearbeitet wurde, erfuhr die





Projekt-Abschluss-Meeting "SMARTIEHS" mit Vertretern aller Projektpartner aus Frankreich, der Schweiz, Norwegen, Polen und Deutschland. Quelle: IMMS.

Reihe eine erfolgreiche Fortsetzung. In fachlich fundierten Vorträgen und in einem praktischen Teil erhielten die Teilnehmer Einblicke in die Programmierung mit echtzeitfähigem Embedded Linux auf einem eigebetteten System. Dies bildete die Basis, um selbst erste echtzeitfähige Applikationen für ein industrielles eingebettetes System zu erstellen. Besonders die praktischen Beispiele und Übungen, aber auch die Vorträge wurden von den Teilnehmern außerordentlich gut aufgenommen. Aufgrund sehr viel positiver Resonanz wird diese Reihe in Zukunft ein fester Bestandteil der gemeinsamen Veranstaltungen des IMMS und der OSADL eG. So ist geplant, den Workshop zweimal jährlich anzubieten. Der nächste Termin ist im Frühjahr 2012.

Unter der wissenschaftlichen Leitung von Prof. Dr.-Ing. Hannes Töpfer fand im Februar 2011 das Weiterbildungsseminar "Eingebettete Systeme - Auf dem Weg zum Smarten Sensor" im IMMS statt. Es gehört nun schon im zweiten Jahr zum festen Weiterbildungsangebot des AMA Fachverbandes für Sensorik e.V. Dabei wurde grundlegend auf den Aufbau, Inbetriebnahme und Programmierung

eingebetteter Systeme und auf Open-Source-Ansätze eingegangen und gezeigt, wie diese Systeme mit bestehender PC-Infrastruktur programmiert und getestet werden können. Die Umsetzung in realistische Szenarien und die Einbindung in Sensornetzwerke über gebräuchliche Busse bzw. Nahbereichsfunktechnik wurden anhand unterschiedlicher Praxisbeispiele erläutert. Die Teilnehmer erhielten viele neue Kenntnisse und Anregungen und bewerteten die Veranstaltung als sehr gut.

Eine Station der bei der Polytec GmbH in Waldbronn gestarteten **Technologietage 2011** war die Veranstaltungsreihe im IMMS mit dem Thema: "Ultraschall-, Mikro- und Nano-Technik: Schwingungen bis 1,2 GHz erfassen und visualisieren". Gemeinsam mit der Firma Polytec und weiteren führenden Forschungseinrichtungen präsentierte das IMMS aktuelle Trends im Bereich der Vibrometer-Messtechnik. Die Identifikation von Materialspannungen in dünnen Membranen wurde neben anderen typischen Anwendungsmöglichkeiten thematisiert. Führungen durch das Mechatroniklabor und die Messlabore des IMMS ergänzten die Fachvorträge

und führten zu intensiven Diskussionen zwischen den 25 Besuchern.

Anlässlich des vom IMMS ausgerichteten 11. MEMUNITY-Workshops zum Thema "RF-MEMS and Other Advanced Components" trafen sich über 40 internationale Experten aus Industrie und Forschung, um die aktuellen Entwicklungen auf dem MEMS-Markt zu erörtern. Fachvorträge gaben einen Überblick über Anforderungen an den MEMS-Test und zeigten neue Lösungsansätze auf. Unter anderem wurde der innerhalb des EU-Projekts SMARTIEHS (SMART InspEction system for High Speed and multifunctional testing of MEMS and MOEMS) realisierte Paralleltest von Mikro-Elektro-Mechanischen Systemen im Labor vorgeführt. Zum Prinzip dieses Testsystems und zur Rolle des IMMS in diesem Projekt gewährt der entsprechende Fachbeitrag in diesem Jahresbericht einen Einblick.

# Lange Nacht der Wissenschaften in der Landeshauptstadt

Beeindruckend, wissenschaftlich und interessant inszeniert.

Bereits zum dritten Mal fand die Lange Nacht der Wissenschaften am 4. November in Erfurt statt. Das Angebot ist groß und geprägt durch die Wissenschaftsgebiete der angesiedelten Hochschulen, dem Klinikum und natürlich durch die Vielfalt der angewandten Wissenschaften der ansässigen Unternehmen. Die Besucher haben die Qual der Wahl bei der Zusammenstellung einer interessanten

Reiseroute für diesen Abend. Das Institut empfing etwa 400 Interessierte mit einem stimmungsvollen Farbenspiel des Lichts im Eingangsbereich, das zu unterschiedlichen Demonstratoren aus den Forschungsbereichen geleitete. Von der Präsentation unseres Foucaultschen Pendels und verschiedener Exponate über Sensoren für das tägliche Leben konnten die Besucher in Gesprächen und anschaulichen Vorführungen die Einsatzmöglichkeiten von Mikroelektronik, Mechatronik und eingebetteten Systemen erfahren. Insbesondere wurden die unterschiedlichsten Einsatzmöglichkeiten für Sensoren aufgezeigt. An einem Exponat wurde sichtbar, wie Sensoren Temperatur, CO2-Gehalt und Helligkeit in Räumen überwachen können und damit eine automatisierte Gebäudesteuerung möglich machen. Ein weiterer Testaufbau zeigte, wie Sensoren Temperaturen an Stellen messen, wo es richtig heiß wird, z.B. in Kraftwerksturbinen oder Automotoren. In Verbindung mit der vom IMMS entwickelten präzisen Auswerteelektronik mit Hilfe von neuartigen Hochtemperatur Technologien, können solche Sensoren helfen, Energie zu sparen und die Umwelt zu schonen. Am Beispiel einer kleinen Dampfmaschine wurden reale Messungen mit einem Hochtemperatursensor vorgeführt.

Unser Fazit: Ein gelungener Abend für Besucher und Veranstalter. Wir freuen uns auf ein nächstes Mal!



Student Christian Thierfelder am Demonstrator "Hochtemperatursensor", Quelle: IMMS



 ${\rm IMMS-Mitarbeiter\ Andre\ Richter\ zeigt\ CO_2$-,}\ {\rm Temperaturund\ Licht-Senoren\ im\ praktischen\ Einsatz,\ Quelle:\ IMMS$ 



#### Messen

#### embedded world 2011

Messe für Hersteller und Entwickler von Hard- und Software, Tools und Dienstleistungen im embedded Bereich und Informationsüberblick über neueste Embedded-Technologien, Nürnberg 01.03.-03.03. 2011

#### SENSOR + TEST 2011

Internationale Messe für Sensorik und Messtechnik, "Low-Cost/Low-Power Sensor Frontends for Energy-Autonomous Sensor Systems", Nürnberg, 07.06.-09.06.2011

#### **INOVA 2011**

Firmenkontaktmesse auf dem CAMPUS der TU Ilmenau, ELMUG-Gemeinschaftsstand, Ilmenau, 18.10.2011

#### Innovationstag Thüringen

ELMUG-Gemeinschaftsstand, Erfurt, 24.11.2011

#### **ELMUG-Branchentag**

Branchentag des Industrieclusters ELMUG, "Elektronische Mess- und Gerätetechnik Thüringen auf dem Weg in die Zukunft mit den ELMUG-Fachgruppen", Erfurt, 08.12.2011

## Konferenzen mit IMMS-Beteiligung

#### TuZ 2011

23. GI/GMM/ITG Workshop "Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen", Passau, Februar 2011

#### DATE'11

Design Automation and Test in Europe, Grenoble, France, März 2011

# Fachinformationsveranstaltung des TMWAT

Energieeffizienz durch Prozessoptimierung, Technologische Aspekte der messtechnisch gestützten Beratung, März 2011

# Silicon Saxony Day 2011

"Fachbereich Applikationen", Dresden, März 2011

#### edaWorkshop'11

Design Technology Conference Hannover, Mai 2011

#### DASS 2011

Dresdener Arbeitstagung Schaltungs- und Systementwurf, Dresden, Mai 2011

#### CDNLive! EMEA 2011

Cadence Designer Network Conference, München, Mai 2011

#### Industrietage an der FH Jena

"Intelligente Perspektiven", Mai 2011

#### Leibniz Konferenz 2011

11th Conference of Advanced Science - Solarzeitalter 2011, Lichtenwalde, Mai 2011

#### elmug4future 2011

Technologiekonferenz, Suhl-Ringberg, Juli 2011

## 56. IWK Ilmenau

Internationales Wissenschaftliches Kolloquium TU Ilmenau "Innovation in Mechanical Engineering – Shaping the Future", Ilmenau, September 2011

## 21. IWK Mittweida

Internationale Wissenschaftliche Konferenz, Mittweida, Oktober 2011

#### **ASPE 2011**

26th Annual Meeting of the American Society for Precision Engineering, Denver, USA, November 2011

#### Analog 2011

12. GI/GMM/ITG-Fachtagung "Entwurf von Analogschaltungen mit CAE-Methoden", Schwerpunkt: Entwurf eingebetteter Sensorsysteme, Erlangen, Fraunhofer-Institut IIS, November 2011

## 5. Dresdner RFID-Symposium

zum Thema: "Internet der Dinge", Dresden, Dezember 2011

> Seite 21: Funktionsprüfung einer Mess- und Aufnahmeeinheit





# Magnetischer 6D-Direktantrieb Mag6D

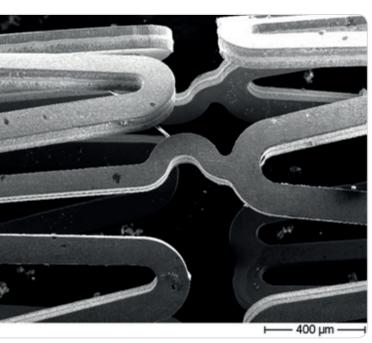


Bild 1: Struktur eines Stents, Quelle: LLT.

Wie kann man es schaffen, einen Körper endlicher Masse magnetisch stabil zum Schweben zu bringen? Daran wird weltweit gearbeitet. Was im Makroskopischen in Form des Antriebes einer Magnetschwebebahn funktioniert, soll auch zum hochpräzisen Bewegen und Positionieren von Objekten zur Anwendung gebracht werden, beispielsweise bei der Halbleiterfertigung. Dort werden bisher in Prozessen, wie Waferstrukturierung und Waferinspektion, bevorzugt luftgeführte Positioniersysteme

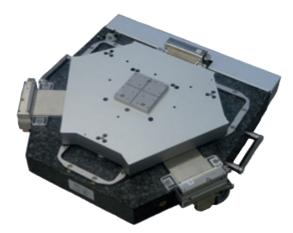


Bild 2: Mag6D-Direktantrieb; Quelle: IMMS/PI/TUI 2011

eingesetzt. Für Applikationen jedoch, die einen Einsatz im Vakuum oder zusätzliche Positionier-freiheitsgrade erfordern, sind magnetisch geführte Systeme eine echte Alternative, wie z.B. auch in der Mikroskopie sowie im "Life Science"- und "Biotech"-Sektor. So lassen sich mit dieser Technologie feinste Strukturen wie die von Stents herstellen (Bild 1).

Das IMMS entwickelt seit 15 Jahren Antriebslösungen für luftgeführte Präzisionssysteme mit Fahrbereichen von 20x20 bis 400x400 mm². Anwendung finden diese vorrangig in Maschinen zur Laserstrukturierung u.a. für die Präzisionstechnik, die Medizintechnik und beim Laserdicing von Wafern. Am Institut wurde 2011 ein neuartiges, magnetisch geführtes 6D-Direktantriebssystem entwickelt (Bild 2), das auf der Grundstruktur eines luftgeführten planaren Direktantriebes des IMMS aufbaut (Bild 3).

# Die Herausforderung

Das Earnshaw-Theorem besagt, dass ein statisches Magnetfeld nicht in der Lage ist, Objekte in einem stabilen Gleichgewicht zu halten. Es wurde von Samuel Earnshaw 1842 bewiesen. Für einen Magneten in einem Magnetfeld bedeutet dies, dass er sich stets schnurstracks auf einen anderen Magneten zu bewegt, der das Feld bewirkt.



Bild 3: Luftgeführter 3D-Direktantrieb, Fahrbereich 400x400 mm²; Quelle: IMMS 2009

Jedoch kennen wir schwebende Magneten auf Supraleitern oder sogar schwebende Graphitscheiben auf Magnetarrays aus einer Reihe von "Spielzeugapplikationen" – hatte Earnshaw Unrecht? Keineswegs, allerdings gilt sein Theorem nur für makroskopische, statische Felder. Quantenmechanische Effekte oder dynamische Felder beschreibt der Ansatz nicht. So gibt es doch eine Reihe von Möglichkeiten, Magneten stabil zum Schweben zu bringen.

## Aktiv geregeltes Schweben löst das Problem

Eine Vielzahl der bekannten Lösungen für planare magnetische Führungen, wie das Beispiel auf Abbildung 4, nutzt ein Array aus Spulen und Magneten im Stator und Läufer. Die Vergrößerung des Arrays ermöglicht auf einfache Weise die Erweiterung des Fahrbereiches oder eine Anpassung an die zu tragende Nutzlast. Jedoch ist der Aufwand zur Ansteuerung des Spulenarrays erheblich. Je nach Position des Läuferelementes muss jede der bislang mindestens 27 Spulen individuell kommutiert werden. Zudem ist es mit keinem der bekannten Ansätze möglich, ein 6D-Messsystem effektiv an solche Führungen zu koppeln.

Ziel des IMMS war es daher, eine Motorstruktur zu finden, die den Ansteuerungsaufwand deutlich reduziert und gleichzeitig die Integration eines hochauflösenden 6D-Messsystems ermöglicht. Der Prototyp des hochpräzisen Antriebssystems heißt Mag6D. Er bringt einen Läufer allein durch magnetische Kräfte zum Schweben und positioniert diesen in 6 Koordinaten. Mag6D ist das Ergebnis eines Verbundvorhabens des IMMS mit der TU Ilmenau, Fachgebiet Mechatronik und der Physik Instrumen-

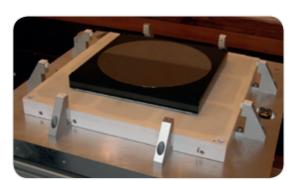
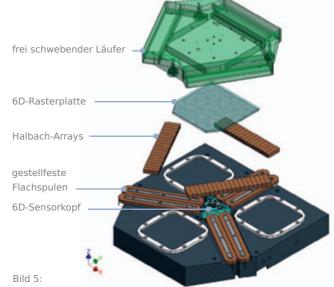


Bild 4: Philips Maglev; Quelle: IMMS 2006



Prinzip des 6D-Positioniersystems; Quelle: IMMS

te (PI) GmbH und realisiert einen Fahrbereich von  $100 \times 100 \times 0.12 \text{ mm}^3$  in den translatorischen Koordinaten. Zum Tragen des Läufergewichts inklusive einer Nutzlast von 500g und zur Bewegung in allen 6 Freiheitsgraden werden nur 6 planare Motorspulen benötigt. Der Läufer arbeitet dabei vollkommen ohne Zuleitung. Ein neuartiger kompakter integrierter Sensorkopf, bestehend aus optischen und kapazitiven Sensorelementen, gestattet die Positionserfassung und Regelung des Läufers in allen 6 Freiheitsgraden. Bei Positionierung auf einen Punkt wird aktuell in den translatorischen Achsen eine Standardabweichung von < 6 nm und in den Kippachsen von < 250 nrad erreicht.

Das System zeichnet sich durch eine äußerst einfache Struktur, die objektnahe Integration eines kompakten 6D-Sensorsystems sowie eine hohe Effizienz der Aktortemperierung aus. Das magnetische Tragen des Läufergewichts führt zu einer Erhöhung der Aktorspulentemperatur von nur ca. 1 K. Perspektivisch wird diese Differenz weiter sinken. Erste Arbeiten zur Einführung der Technologie in eine Kundenapplikation haben bereits begonnen.

Das Projekt wurde vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie unter dem Kennzeichen KF-2534501BN9 gefördert.

#### Kontakt:

Dr.-Ing. Christoph Schäffel christoph.schaeffel@imms.de



# MEMS/NEMS – Simulation und Test

Mikro- und Nanoelektromechanische Systeme (MEMS/NEMS) sind meist nur wenige Mikrometer große Strukturen, die aus Sensoren, Aktoren und einer Steuerungselektronik auf einem Substrat oder Chip bestehen. Dort, wo Miniaturisierung und erhöhte Funktionalität entscheidend sind, kommen MEMS zunehmend zum Einsatz und bilden eine entscheidende Grundlage für Innovationen. MEMS lösen Airbags aus, dienen der Stabilitätskontrolle von Fahrzeugen oder stehen als Blutdrucksensoren der Intensivmedizin zur Verfügung.

# Zerstörungsfreie indirekte Parameteridentifikation

Werden beispielsweise der in einem Smartphone verbaute Gyroskop-Sensor zur Lageerkennung und das Mikrofon getestet, prüft man beide möglichst frühzeitig auf ihre Qualität, um Ausschussraten von Baugruppen oder gar fertigen Telefonen zu minimieren. Die Mikrometer kleinen MEMS-Strukturen von Gyroskop oder Mikrofon sind für mechanisches Antasten jedoch zu empfindlich und würden bei einer solchen Prüfung zerstört. Daher hat das IMMS bereits in den letzten Jahren ein Verfahren zur zerstörungsfreien indirekten Parameteridentifikation entwickelt. Es bestimmt fertigungsrelevante Geometrie- und Materialparameter und wurde für Balken- sowie Membranstrukturen angewandt. Das Verfahren prüft vor weiteren Prozessschritten direkt auf dem Wafer und beruht zum einen auf der vibrometrischen Messung von Eigenfrequenzen von Teststrukturen. Zum anderen wird mit einer Finite-Elemente-Simulation der funktionale Zusammenhang zwischen Eigenfrequenzen und den zu bestimmenden Parametern beschrieben.

Aktuell beteiligt sich das IMMS im Projekt USE-NEMS (Förderkennzeichen: B714-10012) an der Weiterentwicklung dieses Verfahrens, das die mechanischen Eigenschaften neuer Materialien zerstörungsfrei bestimmen kann und das sich in die Herstellung integrieren lässt. Moderne Hochleistungswerkstoffe, wie Gruppe-III-Nitride, Nanolaminate oder Graphen, werden jenseits der Silizi-



Abbildung 1:

Größenvergleich zwischen einer Milbe und einem Mikrosystem,

Quelle: Sandia National Laboratories

umtechnologie künftig die Basis für ultrasensitive, integrierte MEMS bzw. NEMS sein. Deren Entwicklung soll durch die Forschung des IMMS vereinfacht werden. Bei Sensor- und Aktor-Bauelementen ist es bedeutsam, mechanische Eigenschaften, wie anisotrope Elastizität und homogene bzw. inhomogene Verspannung, zu kennen, zu überwachen und gezielt zu beeinflussen. Dafür hat das IMMS gemeinsam mit den Projektpartnern optimale Indikatorstrukturen, wie z.B. zweiseitig eingespannte Balken in Abbildung 3, entworfen. Auf diese Strukturen wird das Verfahren der Parameteridentifikation angewandt, um die Materialeigenschaften zu bestimmen.

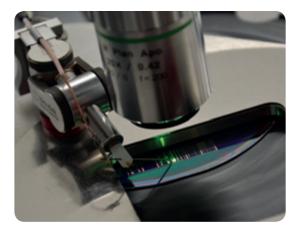


Abbildung 2: Elektrostatische Anregung von Teststrukturen durch eine Probernadel für die vibrometrische Parameteridentifikation. Quelle: IMMS

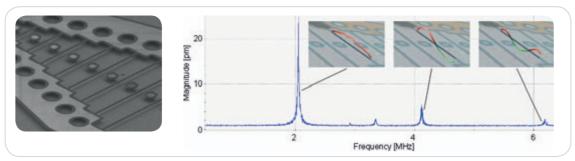


Abbildung 3, links: REM-Aufnahme von zweiseitig eingespannten Balken aus Aluminiumnitrid mit Längen von 35–250 µm, rechts: Messergebnisse der Laser-Doppler-Vibrometrie: Frequenzantwort und Eigenformen der ersten drei Biegeschwingungen. Quelle der REM-Aufnahme: TU Ilmenau, Institut für Werkstofftechnik/Institut für Mikro- und Nanotechnologie

## Piezoelektrisch gekoppelte MEMS-Resonatoren

Der Einsatz von Schwingquarzen, die in Computern den Takt vorgeben, könnte bald der Vergangenheit angehören. Schwingquarze können nicht zusammen mit den Mikroprozessoren gefertigt, sondern müssen im Nachhinein integriert werden. Künftig sollen daher MEMS als Taktgeneratoren für Mikroprozessoren eingesetzt werden. Um das zu realisieren, ist das IMMS im Projekt PRIMOS (Förderkennzeichen: B714-09060) in die Entwicklung von piezoelektrisch gekoppelten MEMS-Resonatoren involviert. Diese bieten bereits im Frequenzbereich bis zu 125 MHz eine Alternative zu konventionellen Schwingquarzen und zeichnen sich durch Prozessintegrierbarkeit und geringe Baugröße sowie Kosten aus. Um das heute bekannte Spektrum signifikant zu erweitern und derartige Resonatoren neuen Anwendungen zugänglich zu machen, gehen die Bestrebungen des Instituts dahin, höherfrequente (HF) Taktgeneratoren von 200 MHz bis in den GHz-Bereich hinein zu realisieren. Als HF-Lokaloszillator werden sie zum Kern von tragbaren Geräten für Telekommunikation und Nahbereichsfunktechnik, von Mikroprozessoren und ultraschnellen Bussystemen. Um das zu erreichen, sind Multifreguenz-

Oszillatoren notwendig, deren Mehrfachfreguenzcharakter durch die Anregung unterschiedlicher Longitudinalmoden realisiert wird. Zusammen mit der TU Ilmenau erstellte das IMMS die Designrichtlinien und einen optimalen Entwurfsprozess mit Hilfe von Finite-Elemente-Simulationen der Strukturen. Das Institut hat zudem das bekannte Modal-Assurance-Criterion-Verfahren für die Erkennung der Longitudinalmoden automatisiert und so ein wesentlich effektiveres Arbeiten ermöglicht. Auf dieser Basis haben die Forscher den Einfluss verschiedener Randbedingungen auf die Resonatoren untersucht. Um die Ergebnisse dieser Rechnungen zu validieren, werden Messungen an den Teststrukturen mittels eines Laser-Doppler-Vibrometers durchgeführt. Die Auswertung erlaubt eine sukzessive Verbesserung des Simulationsmodells und somit die Erarbeitung eines optimalen Resonatordesigns. Zudem können mit den Ergebnissen der Finite-Elemente-Simulationen Parameter identifiziert und optimiert werden, um bestimmte Eigenschaften von Bauelementen zu erreichen.

#### Kontakt:

Dr.-Ing. Christoph Schäffel christoph.schaeffel@imms.de

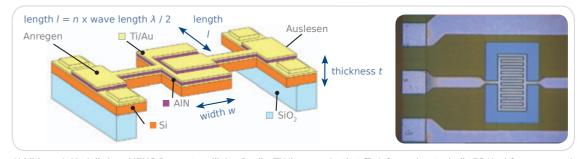
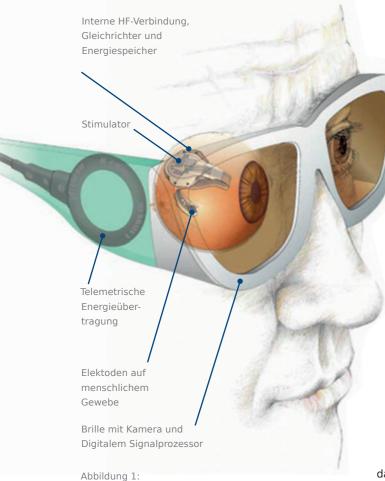


Abbildung 4: Modell eines MEMS-Resonators (links, Quelle: TU Ilmenau, Institut für Informationstechnik, FG Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik) und prozessierte Struktur mit einer Längenausdehnung von 240 µm (rechts, Quelle: Projekt PRIMOS).



ASIC-Entwicklung und Test für ein Retina-Implantat



Prinzipdarstellung der intelligenten Sehhilfe, Quelle: www.imidevices.com

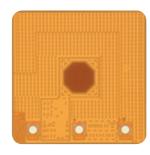
Der Traum blinden Menschen das Sehen zu ermöglichen, könnte wahr werden. Ein hierfür wichtiger Beitrag des IMMS ist die Entwicklung eines ASIC<sup>1</sup>, der in einem intraokularen Implantat verwendet wird. Auf Basis der Schaltkreisspezifikation des Forschungspartners IMI Intelligent Medical Implants GmbH realisierte das Institut das Design und den Test in kürzester Zeit. Momentan ist eine Weiterentwicklung in Arbeit, die den Funktionsumfang erweitern wird.

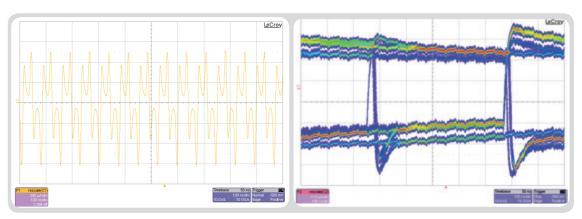
Die intelligente Sehhilfe soll Patienten mit retinalen Degenerationserkrankungen zu einer eingeschränkten Sehwahrnehmung verhelfen. Möglich wird dies durch ein modulares System, das aus den drei Hauptkomponenten Visual Interface, Pocket Prozessor und Retina<sup>2</sup> Sti-

mulator besteht. Eine in eine Brille integrierte Kamera nimmt Bilder der Umgebung auf, die im Prozessor zu Stimulationssignalen für den Sehnerv umgewandelt werden. Eine optische Schnittstelle, die von der Brille über die Pupille bis in das Innere des Augapfels reicht, überträgt die Informationen zum Retina Stimulator. Dort werden die Daten an den Sehnery übergeben. Der Patient kann lernen, damit Konturen seiner Umwelt wahrzunehmen3. Der am Institut entwickelte ASIC wird im Inneren des Augapfels eingesetzt und wandelt die über die optische Schnittstelle eintreffenden Informationen in ein Stromsignal, das an den Stimulator-ASIC weitergegeben wird. Wesentliche Elemente zur Umsetzung dieser Funktionalität sind dabei die Fotodiode, der Gleichrichter zur Energieversorgung, der Regelkreis zur Signaldetektion und der Ausgang-

Die Fotodiode ist dabei das Sensorelement, dass das einfallende optische Datensignal in einen elektrischen Datenstrom wandelt. Der nachgeschaltete Regelkreis erkennt, ob es sich bei der Datenfolge um ein parasitäres oder systemrelevantes Signal handelt. Davon abhängig wird der Ausgangstreiber aktiviert oder verbleibt im passiven Modus. Im menschlichen Körper können nicht die für Schaltkreise notwendigen Gleichspannungen zur Energieversorgung verwendet werden. Daher

Abbildung 2: Chipfoto des ASIC mit der Fotodiode im Zentrum Quelle: IMMS





hat das IMMS die Energieversorgung des ASIC mit Hilfe einer Wechselspannung realisiert. Diese wird im Gleichrichter zu einer internen Gleichspannung gewandelt, die ausschließlich im hermetisierten Schaltkreis Verwendung findet.

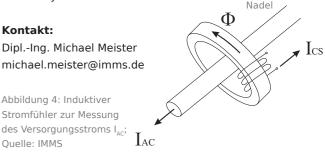
Nach Design und Schaltkreisherstellung verifiziert das Institut zeitnah die Funktionalität durch Tests an seinem Waferprober. Dabei liegen die Schaltkreise im Waferverbund vor und werden über Sondennadeln kontaktiert. Den Wafertest des ASIC nimmt ebenfalls das IMMS vor. Der Fokus liegt hierbei auf der Charakteristik des Ausgangssignals, doch maßgebend ist zunächst ein definiertes Eingangssignal. Der Aufbau des Wafermessplatzes zum opto-elektrischen Test ermöglicht die Einspeisung eines optischen Datensignals durch ein Mikroskop. Dabei kann das Signal sowohl in seiner Intensität als auch in seiner Positionierung beeinflusst werden. Diese Möglichkeit erlaubt den Einsatz eines in Größe, Leistung und Position bekannten optischen Eingangssignals.

Die Parameter des Ausgangssignals werden aus dem Augendiagramm gewonnen und insbesondere Jitter, Pulsbreite und Ausgangsstromstärke mit Hilfe von Histogrammen bewertet. Die Erkennung von Detektionsfehlern steht dabei im Vordergrund. Im Gegensatz zu Standardschaltkreisen, die über eine Gleichspannungsversorgung verfügen, muss der ASIC mit einer definierten Wechselspannung bei 13,56 MHz versorgt werden. Aus diesem Grund ist die Bewertung des Versorgungsstroms nicht mit Standardmesstechnik realisierbar. Daher hat das IMMS eine speziell angepasste Messmethode entwickelt. Die Spezifikation des ASIC berücksichtigt einen Maximalwert des Versorgungsstroms. Die Messung dieses Parameters stellt einige Anforde-

Abbildung 3: Anhand des Versorgungsstroms (links) und des Augendiagramms des Ausgangssignals (rechts) wird verifiziert, dass die Übertragungssicherheit für den Datentransfer zwischen Brille und Retina-Stimulator gegeben ist. Ouelle: IMMS.

rungen an den Messaufbau, da dabei die Schaltkreisfunktion unbeeinflusst bleiben muss. Der
Einsatz eines induktiven Stromfühlers erweist sich
hierfür am geeignetsten. Dazu wurde die entsprechende Sondennadel durch einen Ferrit-Ring geführt, der das Magnetfeld des Versorgungsstroms
aufnahm und in eine Sekundärwicklung übertrug.
Der dabei induzierte Strom lcs wurde durch einen
Widerstand in eine Spannung überführt, die den
zeitlichen Verlauf des Versorgungsstroms wiedergibt. Die Analyse des Oszillogramms erlaubt dann
eine Aussage über den RMS<sup>4</sup>-Wert des Stromes lac.

Die Funktionssicherheit des Implantats kann beispielsweise durch Augenbewegungen des Patienten beeinträchtigt werden. Im Redesign des ASIC wird deshalb künftig der zulässige Betriebsspannungsbereich um ca. 40% erweitert und eine Überwachung der Versorgungsspannung implementiert sein. Weiterentwicklungen wie diese sollen das System robuster machen.



- <sup>1</sup> ASIC Application Specific Integated Circuit
- <sup>2</sup> Retina Netzhaut
- <sup>3</sup> vgl. http://www.imidevices.com/de/imi-retina-implantat-system.html
- <sup>4</sup> RMS root mean square



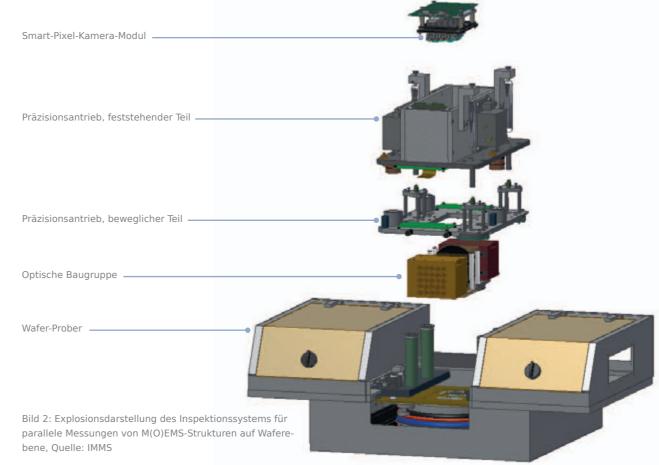
# SMARTIEHS setzt neue Maßstäbe für MEMS-Tests auf Wafer-Ebene



Mikro-(Opto-)Elektro-Mechanische Systeme (M(O) EMS) signalisieren den Fall eines Laptops, um den Lesekopf der Festplatte rechtzeitig in Parkposition zu fahren, steuern Inkjet-Druckköpfe oder warnen in Autoreifen vor einem plötzlichen Druckabfall. M(O)EMS stellen damit eine entscheidende Triebkraft der Entwicklung innovativer Produkte dar. Sie sind nur wenige Mikrometer groß und vereinen in kompakter Bauweise Sensoren, Aktoren und Steuerungselektronik auf einem Chip. All diese Bauelemente werden direkt auf dem Wafer auf Basis von Verfahren hergestellt, die teilweise in der Halbleiterfertigung bereits etabliert sind und für die M(O) EMS-Produktion weiterentwickelt wurden. Weltweit werden pro Jahr sechs Milliarden MEMS hergestellt. Schätzungen des Marktforschers Yole Développement zufolge wird sich diese Menge innerhalb von fünf Jahren verdoppeln. Gleichzeitig steigen die Komplexität der Mikrosysteme und die Anforderungen an deren Zuverlässigkeit. Um im Wettbewerb zu bestehen, müssen folglich die Herstellungskosten kontinuierlich gesenkt werden.

Bild 1: Auf Acht-Zoll-Wafern wie diesem befinden sich durchschnittlich 10.000 Strukturen. Diese schneller prüfen zu können, ist das Ziel des SMARTIEHS-Projekts.

Die MEMS-Fertigung erfordert eine Reihe von Tests, in denen Qualität und Leistungsparameter sichergestellt werden. Generell werden die M(O) EMS-Bauelemente in einer möglichst frühen Stufe des Produktionsprozesses untersucht. So können nachfolgende Fertigungsschritte, wie Vereinzelung, Kontaktierung und Einhausung entfallen, sobald ein Element defekt ist. Der Trend zu immer größeren Wafer-Durchmessern und immer kleineren Bauelementen führt zu immer mehr Einheiten, die pro Wafer untersucht werden müssen. Zudem werden durch steigende Qualitätsanforderungen zunehmend 100%ige Überprüfungen aller Bauelemente gefordert. All diese Anforderungen lassen sich mit den derzeit angewandten Testmethoden nicht effizient erfüllen. Denn bislang werden einzelne Bauelemente sequentiell gemessen. Das ist sehr zeit- und kostenaufwändig. Die Testmethodik muss infolgedessen deutlich verbessert werden.



Aus dieser Motivation heraus wurde das von der Europäischen Union geförderte Projekt SMARTIEHS ins Leben gerufen (SMART InspEction system for High Speed and multifunctional testing of MEMS and MOEMS, Förderkennzeichen FP7-ICT2007-2, Projekt ID 223935). Es wurde nach drei Jahren im Oktober 2011 erfolgreich abgeschlossen und vereinte Forschergruppen aus sechs europäischen Ländern. Federführend bei der Realisierung des gesamten Inspektionssystems war das IMMS. Ergebnis des Projekts ist ein skalierbares, paralleles Mess-System, mit dem zunächst 25 M(O)EMS-Strukturen im Waferverbund gleichzeitig geprüft werden können. Eine Erweiterung auf bis zu 100 Prüfeinheiten ist denkbar. Möglich wird dies durch mikrooptisch prozessierte Interferometer-Matrizen. Diese bestehen aus zwei verschiedenen Gruppen von Miniaturinterferometern, die jeweils in einer 5x5-Matrix angeordnet sind. Dynamische Parameter, wie Eigenfrequenzen und Eigenformen, werden mittels Laser- Interferometer (LI) in Twyman-Green-Konfiguration gemessen. Ein Low-Coherence-Interferometer (LCI) in Mirau-Konfiguration erfasst Topographie und Verformungen. Speziell für diesen Zweck entwickelten Smart-Pixel-Kameras, die ebenfalls in einer 5x5-Matrix angeordnet sind, erlauben die effektive Verarbeitung all dieser Signale bereits auf Pixelebene. Aus solchen Messwerten und aus Simulationsdaten werden zerstörungsfrei in einem indirekten Verfahren MEMS-Parameter identifiziert, wie z.B. die Materialspannung.

Das IMMS war zum einen für Testverfahren und zum anderen für die Realisierung des gesamten Inspektionssystems verantwortlich. Das Institut hat Hard- und Softwarekomponenten entwickelt, um die Daten der Smart-Pixel-Kameras mit bis zu drei Gigabit pro Sekunde zu verarbeiten. Das am IMMS konstruierte Chassis vereinte alle entwickelten mechanischen und optischen Baugruppen aller Projektpartner zu einem voll funktionstüchtigen Demonstrator.

Besonders herausfordernd hierbei war die Justierung der verschiedensten optischen und mechanischen Komponenten zueinander im Mikrometer-



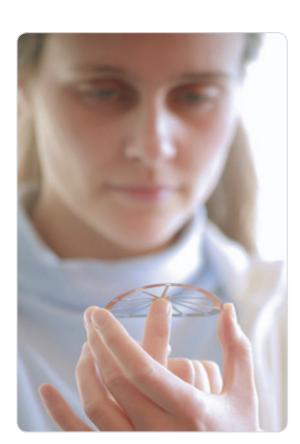


Bild 3: Die vertikale Präzisionsbewegung der SMART-Pixel-Kamera wird durch drei am Rand eingespannte Membranfedern stabilisiert. Quelle: IMMS

bereich. Zum Beispiel mussten 25 Elektroden der elektrostatischen Anregungseinheit in Form eines Wafers mit einem Abstand von wenigen Mikrometern parallel zum zu prüfenden Wafer positioniert werden. Als Basis des Demonstrators diente ein Waferprober PA200, mit dessen Hilfe das Inspektionssystem automatisch einen kompletten Wafer mit allen Elementen prüfen kann. Das IMMS hat ein Programm entwickelt, das die Einzelkomponenten des Systems steuert, synchronisiert und den Datenfluss zwischen ihnen koordiniert. Um die Qualität eines Sensors zu prüfen, werden Topografiemessungen vorgenommen. Dazu sind Scan-Bewegungen des Messkopfes notwendig. Hierfür hat das IMMS einen Hochpräzisionsantrieb entwickelt, der eine Positioniergenauigkeit von besser als 10 nm sicherstellt und eine gleichförmige Bewegung mit einer Abweichung von weniger als 1% bei einer Geschwindigkeit von 0,1 bis 1 mm/s erreicht.

In den verbleibenden neun Projektmonaten im Jahr 2011 hat das Institut das SMARTIEHS-System einem ausgiebigen Funktions- und Anwendungstest unterzogen. Um alle von der Industrie geforderten Parameter zu erreichen, hat das IMMS zuerst mit Hilfe eines eigens für das Projekt entwickelten Testwafers die Hard- und Software des Messaufbaus optimiert. Im Applikationstest hat das Institut dann an einem industriell gefertigten MEMS-Wafer Messungen durchgeführt und deren Ergebnisse mit denen kommerzieller Testhardware verglichen. Es konnte eine gute Übereinstimmung erreicht und abschließend von einem Industriepartner validiert werden. Die Ergebnisse bescheinigen dem System absolute Einzigartigkeit aufgrund des parallelen Konzepts und zudem Potential für zahlreiche industrielle Applikationen.

Nach Abschluss des SMARTIEHS-Projektes hat das IMMS Mitte Oktober ein Final Review Meeting veranstaltet, um Vertretern aller Projektpartner und Gutachtern der Europäischen Union die Projektergebnisse zu präsentieren. Zeitgleich richtete das Institut den 11. Memunity Workshop aus, bei dem das SMARTIEHS-System in einen Vortrag und mit einer Vorführung des Demonstrators dem Fachpublikum vorgestellt wurde.

Im Projekt hat das IMMS das Know-how im Design und der Optimierung komplexer Systeme erfolgreich zur Anwendung gebracht und ausgebaut. Zudem hat das Institut Erfahrungen auf den Gebieten der Steuerung von Präzisionsantrieben und der Modellierung und Parameterextraktion von MEMS-Bauelementen auf neue Sensorsysteme angewandt. Die Forschung zur zerstörungsfreien indirekten Bestimmung von Bauelementeparametern von MEMS durch die Messung ihrer Eigenfrequenzen wird gegenwärtig am IMMS im Projekt Use-NEMS fortgeführt. Gemeinsam mit Industriepartnern möchten wir dieses Verfahren künftig in der Qualitätssicherung zur Anwendung bringen.

#### Kontakt:

Dipl.-Ing. Roman Paris roman.paris@imms.de

Energiemanagement von Funksensorknoten

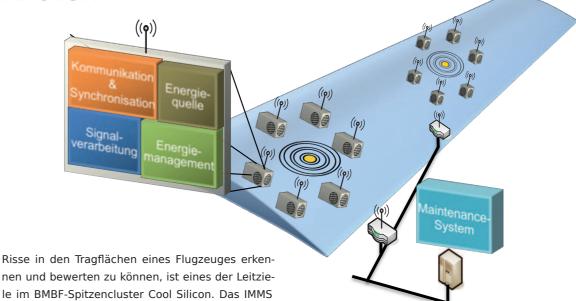


Bild 1: Monitoring von Flugzeugteilen, Quelle: IMMS

nen und bewerten zu können, ist eines der Leitziele im BMBF-Spitzencluster Cool Silicon. Das IMMS arbeitet an dem Teilprojekt CoolConSens (Förderkennzeichen 13N10401) mit, um diesem Ziel ein Stück näher zu kommen. Tragflächen bestehen aus Verbundwerkstoffen. Sollen darin Funksensorknoten zum Aufspüren von Rissen genutzt werden, so müssen sich diese energieautark über deren gesamten Einsatzzeitraum betreiben lassen. Das IMMS untersucht hierfür am Beispiel eines drahtlosen Sensorsystems zum akustischen Condition Monitoring in Gebäuden geeignete Energiemanagementlösungen, um diese Erkenntnisse später auf Sensorknoten für Flugzeugflügel zu portieren.

Das Institut hat mit seinem Versuchsaufbau Geräuschquellen lokalisiert und charakterisiert sowie aktive akustische Messungen durchgeführt. Mittels Energy-Harvesting ist ein solches System in der Lage, Energie aus der Umwelt zu beziehen und in Akkus zu speichern, doch diese relativ unzuverlässige Energiequelle steht sehr leistungsfähigen Sensor- und Funksystemen gegenüber. Es müssen zahlreiche Teilsysteme zusammenarbeiten, um eine übergeordnete Mess- oder Steueraufgabe zu erfüllen. Wichtig sind hierbei das Scheduling und die Kommunikation der Subsysteme untereinander. Die vorhandene Energie effizient zu verwalten, ist komplex wie herausfordernd. Denn es muss jedes Teilsystem für sich effizient sein, gleichzeitig

aber auch reibungslos mit anderen Komponenten zusammenarbeiten. Dies betrifft sowohl Hard- als auch Software und insbesondere die drahtlose Kommunikation. Eine Vielzahl von Parametern beeinflusst den Energiehaushalt und bestimmt so die Lebensdauer eines Systems.

Das vom IMMS untersuchte Sensorsystem zum akustischen Condition Monitoring für Gebäude verteilt sich auf Zentraleinheit, Maintenance System und eine variable Anzahl drahtloser Sensorknoten. Die wichtigsten Funktionseinheiten der Funksensorknoten sind das Sensorsubsystem, das Kommunikationssubsystem und die Energieversorgung inkl. Energiemanagement. Das Sensorsubsystem enthält die akustische Sensorik sowie Aktorik und verfügt über eine leistungsfähige Datenverarbeitungseinheit zur Vorverarbeitung der Audiodaten. Das Kommunikationssubsystem und das Energiemanagement besitzen eigene Steuereinheiten. Die Subsysteme können untereinander kommunizieren und über dedizierte Signalleitungen ihren Status mitteilen. Nach diesem Prinzip sollen später auch die Teilsysteme für das Monitoring von Tragflächen interagieren.



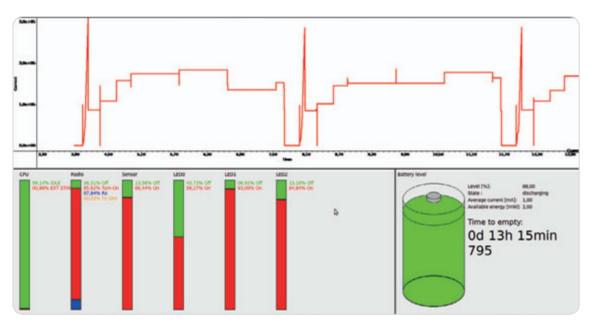


Bild 2: Visualisierung des Stromverbrauchs einzelner Module, Quelle: IMMS

Für ein effizientes Management der verfügbaren Energie müssen der Systemzustand und Verhalten sowie Verbrauch der Subsysteme genau charakterisiert werden. Dazu hat das Institut das Energieprofil des drahtlosen Sensorsystems für Gebäude aufgenommen und analysiert. Die klassische Aufnahme des Stromverbrauchs mit Hilfe eines Messwiderstands oder einer Stromzange gestaltet sich auf Grund des großen Messbereichs schwierig und erfüllt nicht die gestellten Anforderungen an die Messauflösung. Daher hat das IMMS hochpräzise Power-Analyseinstrumente verwendet und darüber hinaus mit In-System-Analysefunktionen den Zustand bis auf Funktions- und Befehlsebene aufgezeichnet. Mit Hilfe dieser Messwerte und unter Nutzung vorhandener Analysefunktionen hat das Institut ein Energiemanagement entwickelt.

Der Kern des Konzeptes ist, den Energieverbrauch für spezielle Aufgaben zu optimieren und im Leerlauf auf ein Minimum zu reduzieren. Geht man davon aus, dass durch das Scheduling

> Bild 3: Prototyp eines akustischen Funksensors, Quelle: IMMS

die energieinten-

siven Subsysteme, wie Sensor und Funk, zumeist ausgeschaltet sind und auch die Steuereinheit des Energiemanagementsystems vergleichsweise selten aktiv ist, so stellt die im Ruhezustand benötigte Energie den dominanten Anteil im Gesamtenergieverbrauch dar. Die derzeitige Auslegung des Systems sieht daher vor, mittels Energy-Harvesting zumindest diesen Energiebedarf zu decken. Experimente mit einer kompakten Solarzelle ergaben in einer typischen Einsatzumgebung eines Gebäudeinnenraums bei diffusem Tageslicht eine Leistung von ca. 0,54 mW, was weit mehr als der benötigten Leerlaufenergie entspricht. Mit diesem neuartigen, vorerst in Gebäuden erprobten Energiemanagement konnten Energieeinsparungen von bis zu 18 Prozent bei den ersten Prototypen gegenüber herkömmlichen Systemen nachgewiesen werden. Das IMMS hat damit die Basis für ein System mit drahtlosen Funksensorknoten für die Überwachung von Tragflächen geschaffen. Das entwickelte Energiemanagement ist ein wesentlicher Bestandteil für einen zuverlässigen Betrieb der Knoten über die gesamte Laufzeit. Die zeitaufwendige und fehleranfällige optische Inspektion von Tragflächen könnte damit künftig entfallen.

#### Kontakt:

IMMS I Jahresbericht 2011 I Zukunft ist jetzt.

Dr.-Ing. Tino Hutschenreuther tino.hutschenreuther@imms.de

# Das IMMS erschließt neue Anwendungen für drahtlose Sensornetzwerke

# **Der Maschinenstopp**

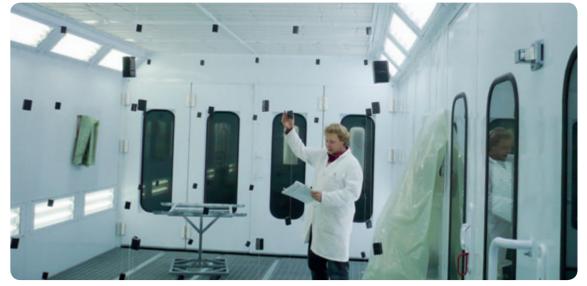
Man stelle sich einen Betrieb mit einer Bilanzsumme von fünf Mio. Euro und einem Jahresgewinn von 130.000 Euro vor. Das Unternehmen arbeitet als Zulieferer für die Fahrzeugindustrie nach der in dieser Branche wichtigen Zertifizierung ISO/TS 16949.

Das Leistungsspektrum schließt das Lackieren von Karosserieteilen ein. Die Autobauer fordern höchste Qualität, die Lackhersteller machen präzise Verarbeitungsvorgaben. Um dem gerecht zu werden, tätigt der Betrieb eine Investition in Höhe von 500.000 Euro. Die erworbene Lackierkabine soll den Produktionsprozess optimieren und sicherstellen, dass alle geforderten Parameter exakt eingehalten werden. Das Unternehmen geht davon aus, dass die Kabine entsprechend der Auftragslage voll ausgelastet ist und die Investition sich in kurzer Zeit amortisiert haben wird. Nach einigen Monaten mit umfangreichen Tests und Justierungen wird klar, dass man die Ausschussquote der neuen Anlage bei der Verarbeitung spezieller Lacke nicht unter 40 Prozent senken kann - trotz korrekter Einstellungen, die den Herstellervorgaben von Seiten des Lackzulieferers entsprechen. Mangelanzeigen beim Produzenten der Lackierkabine

laufen ins Leere. Dieser verweist auf eine einwandfrei gelieferte Anlage und beruft sich darauf, dass der Anwender für alle Konfigurationen verantwortlich ist. Zeit- und Kostendruck nehmen zu. Man entschließt sich, die Lackieraufträge außer Haus erfüllen zu lassen, um qualitäts- und termingerecht an die Autobauer liefern zu können. Die Kosten dafür waren nicht geplant.

### **Das IMMS auf Spurensuche**

Das IMMS hat für solche Szenarien eine Lösung, mit deren Hilfe man den Ursachen der mangelhaften Qualität bei der Verarbeitung in der Kabine auf die Spur kam. Die am Institut entwickelte modulare Hard- und Softwareplattform für drahtlose Sensornetzwerke verfügt über flexibel konfigurierbare Multisensorik. Diese lässt sich durch den verwendeten Open-Source-Betriebssystemansatz zudem noch an konkrete Einsatzzwecke und -umgebungen anpassen. Das IMMS untersuchte damit die Produktionsbedingungen in der Lackierkabine einschließlich der enthaltenen Technik. In einer Erkundungsmessung haben die Forscher mit einer großen Anzahl von Funknetzknoten mit entsprechender Sensorik über einen begrenzten Zeitraum



Untersuchung der Produktionsbedingungen in der Lackierkabine mithilfe eines drahtlosen Sensornetzwerkes, Quelle: IMMS



die Temperaturverteilung erfasst. Dies stellt prinzipiell eine besondere Herausforderung an die Realisierung von elektronischen Systemen dar. Denn die am Institut entwickelte Smart- Sensorik enthält neben dem eigentlichen Sensorelement noch Verarbeitungseinheit, Energieversorgung und -management sowie die Kommunikationsschnittstelle, die alle den Einsatzbedingungen standhalten müssen. Tests zu dieser Thematik haben nachgewiesen, dass die IMMS-Lösung mit den eingesetzten Komponenten einen Betrieb im Temperaturbereich von -30 °C bis +80 °C sichert.

Die Messungen mit diesen Elementen stellen eine hervorragende Basis dar, um den bestehenden Produktionsprozess zu analysieren. Der Betrieb bekam mit dieser Datenbasis den Beweis geliefert, dass die an der Bedieneinheit der Lackierkabine angezeigte Temperatur nicht mit der übereinstimmte, die tatsächlich an den Karosserieteilen herrschte. Die Differenz betrug bis zu 30 Grad. Der Umstand, dass die Kabine nach Erreichen der vermeintlich richtigen Temperatur das weitere Erhitzen einstellte, erklärte das unerwünschte Ergebnis beim Aushärten des Lackes.

Zudem wurde die Temperaturreglung in der Kabine dahingehend beurteilt, inwiefern die geforderten Prozessparameter beim Lackieren langzeitstabil eingehalten werden. Bei Langzeitmessungen können mit dieser Technik Abläufe und Betriebsbedingungen erfasst werden. In der Lackierkabine wurde festgehalten, wie genau die geforderten Verarbeitungstemperaturen eingehalten wurden. Auch für das Aufspüren von Optimierungsansätzen ist der Einsatz von Sensornetzwerken zur Datenerhebung an mehreren Stellen ein vielversprechendes Mittel. Die Kabine wurde dazu gitterförmig mit 5x5x4 Sensoren ausgestattet. Weitere Sensoreinheiten überwachten die Bedingungen in der Umgebung sowie in Zu- und Abluftkanal. Mit Hilfe dieser Messungen hat das IMMS Anhaltspunkte für weitere Optimierungen identifiziert.

Dieses Beispiel zeigt, wie bedeutend die Qualitätssicherung für die Marktfähigkeit von Produkten ist. Neben der Dokumentation der Produktionsbedingungen mittels drahtloser Funksensornetzwerke können diese Daten dazu führen, die Prozesse in

bestehenden Produktionsanlagen detaillierter zu verstehen und besser zu regeln. Vor allem sollen aber künftig solche Messdaten dazu beitragen, die Abläufe energetisch zu optimieren. Je mehr Sensoren dafür benötigt werden, desto größer sind die Herausforderungen bezüglich der Bewältigung der Komplexität und der Datenbewertung.

# Von der Maschinenüberwachung zum Umwelt-Monitoring

Für die am IMMS entwickelte drahtlose Sensornetzwerkplattform haben Forscher des Instituts die hoch skalierbare Netzwerktechnologie IPv6 für Sensornetzwerke angepasst. Damit ist eine barrierearme Integration in Standard-IT-Infrastrukturen möglich. Lag der Schwerpunkt der früheren Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zu drahtlosen Sensornetzwerken beim Einsatz für Gebäudeautomation, wurden in letzter Zeit weitere Anwendungsgebiete in den Bereichen Maschinenüberwachung und Umwelt-Monitoring erschlossen. Zum Beispiel können mit ihnen auch die Emissionen von Biogasanlagen überwacht werden. Beim modularen Design der Hard- und Software wurde besonderer Wert auf die Möglichkeit gelegt, einfach neue Sensoren in das Gesamtsystem zu integrieren. Das Institut hat für eine Reihe weiterer physikalischer Größen Sensoren in die Funknetzwerklösung eingebunden, sodass insgesamt bisher Messungen von Temperatur, Beschleunigung, Luftfeuchte, Luftdruck, Gaskonzentration (CO<sub>2</sub>), Helligkeit, Beschleunigung, Magnetfeldern, elektrischen Feldstärken und Kapazitätsänderungen gleichzeitig praktikabel sind. Darüber hinaus ist feststellbar, ob sich Objekte in der Umgebung bewegen bzw. wo andere Funknetzknoten lokalisiert sind.

Das IMMS führt seine Forschungs- und Entwicklungsarbeiten auf diesem Gebiet kontinuierlich fort und kann entsprechende Dienstleistungen und Prototypen anbieten, wie beispielsweise im Meteringund Automatisierungsbereich.

#### Kontakt:

Dr.-Ing. Tino Hutschenreuther tino.hutschenreuther@imms.de

# Ein Tool-Framework zum Technologietransfer analoger Schaltungen

Mikroelektronische analoge Schaltungen in gemischt analog-digitalen Systemen werden in der
Regel immer für eine bestimmte Halbleitertechnologie und Spezifikation entworfen und für eine
Wiederverwendung in anderen Umgebungen mit
hohem Zeitaufwand manuell transferiert. Bislang
gibt es kein System, das einen voll automatisierten
Technologietransfer analoger Schaltungen ermöglicht. Das IMMS war daher am Forschungsprojekt
SyEnA¹ beteiligt. In diesem wurden halbautomatische Werkzeuge erarbeitet, die die gesamte Entwurfskette von der Spezifikation bis zum Layout
umfassen.

Ein Baustein ist das am Institut entwickelte und unabhängig von kommerziellen Entwurfswerkzeugen arbeitende Tool-Framework EDADB (Electronic Design Automation Data Base). Es unterstützt den Entwickler mit einer Vielzahl von Funktionen durch eine modulare Struktur (Bild 2). Ein besonderer Schwerpunkt ist die Unterstützung für einen Technologietransfer von Schaltungen mit intelligenten Algorithmen, die von einer komfortablen grafischen Benutzeroberfläche gesteuert werden.

Als Ergebnis entsteht eine dimensionierte und in weiten Teilen spezifizierte Schaltung, die mit kommerziellen Werkzeugen sofort weiter verarbeitet und optimiert werden kann.

Das Tool ersetzt alte, prozessabhängige Bauteilbibliotheken (PDK) sowie ursprüngliche Symbole und Modelle durch neue. Es passt den Schaltplan an neue Pin-Anordnungen und Symbolgrößen an, rechnet Parameter um, führt eine regelbasierte Machbarkeitsanalyse durch und berechnet eine erste Dimensionierung. Mit den neuen Werkzeugen wurden bereits mehrere Schaltungen erfolgreich portiert. Der Transfer eines Folded-Cascade Operationsverstärkers von einer 0,6-µm-Technologie der X-FAB Semiconductor Foundries AG (XB06) in eine 0,35-µm-Technologie (XH035) wurde mit Hilfe der IMMS-Entwicklung innerhalb weniger Stunden durchführt. Eine manuelle Portierung hätte etwa zwei Tage in Anspruch genommen.

Bild 1: Mit solchen Belichtungsmasken werden in der Halbleiterfertigung Schaltungsstrukturen auf die Photolackschicht eines Wafers übertragen. Basis für die Strukturen ist das Schaltungsdesign. Quelle: X-FAB AG / Michael Voigt





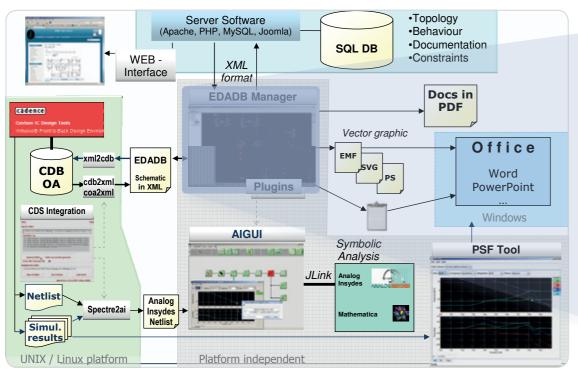


Bild 2: Übersicht der verschiedenen Module des EDADB-Managers, Quelle: IMMS

## Schaltungsportierung für eine Technologiemigration

## Der Schematic-Expander für die Symbolersetzung:

Beim Austausch der Bibliotheken werden die Schaltsymbole durch entsprechende Symbole aus einem neuen PDK ersetzt. Falls diese andere Größen und Anschlüsse haben, führt eine formale Ersetzung zu Fehlern durch falsche oder fehlende Verbindungen, wie Bild 3 zeigt. Eine manuelle Korrektur des gesamten Schaltplans ist zeitaufwändig und fehleranfällig. Der EDADB-Manager erkennt die Problemstellen und vergrößert den Schaltplan automatisch mit Hilfe des Schematic-Expanders. Die neuen Symbole werden mittig in den Zwischenraum platziert und korrekt mit den Leitungen verbunden, wie in Bild 3 zu erkennen ist.

#### Adaptersymbole bei geänderter Pinanordnung:

Liegen die Pins der neuen Symbole anders, müssen auch die entsprechenden Verbindungsleitungen neu angeordnet werden. Um neue Symbole in die ursprüngliche Verdrahtung einfügen zu können, werden Adaptersymbole genutzt. Abbildung 2 verdeutlicht, wie diese aus der Symbolgrafik mit ursprünglicher Pinanordnung entworfen und die Pins der neuen Symbole mit den richtigen Leitungen verbunden werden.

# Machbarkeitsanalyse

Ein Technologietransfer führt bei Analogschaltungen fast immer zu Änderungen der Betriebs- und Bauteilparameter, die die Eigenschaften der Schaltungen verändern oder bis zum ihrem Totalausfall führen können. Simulationen oder Optimierungswerkzeuge liefern erst nach mehreren Durchläufen Informationen, ob eine wiederverwendete Schaltung in der neuen Umgebung mit den angepassten Parametern funktionieren kann. Der EDADB-Manager führt daher eine Machbarkeitsanalyse durch. Diese ermittelt für jeden elektrischen Knoten ein Spannungsintervall, in dem alle für die Funktion notwendigen Bedingungen (Constraints) erfüllt sind. Treten Widersprüche auf, findet die Analyse die Ursache von Problemen ohne zeitaufwändige Simulationsläufe. Auf diese Weise kann sehr schnell entschieden werden, ob die Schaltung überhaupt realisierbar ist.

#### Initialdimensionierung

Auf Basis der zuvor bestimmten Spannungsintervalle werden bei der Initialdimensionierung die Parameter aller Bauelemente so ermittelt, dass deren Arbeitspunkte im vorgesehenen Bereich liegen.

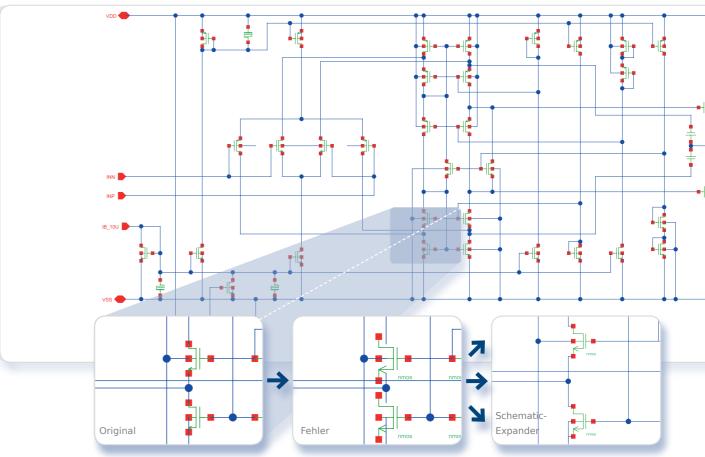


Bild 3: Formale Symbolersetzung kann zu Fehlern führen. Korrekturen nimmt der Schematic-Expander vor. Quelle: IMMS

Hierzu wird jedem Knoten eine Spannung in diesem Intervall zugeordnet, so dass alle Spannungsconstraints mit maximaler Reserve erfüllt sind. Zur Berechnung der Geometrie der MOS-Transistoren werden Lookup-Tabellen des SyEnA Kooperationspartners TU Dresden verwendet. In ihnen sind die Simulationsergebnisse für mehrere Messpunkte hinterlegt, wodurch eine sehr schnelle Bestimmung unterschiedlicher Parameter ermöglicht wird. Um die Werte zwischen den Messpunkten zu

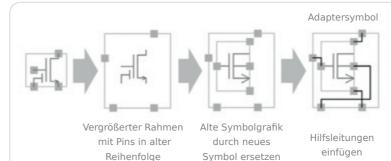
Abbildung 4: Beispiel eines Adaptersymbols

ermitteln, werden spezielle, den Abhängigkeiten entsprechende Interpolationsverfahren verwendet. So gelingt eine initiale Neudimensionierung eines Analogblocks, z.B. eines OTA mit ca. 20 Transistoren, in wenigen Sekunden.

#### Kontakt:

Dr.-Ing. Volker Boos, volker.boos@imms.de Dipl.-Ing.(FH) Jacek Nowak, jacek.nowak@imms.de

<sup>1</sup> SyEnA wird unter dem Förderkennzeichen 01 M 3086 im Förderprogramm IKT 2020 teilweise durch das BMBF gefördert.











# Organigramm

# Gesellschafter

Land Thüringen TFM

# **Aufsichtsrat**

TKM (Vorsitz)

TMWAT MAZeT, X-FAB
TFM TU Ilmenau

Wissenschaftlicher Beirat

# wissenschaftlicher Geschäftsführer

Professor TU Ilmenau

kaufmännischer Geschäftsführer

# Forschungsbereiche

- Mikroelektronik
- System Design
- Mechatronik
- Industrielle Elektronik und Messtechnik

# Verwaltung

- Planung/Controlling/Dok
- Lohn- und Finanzbuchhaltung
- Projektabwicklung
- Sektretariate, Beschaffung, Auftragsabwicklung
- Systemadministration

# Marketing

- New Business Technologies
- Öffentlichkeitsarbeit

Seite 38:

Vibrometrische Messung von MEMS-Strukturen für eine zerstörungsfreie indirekte Parameteridentifikation (Vergleich Seite 24)



#### **Wissenschaftlicher Beirat**

Vorsitzender: Herr Prof. Dr. CHRISTIAN BRECHER, Institutsdirektor des WZL der RWTH Aachen, Forschungsbereich Werkzeugmaschinen

Stellv. Vorsitzender: Herr OLAF MOLLENHAUER, Geschäftsführender Gesellschafter der TETRA GmbH, Ilmenau

Ehrenmitglied: Herr Prof. Dr. habil. EBERHARD KALLENBACH, Leiter des Steinbeis-Transferzentrums Mechatronik. Ilmenau

Herr Prof. Dr. ERICH BARKE, Präsident der Leibniz Universität Hannover, Fachbereich Informatik

Herr Dr. HERWIG DÖLLEFELD, Leiter Forschung X-FAB Semiconductor Foundries AG, Erfurt

Herr Prof. Dr. GÜNTER ELST, im Ruhestand, ehemals Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS – EAS, Direktor des Institutsteils Entwurfsautomatisierung EAS, Dresden

Herr Dr. FRED GRUNERT, Technischer Geschäftsführer MAZeT GmbH, Jena

Herr Prof. Dr. habil. MATTHIAS HEIN, TU Ilmenau, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Fachgebiet Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik

Frau Prof. Dr. OLFA KANOUN, TU Chemnitz, Prodekanin der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik, Lehrstuhl für Mess- und Sensortechnik

Herr Dr. NORBERT LENK, Geschäftsführer AJ IDC Geräteentwicklungsgesellschaft mbH Langewiesen, ein Unternehmen der Analytik Jena AG

Herr Dr. MICHAEL TRUTZEL, Senior Director Technology, Carl Zeiss Jena GmbH, Jena

Herr Prof. Dr. ANDREAS TÜNNERMANN, wissenschaftlicher Direktor der Friedrich-Schiller-Universität Jena, Lehrstuhl für Angewandte Physik

#### **Aufsichtsrat**

Vorsitzender: Herr Dr. JÖRG PRINZHAUSEN, Thüringer Ministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur

Herr Univ. Prof. Dr.-Ing. KLAUS AUGSBURG, Prorektor Wissenschaft, TU Ilmenau, Fakultät Maschinenbau

Herr Dr. FRANK EHRHARDT, Thüringer Ministerium für Wirtschaft, Arbeit und Technologie

Herr Dr. ERICH HACKER, PolymerMat e.V., Kunststoffcluster Thüringen

Herr Dr. sc. WOLFGANG HECKER, Geschäftsführer, MAZeT GmbH Thüringen

Herr Dr. JENS KOSCH, Chief Technical Officer, X-FAB-Semiconductor Foundries AG

Herr THOMAS WEISSENBORN, Thüringer Finanzministerium

# Publikationen 2011

#### **Fachartikel**

S. LANGE, T. REICH, J. NOWAK, B. DIMOV, M. MEISTER, E. HENNIG. Photo detector IC for Blu-ray-Disc applications: a realization applying efficient design methodologies. Advances in Radio Science 9, S. 219–223. http://www.advances-in-radio-science.net.

S. LANGE¹, H. XU², C. LANG¹, H. PLESS¹, J. BECKER², H.J. TIEDTKE³, E. HENNIG¹, M. ORTMANNS². An AC-powered Optical Receiver consuming 270μW for Transcutaneous 2Mb/s Data Transfer. San Fransisco, CA: ISSCC 2011. In Proceddings S. 304-306. ISBN: 978-1-61284-303-2.

<sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany

V. BOOS<sup>1</sup>, J. NOWAK<sup>1</sup>, S. HENKER<sup>2</sup>, S. HÖPPNER<sup>2</sup>, M. SYLVESTER<sup>3</sup>, H. GRIMM<sup>4</sup>, D. KRAUSSE<sup>5</sup>, R. SOMMER<sup>1,5</sup>. Strategies for Initial Sizing and Operating Point Analysis of Analog Circuits. Grenoble, France: DATE 2011, Design, Automation & Test in Europe. ISBN: 978-1-61284-208-0

- $^{\rm 1}$  IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Dresden, Dresden, Germany
- <sup>3</sup> MunEDA GmbH, Munich, Germany
- <sup>4</sup> Melexis GmbH, Erfurt, Germany
- <sup>5</sup> Technische Universität Ilmenau, Ilmenau, Germany

S. MICHAEL<sup>1</sup>, C. SCHÄFFEL<sup>1</sup>, S. VOIGT<sup>2</sup>, R. KNECHTEL<sup>3</sup>. Stress Identification of Thin Membrane Structures by Dynamic Measuarments. Aix-en-Provence, France: Design, Test, Integration & Packaging of MEMS/MOEMS (DTIP). S. 106-109. ISBN: 978-2-35500-013-3.

- $^{\rm 1}$  IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Chemnitz, Chemnitz, Germany
- <sup>3</sup> X-FAB Semiconductor Foundries AG, Erfurt, Germany

S. ENGELHARDT. Modulare Plattformen für die Entwicklung eingebetteter Systeme. 11. Microcontroller-Applikation/eingebettete Systeme-Workshop. Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule Mittweida Nr. 2/2011. S. 43-45.

K. AGLA, S. ENGELHARDT. Anwendung modell-basierter Verfahren beim Entwurf eines Smart-Sensors. 11. Microcontroller-Applikation/eingebettete Systeme-Workshop. Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule Mittweida Nr. 2/2011. S. 20-23.

M. KATZSCHMANN, D. KAROLEWSKI, C. SCHÄF-FEL. Entwicklung eines magnetisch geführten, planaren Direktantriebs. Zittau: 8. Workshop Magnetlagertechnik Zittau-Chemnitz. Tagungsband. S. 23-29.

C. SCHÄFFEL¹, S. MICHAEL¹, R. PARIS¹, A. FRANK¹, N. ZEIKE¹, K. GASTINGER², M. KU-JAWINSKA³, U. ZEITNER⁴, S. BEER⁵. Design of an interferometric test station for parallel inspection of MEMS Ilmenau: 56. Int. wissenschaftliches Kolloquium der TU Ilmenau. URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-2011iwk-098:5

<sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik Systeme gemeinnützige GmbH, Ehrenbergstr. 27, D-98693 Ilmenau, Germany <sup>2</sup> NTNU Trondheim, before SINTEF IKT Optical measurement systems and data analysis, N-7465 Trondheim, Norway <sup>3</sup> Institute of Micromechanics and Photonics, Warsaw University of Technology, 8 Sw. A. Boboli St.,Pl-02-525 Warsaw, Poland <sup>4</sup> Fraunhofer IOF, A.-Einstein-Str. 7, 07745 Jena, Germany <sup>5</sup> CSEM Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA, Technoparkstr. 1. CH-8005 Zurich. Switzerland

- S. HESSE<sup>1</sup>, C. SCHÄFFEL<sup>1</sup>, H-U. MOHR<sup>1</sup>, H.-J. BÜCHNER<sup>2</sup>. Interferometric controlled planar positioning system with zerodur slider. Ilmenau: 56. Int. wissenschaftliches Kolloquium der TU Ilmenau. URN: urn:nbn:de:gbv:ilm1-2011iwk-103:1
- $^{\rm 1}$  IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Ilmenau, Institut für Prozessmess- und Sensortechnik, Germany

E. CHERVAKOVA, W. KATTANEK. Energieeffiziente Funkkommunikation für Smart Home Anwendungen. Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule Mittweida Nr. 3/2011 "Drahtlose Kommunikationssysteme". S. 40-43.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> University of Ulm, Germany

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Intelligent Medical Implants GmbH, Germany



- T. ROSSBACH, M. EIFART, W. KATTANEK. Energiemanagement von Funksensorknoten. Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule Mittweida Nr. 3/2011 "Drahtlose Kommunikationssysteme". S. 36-39.
- C. SCHÄFFEL, M. KATZSCHMANN (11.2011). Entworfen und bewegt. Der Konstrukteur S. 22-23.
- K. TONISCH¹, W. JATAL¹, F. NIEBELSCHUETZ¹, H. ROMANUS², U. BAUMANN³, F. SCHWIERZ¹, J. PEZOLDT¹. AlGaN/GaN-heterostructures on (111) 3C-SiC/Si pseudo substrates for high frequency applications. Thin Solid Films, Volume 520, Issue 1, 31 October 2011, S. 491-496. http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0040609011013885
- <sup>1</sup> Institute of Micro- and Nanotechnology MacroNano®, Ilmenau Technical University, P.O. Box 100565, 98684 Ilmenau, Germany <sup>2</sup> Center for Micro- and Nanotechnology, Ilmenau Technical University, P.O. Box 100565, 98684 Ilmenau, Germany
- <sup>3</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ehrenbergstr. 27, 98693 Ilmenau, Germany
- C. SCHÄFFEL¹, S. MICHAEL¹, R. PARIS¹, A. FRANK¹, N. ZEIKE¹, K. GASTINGER², M. KUJA-WINSKA³, U. ZEITNER⁴, S. BEER⁵ (3.11.2011). Interferometric Test Station for Parallel Inspection of MEMS. Dresden: 5. Tagung "Feinwerktechnische Konstruktion". http://141.30.123.140/feinwerkwiki/index.php/5.\_Tagung\_Feinwerktechnische\_Konstruktion.
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik Systeme gemeinnützige GmbH, Ehrenbergstr. 27, D-98693 Ilmenau, Germany <sup>2</sup> NTNU Trondheim, before SINTEF IKT Optical measurement systems and data analysis, N-7465 Trondheim, Norway
- <sup>3</sup> Institute of Micromechanics and Photonics, Warsaw University of Technology, 8 Sw. A. Boboli St.,Pl-02-525 Warsaw, Poland
- <sup>4</sup> Fraunhofer IOF, A.-Einstein-Str. 7, 07745 Jena, Germany
- <sup>5</sup> CSEM Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA, Technoparkstr. 1, CH-8005 Zurich, Switzerland

- V. BOOS, J. NOWAK. Ein Tool-Framework zur Technologiemigration analoger Schaltungen. Erlangen: in Proceedings ANALOG 2011. GMM-Fachbericht Band 70. CD-ROM. ISBN 978-3-8007-3369-9.
- S. HESSE<sup>1</sup>, C. SCHÄFFEL<sup>1</sup>, M. KATZSCHMANN<sup>1</sup>, H.-J. BÜCHNER<sup>2</sup> (13.11.2011-18.11.2011). Interferometric controlled planar nanopositioning system with 100mm circular travel range. Denver, USA: ASPE 26th Annual Meeting of the American Society for Precision Engineering. in Proceedings, CD-ROM\*.
- \* Zum Zeitpunkt des Druckes keine genaue Angabe vorhanden.
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Ilmenau, Institut für Prozessmess- und Sensortechnik, Germany
- A.GRAUPNER<sup>1</sup>, R. JANCKE<sup>2</sup>, P. JORES<sup>3</sup>, J. NO-WAK<sup>4</sup>, R. POPP<sup>5</sup> (11.2011). SyEnA Syntheseunterstützter Entwurf analoger Schaltungen. Newsletter edacentrum. S. 05-16.
- <sup>1</sup> ZMDi Zentrum Mikroelektronik Dresden AG (ZMD AG), Dresden, Germany
- <sup>2</sup> FhG IIS-EAS , Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS-EAS. Dresden. Germany
- <sup>3</sup> Robert Bosch GmbH, Gerlingen-Schillerhöhe, Germany
- <sup>4</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>5</sup> edacentrum e.V., Hannover, Germany
- E. HENNIG¹, D. KRAUSSE², E. SCHÄFER¹, R. SOMMER¹.², C. TRUNK³, H. WINKLER³ (11.2011). Frequency compensation for a class of DAE's arising in electrical circuits. PAMM (Proc. Appl. Math. Mech.). S. 837-838.
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme, Ilmenau, Germany
- <sup>3</sup> Technische Universität Ilmenau, Institut für Mathematik, Ilmenau, Germany

#### Vorträge

- S. LANGE¹, H. XU², C. LANG¹, H. PLESS¹, J. BECKER², H.J. TIEDTKE³, E. HENNIG¹, M. ORT-MANNS² (20-24.02.2011). An AC-powered Optical Receiver consuming 270µW for Transcutaneous 2Mb/s Data Transfer. SAN FRANCISCO, CA: ISSCC 2011, IEEE INTERNATIONAL SOLID-STATE CIRCUITS CONFERENCE.
- $^{\rm 1}$  IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> University of Ulm, Germany
- <sup>3</sup> Intelligent Medical Implants GmbH, Germany
- W. SINN (23.02.2011). Anwendung eingebetteter Systeme im Bereich der Sensorik. Erfurt: AMA-Weiterbildungsseminar.
- W. SINN (09.03.2011). Von eingebetteten Systemen zur intelligenten Umgebung. Dresden:6. Silicon Saxony Day.
- H. TÖPFER<sup>1,2</sup>, T. HUTSCHENREUTHER<sup>1</sup> (09.03.2011). Technologische Aspekte der messtechnisch gestützten Beratung. Gera: Fachinformationsveranstaltung des TMWAT Energieeffizienz durch Prozessoptimierung.
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik, Germany
- V. BOOS<sup>1</sup>, J. NOWAK<sup>1</sup>, S. HENKER<sup>2</sup>, S. HÖPP-NER<sup>2</sup> (14.-18.03.2011). Strategies for Initial Sizing and Operating Point Analysis of Analog Circuits. Grenoble, France: DATE 2011, Design, Automation & Test in Europe.
- $^{1}$  IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Dresden, Dresden, Germany

- R. SOMMER<sup>1,2</sup>, E. SCHÄFER<sup>1</sup>, D. KRAUSSE<sup>2</sup>, E. HENNIG<sup>1</sup> (14.-18.03.2011). Design of a High-Speed Photodetector IC for Blu-ray Disc R/W Systems. Grenoble, France: DATE 2011, Design, Automation & Test in Europe.
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme, Germany
- H. TÖPFER<sup>1,2</sup>, T. HUTSCHENREUTHER<sup>1</sup> (21.03.2011). Technologische Aspekte der messtechnisch gestützten Beratung. Erfurt: Fachinformationsveranstaltung des TMWAT Energieeffizienz durch Prozessoptimierung.
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH. Ilmenau. Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Ilmenau, Germany
- H. TÖPFER<sup>1,2</sup>, T. HUTSCHENREUTHER<sup>1</sup> (24.3.2011). Technologische Aspekte der messtechnisch gestützten Beratung. Suhl: Fachinformationsveranstaltung des TMWAT Energieeffizienz durch Prozessoptimierung.
- $^{\rm 1}$  IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik, Germany
- J. NOWAK (05.04.2011). Strategien für Initialdimensionierung und Analyse der Arbeitspunkte analoger Schaltungen. Erfurt: Mikroelektronik-Seminar.
- H. TÖPFER<sup>1,2</sup> (13.04.2011). Messtechnisch gestützte Beratung und Analyse des Kosteneinsparpotenzials. Gera: Enterprise Europe Network Thüringen- Unternehmerworkshop.
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik, Germany



- T. REICH, B. DIMOV, CH. LANG, V. BOOS, E. HENNIG (03.05. 05.05.2011). Implementation of a Post-Layout Optimization method with Automatic Device Type Selection within practical analog circuit design processes. München: EMEA 2011 CDN Live!.
- V. NAKOV, E. HENNIG (03.05. 05.05.2011). A Project Environment for ASIC Design Teams. München: EMEA 2011 CDN Live!.
- K. AGLA (03.05. 04.05.2011). SystemC-AMS unterstütztes Design eines eingebetteten Analog-/Mixed-Signal-Systems mit kostengünstigem Mikrocontroller. Dresden: Dresdner Arbeitstagung Schaltungs- und Systementwurf DASS 2011.
- E. CHERVAKOVA (03.05. 04.05.2011). Entwicklung eines integrierten RSSI-basierten Lokalisierungssystems für drahtlose Sensornetzwerke. Dresden: Dresdner Arbeitstagung Schaltungs- und Systementwurf DASS 2011.
- U. MEISELBACH<sup>1</sup>, E. HENNIG<sup>2</sup> (05.05.2011). Zukunft der Temperaturmessung - Projekt THERMU-LAB. Ilmenau: Wissenschaftliches Kolloquium zum 15-jährigen Bestehen des IMMS.
- <sup>1</sup> tmg, Temperaturmesstechnik Geraberg GmbH, Martinroda, Germanv
- <sup>2</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH. Ilmenau. Germany
- R. GLÖSS<sup>1</sup>, C. SCHÄFFEL<sup>2</sup> (05.05.2011). Zukunft ist jetzt ... geht das denn? Mag6D Plattform. Ilmenau: Wissenschaftliches Kolloquium zum 15-jährigen Bestehen des IMMS.
- <sup>1</sup> Physik Instrumente (PI) GmbH & Co.KG, Karlsruhe, Germany <sup>2</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany

- A. KARGUTH<sup>1</sup>, T. HUTSCHENREUTHER<sup>2</sup> (05.05.2011). Die Zukunft zu Hause Smart Home Services. Ilmenau: Wissenschaftliches Kolloquium zum 15-jährigen Bestehen des IMMS.
- <sup>1</sup> TETRA Gesellschaft für Sensorik, Robotik und Automation mbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- M. KONRAD¹, K. FÖRSTER² (05.05.2011). Test mit Zukunft Smart PXI. Ilmenau: Wissenschaftliches Kolloquium zum 15-jährigen Bestehen des IMMS.
- <sup>1</sup> Konrad GmbH, Radolfzell, Germany
- <sup>2</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- B. DIMOV, D. NUERNBERGK, A. ROLAPP, M. MEISTER, E. HENNIG (10.05. 12.05.2011). Methodology for Experimental Investigation of Matching and Aging Effects. Dresden: edaWorkshop 2011.
- K. FÖRSTER (12.05.2011). Entwicklung und Charakterisierung eines SAE I2716 SENT-Transmitters für automotive Smart-Sensor-Applikationen. Sindelfingen: 10. ATE-Technologietag.
- M. GÖTZE (12.05.2011). Erweitertes Smart Metering zur verbesserten Verbrauchsanalyse und für neuartige Smart Home Services. Lichtenwalde: Leibniz-Konferenz.
- K. AGLA, S. ENGELHARDT (26.05.2011). Anwendung modellbasierter Verfahren beim Entwurf eines Smart-Sensors. Mittweida: 11. Mikrocontroller-Applikation/Eingebettete Systeme Workshop.
- E. HENNIG (07.06. 09.06.2011). Low-Cost/Low-Power Sensor Frontends for Energy-Autonomous Sensor Systems. Nürnberg: SENSOR + TEST 2011.
- M. MEISTER (05.07. 06.07.2011). Ambient Light Sensor (ALS) - Anwendung und Test. Suhl: elmug4future.

- H. TÖPFER<sup>1,2</sup> (05.07. 06.07.2011). Energy Harvesting für drahtlose Sensornetzwerke. Suhl: elmug4future
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik, Germany
- T. HUTSCHENREUTHER, M. GÖTZE (05.07. 06.07.2011). Flexible Hardware-Softwareplattformen für Smart Home Services. Suhl: elmug4future.
- T. ROSSBACH (05.07. 06.07.2011). Intelligentes Power-Management drahtloser Sensorsysteme. Suhl: elmug4future.
- F. SPILLER (05.07. 06.07.2011). Magnetische Direktantriebe mit sub-µm-Genauigkeit Magnetisch schwebende Plattform. Suhl: elmug4future.
- F. DINGER¹, T. HUTSCHENREUTHER² (07.07.2011). Messwertgestützte Energieeffizienzoptimierung Erfurt: 4. Energieeffizienz-Workshop: "Energieeffizienz durch Prozessoptimierung Von der Analyse zu intelligenten Lösungen".
- MAT Mess- und Analysentechnik, Hofgeismar, Germany
   IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme
- gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- C. SCHÄFFEL<sup>1</sup>, S. MICHAEL<sup>1</sup>, R. PARIS<sup>1</sup>, A. FRANK<sup>1</sup>, N. ZEIKE<sup>1</sup>, K. GASTINGER<sup>2</sup>, M. KU-JAWINSKA<sup>3</sup>, U. ZEITNER<sup>4</sup>, S. BEER<sup>5</sup> (12.09. 16.09.2011).Design of an interferometric test station for parallel inspection of MEMS. Ilmenau: 56. IWK der TU Ilmenau.
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik Systeme gemeinnützige GmbH, Ehrenbergstr. 27, D-98693 Ilmenau, Germany <sup>2</sup> NTNU Trondheim, before SINTEF IKT Optical measurement systems and data analysis, N-7465 Trondheim, Norway <sup>3</sup> Institute of Micromechanics and Photonics, Warsaw University of Technology, 8 Sw. A. Boboli St.,PI-02-525 Warsaw, Poland
- <sup>4</sup> Fraunhofer IOF, A.-Einstein-Str. 7, 07745 Jena, Germany
- <sup>5</sup> CSEM Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA, Technoparkstr. 1, CH-8005 Zurich, Switzerland

- S. LANGE¹, H. XU², CH. LANG¹, H. PLESS¹, J. BECKER², H.J. TIEDTKE³, E. HENNIG¹, M. ORTMANNS² (27.09.2011-30.09.2011). An ACpowered Optical Receiver consuming 270µW for Transcutaneous 2Mb/s Data Transfer. Freiburg: BMT 2011 Tagung der Biomedizinischen Technik.
- $^{\rm 1}$  IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> University of Ulm, Germany
- <sup>3</sup> Intelligent Medical Implants GmbH, Germany
- R. GRIESELER<sup>1</sup>, J. KLAUS<sup>2</sup>, M. STUBENRAUCH<sup>3</sup>, K. TONISCH<sup>3</sup>, S. MICHAEL<sup>2</sup>, J. PEZOLDT<sup>3</sup>, P. SCHAAF<sup>3</sup> (9.10.2011). Testing of Ultra-sensitive materials for nanoelectromechanical systems USENEMS. Lanzarote, Canary Islands, Spain: ECI Conference on Nanomechanical Testing in Materials Research and Development. (invited)
- <sup>1</sup> Ilmenau University of Technology, Institute of Micro- and Nanotechnologies MacroNano® and Institute of Materials Engineering, Department Materials for Electronics, Germany
- <sup>2</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>3</sup> Ilmenau University of Technology, Institute of Micro- and Nanotechnologies MacroNano®, Department of Nanotechnology
- C. SCHÄFFEL<sup>1</sup>, S. MICHAEL<sup>1</sup>, R. PARIS<sup>1</sup>, A. FRANK<sup>1</sup>, N. ZEIKE<sup>1</sup>, K. GASTINGER<sup>2</sup>, M. KUJA-WINSKA<sup>3</sup>, U. ZEITNER<sup>4</sup>, S. BEER<sup>5</sup> (3.11.2011). Interferometric Test Station for Parallel Inspection of MEMS. Dresden: 5. Tagung "Feinwerktechnische Konstruktion".
- IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik Systeme gemeinnützige GmbH, Ehrenbergstr. 27, D-98693 Ilmenau, Germany
   NTNU Trondheim, before SINTEF IKT Optical measurement systems and data analysis, N-7465 Trondheim, Norway
   Institute of Micromechanics and Photonics, Warsaw University of Technology, 8 Sw. A. Boboli St.,Pl-02-525 Warsaw, Poland
   Fraunhofer IOF, A.-Einstein-Str. 7, 07745 Jena, Germany
   CSEM Centre Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA, Technoparkstr. 1, CH-8005 Zurich, Switzerland
- W. SINN (09.12.2011). RFID und NFC Bindeglieder synchronisierter Welten. Dresden: 5. Dresdner RFID-Symposium.



#### **Poster**

- I. GRYL<sup>1</sup>, D. GLASER<sup>2</sup>, P. LU<sup>2</sup>, Z. KISS<sup>3</sup> (27.02.-01.03.2011). Automatische Ausführung einer standardisierten, ATML basierten Testspezifikation mit paralleler Simulation. Passau: 23. GI/GMM/ITG Workshop "Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen" (TuZ 2011).
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> LZS Universität Erlagen, Germany
- <sup>3</sup> Konrad GmbH, Radolfzell, Germany
- M. SPROGIES, G. KROPP, I. GRYL (27.02.-01.03.2011). Testerinstrumente auf FPGA-Basis. Passau: 23. GI/GMM/ITG Workshop "Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen" (TuZ 2011).
- S. SCHRAMM (22.03-23.03.2011). Real-time applications with Linux quantitative comparsion of different approaches using the example of Industrial Ethernet real-time communication with an ARM9 platform. Dresden: Smart Systems Integration.
- R. GRIESELER<sup>1</sup>, K. TONISCH<sup>2</sup>, B. LEISTRITZ<sup>3</sup>, M. STUBENRAUCH<sup>2</sup>, S. MICHAEL<sup>3</sup>, J. PETZOLDT<sup>2</sup>, P. SCHAAF<sup>1</sup> (30.03.2011). Bestimmung mechanischer Eigenschaften neuer Hochleistungsmaterialien. Jena: Thüringer Werkstofftag 2011 an der Friedrich-Schiller-Universität Jena.
- $^1$  TU Ilmenau, Institut für Werkstofftechnik und Institut für Mikround Nanotechnologien MacroNano, Fachgebiet Werkstoffe der Elektrotechnik, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> TU Ilmenau, Institut für Mikro- und Nanotechnologien MacroNano, Fachgebiet Nanotechnologie, Ilmenau, Germany
- <sup>3</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- V. BOOS<sup>1</sup>, J. NOWAK<sup>1</sup>, ST. HENKER<sup>2</sup>, S. HÖPP-NER<sup>2</sup> (10.05. 12.05.2011). Work Package2Constraint-based Initial Sizing and OP Analysis of Analog Circuits. Dresden: edaWorkshop 2011.
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Erfurt, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Dresden, Dresden, Germany

- M. MEISTER (05.07. 06.07.2011). Ambient Light Sensor (ALS) – Anwendung und Test. Suhl: elmug4future
- H. TÖPFER<sup>1,2</sup> (05.07. 06.07.2011). Energy Harvesting für drahtlose Sensornetzwerke. Suhl: elmug4future.
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik, Germany
- T. HUTSCHENREUTHER, M. GÖTZE (05.07. 06.07.2011). Die Zukunft zu Hause Smart Home Services. Suhl: elmug4future.
- T. ROSSBACH (05.07. 06.07.2011). Intelligentes Power-Management drahtloser Sensorsysteme. Suhl: elmug4future.
- F. SPILLER (05.07. 06.07.2011). Magnetische Direktantriebe mit sub- $\mu$ m-Genauigkeit Magnetisch schwebende Plattform. Suhl: elmug4future.
- V. BOOS, J. NOWAK (07.11.2011). Ein Tool-Framework zur Technologiemigration analoger Schaltungen. Erlangen: Analog 2011.

#### **Patente**

C. SCHÄFFEL, H.-U. MOHR, D. KAROLEWSKI, S. HESSE, M. KATZSCHMANN (21.07.2011). Vorrichtung zur Positionsbestimmung eines Läuferelementes in eimem Planarantrieb und dergleichen Bewegungssystems. DE 102010014663A1 2011.07.21.

## **Sonstige Artikel**

- H. TÖPFER<sup>1,2</sup>, R. PEUKERT<sup>1</sup>, M. SACHS<sup>1</sup>, T. ELS-TE<sup>1</sup>, S. SCHRAMM<sup>1</sup> (31.01.2011). Echtzeitfähige multimediale Kommunikation mit eingebettetem 1394b-Steuermodul. Forschungsbericht, Nr. 27/2011, Deutsche Forschungsgesellschaft für Automatisierung und Mikroelektronik e.V. (DFAM), ISBN: 978-3-8163-0609-2.
- <sup>1</sup> IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Technische Universität Ilmenau, Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik, Germany
- K. FÖRSTER (30.03.2011). Abschlussbericht OKTOPUS Optimal-Konfigurierbare Test-Organisationsplattform mit Unterstützung der Synthese, FKZ: 13N10345. Hannover: für VDI Technologiezentrum und TIB Hannover.
- C. SCHÄFFEL, B. LESITRITZ (April 2011). Abschlussbericht Nanopositionier- und Nanomessmaschine NPMM 200. Sachbericht des Teilprojekts VT02 Antriebssysteme. FKZ: 2007 FE 9053.
- U. LIEBOLD (21.06.2011). Abschlußbericht TAB-DVD Modellierung und Optimierung von Fotodioden und DVD-Front-End-Verstärkerschaltungen. FKZ: 2006 FE 0395.
- V. BOOS¹, DR. B. DIMOV¹, S. DRAPATZ³, G. GEORGAKOS², D. LORENZ³, H. MELZNER², U. SEIDL⁴, H. WALD⁵ (28.06.2011). Schlussbericht zur BMBF-Förderinitiative IKT2020 zum Thema: Grundlagen für die Analyse und Optimierung von Ausbeute und Zuverlässigkeit Integrierter Schaltungen und deren methodische Einbindung in den Entwurfs-Prozess (HONEY). FKZ 01M3184. BMBF Technische Informationsbibliothek Hannover.
- $^{\rm 1}$  IMMS Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH, Ilmenau, Germany
- <sup>2</sup> Infineon Technologies AG, Germany
- <sup>3</sup> Technische Universität München, Germany
- <sup>4</sup> MunEDA GmbH, München, Germany
- <sup>5</sup> X-FAB Semiconductor Foundries AG, Erfurt, Germany

# Institut für Mikroelektronikund Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH

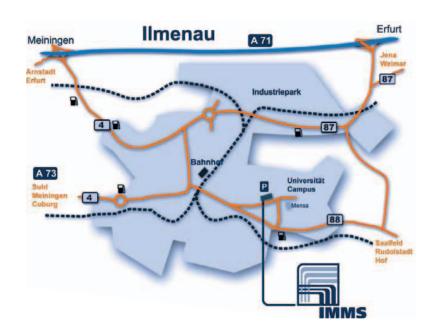
Ehrenbergstr. 27

D-98693 Ilmenau/Thüringen

Telefon: +49 (3677) 69 55 00

Telefax: +49 (3677) 69 55 15

E-Mail: imms@imms.de



## Institutsteil Erfurt

Konrad-Zuse-Strasse 14

D - 99099 Erfurt/Thüringen

Telefon: +49 (361) 663-2500

Telefax: +49 (361) 663-2501

E-Mail: imms@imms.de



Straßenbahn Linie 3, ab Hauptbahnhof

Richtung "Urbicher Kreuz"

bis Haltestelle "Windischholzhausen/X-FAB"