

IMPRESSUM

Herausgeber

Institut für Mikroelektronik- und Mechatronik-Systeme gemeinnützige GmbH

Lektorat

Prof. Ralf Sommer
Dipl.-Ing. Hans-Joachim Kelm
Dipl.-Medienwiss. Ines Lehrke
Manuel Mohr
Tina Schmidt

Layout und Illustration

Manuel Mohr Tina Schmidt Dipl.-Medienwiss. Ines Lehrke

Übersetzung

Dr. David Kirya

Druckvorstufe

Frank Diehn • www.fRanKon.de

Druck

Brandtdruck e.K. Mittelstraße 9, 98714 Stützerbach www.brandtdruck.de info@brandtdruck.de

Fotos

Dipl.-Kffr. Stefanie Theiß www.pixelio.de

Kontakt

Dipl.-Medienwiss. Ines Lehrke PR / Marketing Manager Ehrenbergstr. 27, 98693 Ilmenau Telefon: +49 (3677) 69 55 13

Telefax: +49 (3677) 69 55 15 E-Mail: imms@imms.de

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

Mai 2010



"Was in modernen Entwicklungen technologisch zusammenwächst, muss auch im Entwurfsprozess ganzheitlich betrachtet werden. Aufbauend auf vorhandenen Kompetenzen und Synergien strebt das IMMS diese Ganzheitlichkeit im Sinne des maximalen Kundennutzens an. Wir geben Produkten eine Zukunft."

Prof. Dr. Ralf Sommer, wissenschaftlicher Geschäftsführer der IMMS GmbH Dipl.-Ing. Hans-Joachim Kelm, kaufmännischer Geschäftsführer der IMMS GmbH

INHALTSVERZEICHNIS

Das Institut	1
Vorwort.□	2
Profil	5
Partner und Netzwerke	9
Aus dem Institutsleben	12
Forschung und Lösungen für Industrie	15
VERDIAN	16
Skalierbares Mehrkoordinaten-Direktantriebssystem für die Präzisionsfertigung	16
VERDIAN	19
Messkopf mit Integrierter Signalverarbeitung	19
Laser-Dicing-Technologie für dünne Halbleiter-Wafer	21
Planarer Präzisionsantrieb für 12" Wafer-Dicing	21
Personalisiertes Miniaturisiertes Dosimeter	23
PMD – Mobiles Dosimeter zur Lärmprävention	23
BASe-Net	26
Ein drahtloses, energieeffizientes Sensornetzwerk für die Gebäudeautomation	26
Waferlevel-Test von MEMS	30
Entwicklung von Testverfahren und -systemen	30
Analog-Digital-Wandler für den Hochtemperaturbereich	34
Entwurf und Messung eines 12-Bit A/D-Wandlers für den Hochtemperaturbereich	34

INHALTSVERZEICHNIS

RF-IPs□	36
Charakterisierung mit modularen PXI-Testsystemen	36
Flexibel Konfigurierbares PXI-Testsystem	39
Entwurf von und Einsatzerfahrungen bei on-wafer Messungen im Halbleiterbereich	39
Fotodiode	42
Verbesserung der Testqualität für optoelektronische Schaltungen	42
Fotodetektor-IC	45
PDIC für Blu-ray-Disc-Laufwerke mit 12-facher Schreib- und Lesegeschwindigkeit	45
Literaturverzeichnis	48
Publikationen – Patente – Veranstaltungen	49
IMMS Team	58
Anfahrt – Kontakt	60





VORWORT

LIEBE GESCHÄFTSPARTNER, LIEBE FREUNDE, SEHR GEEHRTE DAMEN UND HERREN,

das IMMS blickt auf ein ereignisreiches und doch erfolgreiches Jahr 2009 zurück.

Das Jahr war geprägt von einer kritischen gesamtwirtschaftlichen Lage, was nicht spurlos am IMMS vorbeigegangen ist. Umso wichtiger war es für uns und wird es auch zukünftig sein, öffentliche und Industrieprojekte zu akquirieren und gemeinsam gewinnbringend umzusetzen.

Wir haben uns den Herausforderungen gestellt und werden diesen Prozess in 2010 noch weiter forcieren. Wir setzen verstärkt auf unsere übergreifenden Forschungs- und Entwicklungskompetenzen und rücken den Nutzen für den Anwender noch stärker in den Fokus unserer Arbeit.

"Wir haben uns den Herausforderungen gestellt und werden diesen Prozess 2010 noch weiter forcieren."

Durch intensive Forschungs- und Entwicklungsarbeit in allen Bereichen haben wir Ergebnisse geschaffen, die uns stolz machen. Gemeinsam mit unseren Industrie- und wissenschaftlichen Partnern wurden wichtige Projekte durchgeführt und ins Leben gerufen.

So konnte das IMMS gemeinsam mit der Technischen Universität Ilmenau im BMBF-Projekt SYENA mit zahlreichen Beiträgen und ganz besonders mit einem neuen Verfahren zur automatischen Schaltungstopologiemodifikation für hochperformante integrierte Analogschaltungen große Erfolge erringen.

Auch wurde ein Teilvorhaben im Rahmen des Spitzenclusters "Cool Silicon" bewilligt. Der Cool Silicon Cluster – mit mehr als 60 Unternehmen und

Forschungseinrichtungen – beschäftigt sich mit drei Leitprojekten zu den Themen CoolComputing, Cool-Reader und CoolSensornet. Das bewilligte Teilvorhaben hat sich zum Ziel gesetzt, energieeffiziente Sensornetze für das akustische Condition Monitoring zu erforschen. Experten des Institutes werden sich der Softwareplattform für das Energiemanagement widmen.

Selbstbewusst blickt das IMMS zugleich auf den erfolgreichen Abschluss des Projektes "Multiaxiale Direktantriebssysteme mit modularen, vernetzten Steuerungen" innerhalb des Wachstumskerns VERDIAN zurück. Die Vision des Wachstumskerns, bis 2015 ein weltweit führender Anbieter von magnetischen Direktantrieben zu sein, wurde durch das Teilprojekt unter Mitwirkung des IMMS einen großen Schritt vorangebracht. Die Forschungs- und Entwicklungsarbeiten am IMMS waren gekennzeichnet durch die Anwendung eines ganzheitlichen mechatronischen Entwurfs für Direktantriebe unter Berücksichtigung neuer Funktionsstrukturen, Magnetwerkstoffe und Fertigungstechnologien sowie echtzeitfähiger Steuerungen mit neuen Steuerungs- und Regelungsalgorithmen sowie integrierter Messtechnik. Zahlreiche Ergebnisse aus allen Bereichen des IMMS sind aus diesem Projekt hervorgegangen: ein skalierbarer Mehrkoordinatenantrieb, ein magnetisch geführter Tisch und ein optischer 3D-Messkopf mit EtherCAT® Interface.

Wir wollen uns auf den bisherigen Erfolgen jedoch nicht ausruhen und werden keinen Stillstand zulassen. Auch für das IMMS wird es immer wichtiger, neue Aufgabenfelder zu erschließen, und wir streben durch Kooperationen in den verschiedensten Technologiebereichen nicht nur zur technologischen Spitze, sondern auch nach einem klaren Mehrwert für die Anwender unserer Entwicklungen. Dabei vertrauen wir

auf die gewachsenen Partnerschaften zu Forschungsinstituten und regional und überregional ansässigen Unternehmen. Wir bieten ihnen Know-how-Transfer und innovative marktnahe Entwicklungen.

"Auch für das IMMS wird es immer wichtiger, neue Aufgabenfelder zu erschließen, und wir streben durch Kooperationen in den verschiedensten Technologiebereichen nicht nur zur technologischen Spitze, sondern auch nach einem klaren Mehrwert für die Anwender unserer Entwicklungen."

Die Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer Institut für Integrierte Schaltungen IIS im Bereich der Entwurfsmethodik sowie mit dem Fraunhofer Institut für Biomedizinische Technik IBMT im Bereich Mikroelektronik in der Medizintechnik sind Beispiele für eine enge Verknüpfung der unterschiedlichen Kompetenzfelder über Institutsgrenzen hinweg. Aber auch regionale Netzwerke werden durch Kooperationen gestärkt. So erhielt die Arbeit innerhalb des ELMUG Clusters (Elektronische Mess- und Gerätetechnik in Thüringen) eine neue Qualität, welche sich auch in der Bewilligung des Nachfolgeprojektes zum Wachstumskern SHS (Smart Home Services) widerspiegelt. Nicht zu letzt brachten starke und gewachsene Strukturen der Zusammenarbeit mit Industriepartnern, wie z.B. der TETRA Gesellschaft für Sensorik, Robotik und Automation mbH und der Heinz Messtechnik GmbH, eine Überführung von IMMS-Forschungsarbeiten in marktreife Produkte.

Unsere bisherigen Erfolge sind Lohn und Ansporn zugleich. Darauf aufbauend wird das IMMS die regionalen, überregionalen, aber auch internationalen Kontakte zur Industrie und zu den wissenschaftlichen Partnern weiter ausbauen, um solide Forschungs- und Entwicklungsergebnisse zu erzielen und für unsere Partner einen technologischen Vorsprung zu erreichen.

Das in 2009 abgeschlossene Projekt mit der Firma Advanced Laser Separation International N.V. (A.L.S.I.) und dem Institut Centre for Concepts in Mechatronics B.V. (CCM) in den Niederlanden, in dem das IMMS den Planarmotor PMS 380 entwickelte, zeugt von der Ausrichtung des Institutes über Landesgrenzen hinweg. Aber auch in internationalen Forschungsprojekten wie dem EU-Projekt SMARTIEHS (Smart inspection system for high speed and multifunctional testing of MEMS and MOEMS) kann sich das IMMS behaupten.

Die strategische Erweiterung unseres Forschungsportfolios wird sukzessive und im Einklang mit der Lösung
spezifischer Industrieanforderungen vorangetrieben.
Dabei bauen wir natürlich auch auf die hervorragende Zusammenarbeit mit der TU Ilmenau, die eine
enorme Bereicherung und Unterstützung für unser
Schaffen bedeutet. Für diese starke und stetig wachsende Verbundenheit danken wir der Technischen
Universität und hoffen auch in Zukunft auf die Synergieeffekte, die die Verbindung unserer Forschungsthemen über verschiedene Wissenschaftsdisziplinen
hinweg hervorbringt.

Die kontinuierliche wissenschaftliche Fortentwicklung des IMMS zeigt sich ebenso in den zahlreichen wissenschaftlichen Publikationen und Präsentationen. So wurden wir auf der Cadence CDNlive! 2009 mit einem Best Paper Award ausgezeichnet. Aber auch eine Vielzahl von Patentanmeldungen zeugt von dem Erfindergeist unserer Mitarbeiter. Zum Beispiel wurde das IMMS auf der Internationalen Fachmesse Ideen-Erfindungen-Neuheiten IENA 2009 mit einer Silbermedaille für die "Entwicklung von Linearmotoren nach Kundenwunsch" geehrt.

Die Vision des IMMS wird vor allem durch das uneingeschränkte Engagement unserer Mitarbeiter getragen und vorangetrieben. Über das fachliche Know-how hinweg sind Teamarbeit und soziale Kompetenz die Eckpfeiler unseres Schaffens.

"Die Vision des IMMS wird vor allem durch das uneingeschränkte Engagement unserer Mitarbeiter getragen und vorangetrieben."

Durch die Initiative wurde unserer Mitarbeiter wurde zum Beispiel das Projektmanagement des IMMS auf ein höheres Level befördert, um als innovativer Dienstleister unseren Kunden auch in den kommenden Jahren die bestmögliche Entwicklungsarbeit bieten zu können.

Ebenso wichtig ist jedoch die Förderung des IMMS-Teams im Institut: die persönliche Entwicklung wird dabei auf verschiedene Art und Weise unterstützt. 2009 wurden Sprach- und Kommunikationskurse angeboten und auch zukünftig werden Soft-Skills gleichermaßen wie fachliche Schulungen im Fokus der IMMS-Weiterbildung stehen.

Wie bisher wird sich das Institut auch weiterhin in bester Weise bemühen, Nachwuchswissenschaftler zielgerichtet zu fördern und frühzeitig an Forschung und Entwicklung heranzuführen. Das IMMS möchte Studierenden, ebenso wie Absolventen und Graduierten, den Weg in die Praxis ebenen. All dies wäre nicht möglich ohne unsere Partner.

Unser Dank gilt dem Freistaat Thüringen, der starke Forschungsnetzwerke fördert. Von diesen profitiert auch das IMMS.

Vielen Dank auch allen Geschäftspartnern, Freunden, Förderern und Menschen, die uns den Rücken stärken.

An dieser Stelle möchten wir uns auch beim Wissenschaftlichen Beirat des IMMS bedanken, der uns in allen Fragen fördernd und beratend zur Seite steht.

Das Institut verfolgt beständig das Ziel, Forschungsergebnisse effizient in neue Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen zu überführen. Mit Kreativität, Engagement und hohem Einsatz brachte sich dafür das gesamte Team mit fachlicher Expertise und persönlichen Kompetenzen ein. Für die konstruktive und vertrauensvolle Zusammenarbeit im letzten Jahr möchten wir in besonderer Weise allen Mitarbeitern des IMMS danken. Nur durch sie können wir auch zukünftig unsere hochgesteckten Ziele erreichen.

Auf den nun folgenden Seiten unseres Jahresberichtes möchten wir Ihnen exemplarisch die neuen Wege des IMMS darlegen und auch aufzeigen, welche bereits bekannten Pfade verbessert werden konnten.



R. Young

Prof. Dr. Ralf Sommer

Dipl.-Ing. Hans-Joachim Kelm

PROFIL



IMMS - DAS INSTITUT IM PROFIL

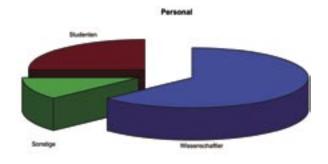
Unter der Leitung von Prof. Dr.-Ing. Ralf Sommer und Dipl.-Ing. Hans-Joachim Kelm entwickelt das Institut mikroelektronische und mechatronische Systeme und Geräte sowie die dazu notwendigen Schaltungen, die Software und Entwurfsmethoden. Mit dem Hauptsitz in Ilmenau/Thüringen – auf dem Campus der Technischen Universität Ilmenau – kann das Institut sowohl durch seine Lage als auch durch seine Position als AnInstitut der TU Ilmenau auf starke Vernetzungen mit der universitären Forschungslandschaft bauen. Der weitere Standort in Erfurt ist ebenfalls gut angebunden und befindet sich in Erfurt-Süd-Ost – dem Zentrum der Mikroelektronik und Photovoltaik Thüringens und in unmittelbarer Nachbarschaft zu Firmen wie X-FAB, Melexis, PV Silicon und ErSol Solar Energy AG.

Personalentwicklung

2009 waren im IMMS 101 Mitarbeiter beschäftigt. Davon waren ca. 87 Prozent in der Forschung und Entwicklung tätig – 63 Wissenschaftler und 25 Studenten (Full Time Equivalent).

Wie bereits in den letzten Jahren, haben eine große Zahl von Studenten (insgesamt 58) die Angebote des IMMS wahrgenommen, ihre Ausbildung in praxisorientierter Forschung zu vertiefen und zu vervollständigen: 42 Studenten absolvierten Praktika und weiterhin wurden zehn Diplomarbeiten, fünf Bachelorarbeiten und fünf Masterarbeiten betreut. Außerdem sind gegenwärtig sieben Mitarbeiter als Doktoranden an einer Universität eingeschrieben.

Das IMMS ist ebenfalls stolz darauf, dass 2009 eine Auszubildende ihre berufliche Qualifikation zur Bürokauffrau erfolgreich abgeschlossen hat und eine neue Auszubildende im kaufmännischen Bereich eingestellt werden konnte. Insgesamt betreut das IMMS momentan drei Auszubildende.

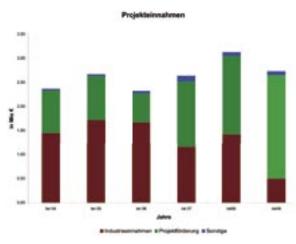


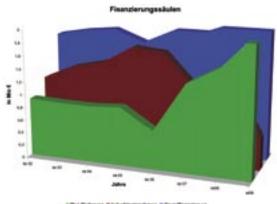
FINANZIERUNG

Die Projekteinnahmen aus industrieller Auftragsforschung sind als eine Folge der Weltwirtschaftskrise um ca. 60 Prozent zurückgegangen. Im Besonderen waren hiervon die Zusammenarbeit mit Partnern aus dem Maschinenbau und der Mirkoelektronik

betroffen. Gleichzeitig konnten die Einnahmen aus öffentlicher Projektförderung merklich gesteigert werden. Dies ist zum einen auf die erfolgreiche Akquisition in 2008 zurückzuführen, zum anderen findet in dieser Entwicklung die Bemühung der Politik Ausdruck, durch Kontinuität in der Forschungs- und Innovationsförderung den industriellen Unternehmen alle Möglichkeiten zu erhalten, sich auf die Entwicklung neuer Produkte, Verfahren und Technologien zu konzentrieren. Damit sollen diese unterstützt werden, die Zeit nach der Krise zu meistern und – in ihrer Wettbewerbsfähigkeit gestärkt – die darauf folgende, erwartungsgemäß hoch dynamische wirtschaftliche Entwicklung mit guten Erfolgen zu bestehen.

Seit 2007, einer Zeit starken wirtschaftlichen Wachstums, hat sich die Finanzierung des Institutes dynamisch





verändert. In dieser Zeit erwies sich die Grundfinanzierung durch den Freistaat Thüringen als Garant für die Stabilität der Forschungsprogramme im IMMS. Die positive Entwicklung der Projektförderung kennzeichnet die Akzeptanz des IMMS als Forschungspartner. Nahezu alle diese Projekte sind Verbundprojekte. Entsprechend ist es dem IMMS gelungen, seine Netzwerkaktivitäten sichtbar zu steigern.

Der Rückgang industrieller Auftragsforschung wird nicht von Dauer sein, bedeutet für das IMMS jedoch eine große Herausforderung. Erträge aus dieser Tätigkeit dienen zur Finanzierung defizitärer öffentlich geförderter Projekte.

Durch sein großes Engagement in der studentischen Ausbildung konnte das IMMS ausreichend Absolventen werben, um die notwendige Zahl und die Qualität von wissenschaftlichen Mitarbeitern sicherzustellen. Damit war es möglich, die wachsende Zahl öffentlich geförderter Forschungsprojekte bearbeiten zu können.

WISSENSCHAFTLICHTECHNISCHE AUSRICHTUNG

Das IMMS ist seit seiner Gründung 1995 ein Anbieter von Systemtechnologien – ganz im Sinne der "Hightech-Strategie für Deutschland".

Für das IMMS ist der Lösungsgedanke und die Kundenzufriedenheit Kernpunkt der Strategie. Mit multidisziplinärem Know-how schaffen wir innovative Ergebnisse auf dem neuesten Stand der Forschung und setzen sie gemeinsam mit unseren Fertigungspartnern um. So bilden wir technisch und entwurfsmethodisch Brücken zwischen den verschiedenen Domänen eines Gesamtsystems und gleichzeitig verbinden wir die Wissenschaft mit der Anwendung – die Universität mit der Industrie.

Von der Idee und dem Design, über die einzelnen Bauelemente und Baugruppen bis hin zur Systemintegration und letztendlich zum Prototypen deckt das IMMS alle Stufen des Entwurfsprozesses ab. Das Institut ist in der Lage, einen Beitrag für das kundenorientierte Leistungsprofil Thüringens zu leisten und dieses voranzutreiben. Im Fokus stehen dabei zukunftsweisende Schlüsseltechnologien, wie z.B. Mikrosystemtechnik und -elektronik, Nanotechnologie, Fahrzeugtechnik und Optik.

ZIELE DES INSTITUTS

Unsere lokalen Kompetenzen und das fachspezifische Wissen in verschiedenen Bereichen werden zu einem Gesamtsystem zusammengeführt, welches den optimalen Kundennutzen hervorbringt.

Das Profil des IMMS ist von dem Gedanken geprägt, wissenschaftliche Ideen und theoretische Erkenntnisse anwendungsorientiert einzusetzen, um innovative Konzepte, Software, Geräte und Systeme zu entwickeln.

Ausgewiesene Problem-Lösungskompetenz

Unser Angebot an Forschung, Entwicklung und Dienstleistung umfasst eine tiefe Problemuntersuchung und das Aufzeigen möglicher Lösungen bis hin zum Prototypen.

Das IMMS bietet Forschung und F&E-Dienstleistungen gleichermaßen. Die fachlichen Kompetenzen konzentrieren sich dabei auf Gebiete, wie



Integrierte Schaltungstechnik und Mikromechanik

- HF-Schaltungstechnik
- Optoelektronik
- Hochtemperatur-Schaltungstechnik
- Analoge Präzisionsschaltungstechnik
- Sensor-Interfaces
- Getaktete elektronische Vorschaltgeräte für Gasentladungslampen

Präzisionsantriebstechnik

- Antriebssysteme für höchste Präzision und Vakuumeinsatz
- Analoge und getaktete Leistungsbaugruppen für mechatronische Antriebe
- Analysegeräte und -instrumente

Modellbasierte Entwurfstechniken

- Modellbasierter Entwurf unter Anwendung von MATLAB/Simulink, verschiedener UML-Tools, AS-CET-SD, VHDL, VHDL-AMS, Verilog und SystemC
- Modellierung, Simulation und Optimierung von elektronischen Bauelementen und Schaltungen einschließlich symbolischer Analyse und Entwurfszentrierung
- Innovative Entwurfsmethodik für integrierte analoge und Mixed-Signal-Schaltungen
- Erstellung von Design-Kits
- Entwurf, Auswahl, Dimensionierung und Integration von Luftlager, Luftführungen, Magnetlager, Magnetführungen
- Entwurf und Simulation von Regelungen für komplexe, hochpräzise mechatronische Systeme
- Modellierung, Simulation, Auslegung und Konstruktion produktspezifischer, magnetischer Aktorsysteme und mechanischer Präzisionssysteme
- Thermische Optimierung von Baugruppen

Steuerungs- und Kommunikationstechnik

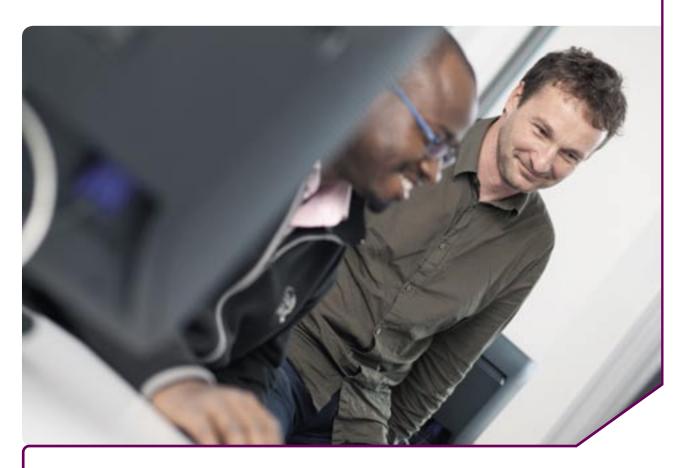
- Busse und Vernetzung von Systemen (eingebettete Kommunikation, Sensorvernetzung)
- Sensornahe Signalverarbeitung
- Einsatz freier Betriebssysteme für eingebettete Anwendungen
- Softwarearchitekturen f\u00fcr eingebettete Systeme
- Echtzeitsteuerung von Aktoren
- Neue Kommunikationstechnologien (drahtgebunden, drahtlos)

Testmethodik/Testplattformen

- Simulation, Test und Charakterisierung von MEMS
- Modalanalyse und harmonische Analyse von Gerätestrukturen (messtechnisch und simulativ)

- HF-Charakterisierung von Bauelementen und IP-Blöcken in neuen Halbleitertechnologien sowie Rauschmessung
- HF-Schaltungsentwicklung und HF-Boarddesign u.a. für Testerloadboards
- Charakterisierung von optoelektronischen Schaltungen mit Spezialisierung auf dynamische Kenngrößen
- Testmethodik für die Qualitätssicherung in der Halbleiterindustrie
- Testmethodik für den Hochtemperaturbereich bis 300 °C
- On-Wafer-Hochvoltmesstechnik bis 1000 V
- Modulare Testerplattformen

Die Bereiche im Entwicklungs- und Fertigungsprozess, die wir nicht unmittelbar am Institut angesiedelt haben, werden von dem starken Partnernetzwerk des Institutes abgedeckt, das uns damit die komplette Umsetzung der Entwicklungskette ermöglicht.



PARTNER UND NETZWERKE



Zur Stärkung der mittelständisch geprägten Industrie und zur Unterstützung der Ansiedlungsstrategie der LEG in Thüringen bringt das Institut Kompetenzen in den Branchen Elektrotechnik und Elektronik, Optik, Maschinenbau, Automotive, Informations- und Telekommunikationstechnologie und Logistik ein. Mit unserem Know-how sind wir in der kompletten Wertschöpfung der Elektrotechnik- und Elektronikindustrie vertreten, vom Bauelement aus dem Hochtechnologiebereich der Chipproduktion über komplexe elektronische und opto-elektronische Komponenten bis zu deren Anwendungen in der Automatisierungstechnik, Mess- und Prüftechnik oder in Systemen der Steuer- und Regelungstechnik. Der Wettbewerb auf den Leitmärkten für neue Technologien hat sich rasant verschärft. Die sogenannten Innovationszyklen – die Zeit von einer Idee bis zum marktfähigen Produkt - werden immer kürzer. Zudem trägt die zunehmende Forschungskomplexität dazu bei, dass Unternehmen externe Unterstützung suchen müssen. Durch die Wissensexplosion wird es für einzelne Unternehmen nicht mehr möglich werden, nur mittels interner Forschung und Entwicklung im Wettbewerb zu bestehen.

Getreu dem Motto "gemeinsam sind wir stark" wird es zunehmend wichtiger, dass sich Akteure aus Wissenschaft und Wirtschaft zusammenschließen. Das IMMS wirkt seit Jahren aktiv an der Initiierung und Gestaltung von regionalen/überregionalen und branchenübergreifenden Clustern in den jeweiligen Technologiefeldern mit. In Thüringen sind es solche Cluster-Initiativen, wie OptoNet, Elektronische Mess- und Gerätetechnik (ELMUG), automotive thüringen (at), Automotive Cluster Ostdeutschland (ACOD), Logistik Netzwerk Thüringen, SpectroNet und Mikro-Nanotechnologie-Thüringen (MNT). Eine beispielhafte und erfolgreiche überregionale Partnerschaft sei hier vorgestellt:

Die IMMS GmbH ist seit 2004 Mitglied des Silicon Saxony e.V.



Er ist der größte Industrieverband der Mikroelektronik Europas und versteht sich als ein Netzwerk der Halbleiter-, Elektronik- und Mikrosystemindustrie. Die Mikroelektronik ist die Basisinnovation für viele technische Anwendungen. Die Fortschritte im Automobilbau, der Computerindustrie oder in der Elektrotechnik sind nur dadurch möglich geworden.

Silicon Saxony bietet unter seinem Dach Mitgliederund Spezialistenforen, in denen Trends und Anforderungen der Mikroelektronikindustrie diskutiert werden. Gleichzeitig sind die Arbeitskreise Motoren für die Entwicklung neuer Technologien und Verfahren, für die Anbahnung von Kooperationsprojekten und die Bildung von Bietergemeinschaften.

Durch die enge Zusammenarbeit im Verein haben sich bereits neue, anwendungsorientierte Cluster, wie "RFID Saxony" und "Dresden Fab Automation" gebildet.

IMMS-Kompetenzen sind in folgenden Arbeitskreisen des Silicon Saxony präsent:



Ziele des Arbeitskreises Forschung und Entwicklung sind:

- Initiativen zur Darstellung von aktuellen und zukünftigen Entwicklungstrends
- Unterstützung bei der Anbahnung von Kooperationsprojekten



Das Ziel des RFID-Netzwerkes besteht darin, Anwender von RFID (Radio Frequency Identification) zu beraten und bei der Einführung zu unterstützen.



Unterstützung bei der Ansiedlung bzw. Gründung weiterer IC Design Center.

• TIS (Test Integrierter Systeme)

Der Arbeitskreis TIS befasst sich mit Aspekten der ingenieur- und wissenschaftsspezifischen Ausbildung- und Weiterbildung von Spezialisten, des branchenspezifischen Hochschulstudiums sowie einschlägigen Forschungs- und Entwicklungsleistungen auf dem Gebiet des Tests und der Bewertung elektronischer Bauelemente, Baugruppen und Mikrosysteme (MEMS).

SIS (Smart Integrated Systems)

Der Arbeitskreis Smart Integrated Systems adressiert den Trend zu immer kleineren multifunktionalen, sich selbst organisierenden Systemen mit Schnittstellen zur Kommunikation mit der Außenwelt.



Die Satellitennavigation bietet die Grundlage für eine Vielzahl neuer und innovativer Produkte und Dienstleistungen. Der Arbeitskreis SatNav Saxony dient der gezielten Vorbereitung und Nutzung des Satellitennavigationssystems GALILEO.



Ziel des Arbeitskreises Photovoltaik ist es, die breiten Erfahrungen aus der Halbleiterindustrie auch den neuen Equipmentherstellern und Solarproduzenten besser zugänglich zu machen.



Energy Efficiency Innovations from Silicon Saxony – Spitzencluster

Der Cool Silicon Cluster ist ein vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen des Spitzencluster-Wettbewerbs gefördertes Forschungs- und Entwicklungsvorhaben. Zu diesem Cluster gehören mehr als 60 Unternehmen und Forschungseinrichtungen im Silicon Saxony. Im Mittelpunkt der Forschung stehen drei Leitprojekte: CoolComputing, CoolReader und CoolSensornet.

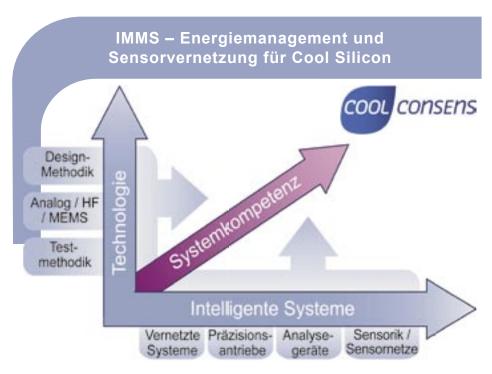


Bild 1: Energiemanagement für akustische Strukturüberwachungen im Verbundprojekt "CoolConSens"

Die Kompetenzen des IMMS sind gefragt (Bild1). Mit diesem Forschungsgroßprojekten gehört Cool Silicon zur internationalen Spitze. Sie werden dazu beitragen, die Position der Unternehmen im globalen Wettbewerb zu stärken. Außerdem wird die Systemkompetenz des Clusters weiter ausgebaut und sichert dem Standort für die Schlüsseltechnologie Energieeffizienz in der Elektronik langfristig eine international bestimmende Position. Die Zusammenarbeit von dynamischen und technologieorientierten Unternehmen, mit Hochschulen und Forschungseinrichtungen, ist für alle ein Gewinn.

In Thüringen profitieren insbesondere kleine und mittlere Unternehmen von der engen und fruchtbaren Zusammenarbeit von Industrie und Forschung.

Wichtige Forschungsbereiche in Thüringen, wie optische Technologien für die Energieeffizienz, alternative Antriebssysteme, Medizintechnik, Technologien für

erneuerbare Energieträger und Life-Science, sind für die nächsten Jahre identifiziert. Synergien zwischen Sächsischer und Thüringer Forschungslandschaft sind unverkennbar.

Durch Kompetenzvernetzung von Wissenschaft und Wirtschaft in beiden Bundesländern können technische, ökonomische und ökologische Leistungsfähigkeit noch effektiver gestaltet, gemeinsame Marktstrategien entwickelt und neue Geschäftsmodelle erschlossen werden. Dazu werden wir beitragen.

QUELLEN

www.silicon-saxony.org www.cool-silicon.com www.smartsystemintegration.com

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

Aus dem Institutsleben

SKATING AM IMMS

SKATING steht für die Studien- und Berufswahlvorbereitung mit dem Kultusministerium, Wirtschaftsministerium, Industrie- und Handelskammer, Handwerkskammer Erfurt und der Arbeitsagentur in Thüringen in Gymnasien. Das Projekt begann zum Schuljahresbeginn 2009 an neun Gymnasien in Mittelthüringen mit insgesamt 974 Schülern.

Im Rahmen der Initiative SKATING beteiligte sich das IMMS an Vorträgen im Heinrich-Mann Gymnasium und der Integrierten Gesamtschule Erfurt, um Schülern der Oberstufe vor allem das Thema Mikroelektronik näher zu bringen. Darauf aufbauend wurden Führungen im IMMS Institutsteil Erfurt und der X-FAB organisiert, so dass die Schüler auch den Industriestandort "Mikroelektronik" in Erfurt besser kennen lernen konnten. Der im Forschungs- und Industriezentrum Erfurt-Südost (FIZ) ansässige Bereich Mikroelektronik des IMMS empfing daraufhin Schüler der Klassenstufen 10 und 11.



Schüler beim Besuch des IMMS in Erfurt

Die Jugendlichen wurden durch die Räume des IMMS geführt und konnten an einem über 18 m langen Foucaultschen Pendel ihr Physikwissen über die Erdrotation und die Corioliskraft (Trägheitskraft) testen.

Viele nutzten die Möglichkeit, vor Ort Fragen zu entsprechenden Berufen bzw. Studienrichtungen zu stellen und zeigten sich sehr interessiert an den vielfältigen Anwendungsbereichen der Mikroelektronik im alltäglichen Leben.

Kunstausstellung "Katerfrühstück"

Am 15. Juni 2009 fand die Vernissage der Kunstausstellung "Katerfrühstück" in den Räumen des IMMS Ilmenau statt.



"Parole Frühling"

Die Künstlerin Uta Melletat zeigte Illustrationen und Collagen, die Geschichten aus der Wirklichkeit in einen Mantel aus Fantasie und Leichtigkeit hüllen. Neben ihrer Arbeit als freie Künstlerin unterrichtet die in Leipzig geborene Diplomgrafikerin Gestaltung an der Walter-Gropius-Schule in Erfurt.

IMMS KINDERFEST

Im Sommer veranstaltete das Institut für alle Mitarbeiter und deren Familien wieder das alljährliche IMMS Kinderfest.

Auf dem Sportplatz der TU Ilmenau stand eine Hüpfburg und viele andere Spiel- und Spaßstationen für die Kleinen und nicht mehr ganz so Kleinen bereit – ein großes Spieltuch, verschiedene



Teilnehmer unseres Familienfestes

Wettlauf-Wettbewerbe, wie z.B. Eierlaufen, Wettlaufen mit Gummistiefeln und Partnerlaufen, aber auch Bobbycar-Wettfahren standen auf dem Programm. Ein Eltern-Puppentheater zeigte "Der Froschkönig", die Kinder konnten sich schminken lassen und ein Eiswagen sorgte für die notwendige Abkühlung. Für die ganz Kleinen gab es eine eigene Spielecke und im Laufe des Nachmittags auch zahlreiche weitere Überraschungen. Für das leibliche Wohl war mit Thüringer Bratwürsten und Erfrischungsgetränken bestens gesorgt.

GESPRÄCHE ÜBER DIE ZUKUNFT DER MIKROELEKTRONIK

Am 25. September 2009 besuchte die damalige Landtagspräsidentin Prof. Dr. Dagmar Schipanski das IMMS, an dessen Gründung Frau Prof. Schipanski maßgeblich beteiligt war.



Prof. Schipanski im Gespräch mit Dr. Schäffel

Begleitet von Führungen durch die Labore und Präsentationen der einzelnen Kompetenzbereiche war die bisherige und zukünftige Entwicklung der Mikroelektronik in Thüringen Schwerpunkt der Gespräche. Auch nahmen an dem Institutsbesuch Partner aus der Industrie teil. Olaf Mollenhauer (Geschäftsführer der TETRA GmbH), Dr. Herwig Döllefeld (Innovation Manager der X-FAB AG) und Helmut Heinz (Geschäftsführer der H. Heinz Messwiderstände GmbH) diskutierten zusammen mit dem IMMS und Frau Prof. Schipanski aktuelle Herausforderungen der Elektronikbranche.

Während der Führungen durch die Forschungslabore erhielt Frau Prof. Schipanski Einblicke in die neuesten Entwicklungen im Bereich der modularen Testplattformen, eingebetteter Systeme, der planaren Präzisionsantriebe sowie in aktuelle Industrieforschungen.

LANGE NACHT DER WISSENSCHAFT ERFURT

Am 6. November 2009 fand erneut die "Lange Nacht der Wissenschaft" in Erfurt statt. Zum zweiten Mal beteiligte sich daran auch das IMMS im dortigen Institutsteil Erfurt. Das IMMS präsentierte im Foyer des Anwenderzentrum Mikrosystemtechnik (AZM) sowohl das Foucaultsche Pendel als auch Exponate aus dem Bereich System Design – speziell waren dies der IMMS Concept Truck, der Light Shooter und ein Geschwindigkeitssensor. Das CiS bot Führungen und Einblicke



Besucher der Langen Nacht der Wissenschaft in Erfurt

in den Bereich MEMS/MOEMS und zeigte in Kooperation mit verschiedenen anderen Ausstellern wie z. B. TÜV virtuelles Testlab Klimatestzentrum, Optolab e.V. und SolarInput e.V. weitere Exponate.

Über 320 Besucher – von vier bis 64 Jahre – fanden den Weg ins AZM. Sie zeigten sich sehr interessiert an fachlichen Gesprächen, dem Aufgabenbereich des IMMS allgemein, testeten aber auch mit viel Vergnügen ihre Treffsicherheit am Light Shooter, ihre Reaktionszeit am Geschwindigkeitssensor und öffneten schon mal die eine oder andere Transportbox des IMMS Truck.

BERUFUNG VON PROF. DR.-ING. HABIL. HANNES TÖPFER



Prof. Sommer und Herr Kelm gratulieren Prof. Töpfer

Am 1. Juli wurde Dr.-Ing. habil. Hannes Töpfer zum Universitätsprofessor für das Fachgebiet "Theoretische Elektrotechnik" an der Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik an der Technischen Universität (TU) Ilmenau berufen. Seit 2002 arbeitet Prof. Töpfer bereits im IMMS, wo er von 2004 bis 2009 den Themenbereich System Design mit großem Einsatz und Erfolg leitete. Die Berufung von Prof. Töpfer eröffnet weitere Möglichkeiten für den Ausbau der intensiven Zusammenarbeit zwischen dem IMMS als An-Institut der Universität und der TU Ilmenau.

Prof. Töpfer wird die Forschungsarbeiten am Fachgebiet Theoretische Elektrotechnik auf solche physikalische Gesetzmäßigkeiten und mathematische Verfahren richten, die bei der Lösung von Aufgabenstellungen in der Elektrotechnik nutzbringend eingebracht werden können. Damit will er einen deutlichen Anwendungs- und Praxisbezug herstellen. Zur besseren Überleitung der Forschungsergebnisse hat das Fachgebiet "Theoretische Elektrotechnik" unter Leitung von Prof. Töpfer mit dem IMMS bereits die Kooperation auf den Gebieten Elektromagnetische Sensoren, Modellierung, Simulation elektromagnetischer Felder und Supraleitende Hochgeschwindigkeitselektronik verabredet. Prof. Töpfer erwartet als Ergebnis der Kooperation mit dem IMMS, als Bindeglied zwischen Grundlagenforschung und praktischen Anwendungen in der Industrie, die Generierung attraktiver Angebote an Industrie- und Forschungspartner der Region zur Lösung aktueller Fragestellungen und somit auch einen Beitrag zur Stärkung der Technologieregion.

IMMS KINDER



Greta Carlotta Langenhan, geb. am 16.10.2008



Luise Hübner, geb. am 14.02.2009

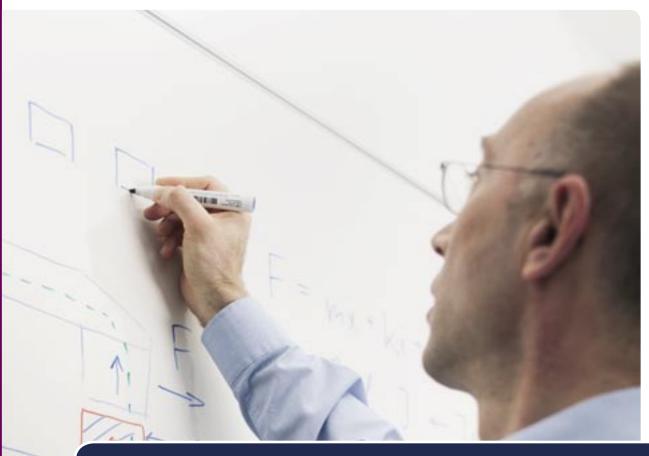


Samuel Karolewski, geb. am 19.10.2009

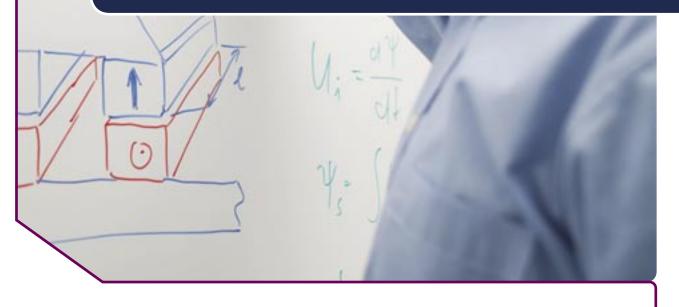


Carla Luise Engelhardt geb. am 27.07.2009

Dipl.-Medienwiss. Ines Lehrke, PR-Managerin, ines.lehrke@imms.de



Forschung und Lösungen für Industrie



VERDIAN





"Das Projekt VERDIAN ist der bisherige Höhepunkt in der langjährigen, sehr engen und fruchtbaren Zusammenarbeit in Forschung und Entwicklung mit dem IMMS. In diesem Projekt entstanden neue Technologien, Hard- und Softwarekomponenten für die Direktantriebstechnik, die wir in verschiedene Produkte der TETRA implementieren. Ein herausragendes Beispiel dafür ist der 3D-Messkopf mit sensorintegrierter Signalverarbeitung und Anbindung an einen Echtzeit-Bus.



Ausgehend davon konnten bereits während der Projektlaufzeit aus dem F&E-Ergebnis mehrere eigenständige Produkte entwickelt werden. Die Zusammenarbeit mit dem IMMS ist für uns wichtiger Bestandteil der Sicherung unserer führenden Marktposition."

> Olaf Mollenhauer, Geschäftsführender Gesellschafter TETRA Gesellschaft für Sensorik, Robotik und Automation mbH

SKALIERBARES MEHRKOORDINATENDIREKTANTRIEBSSYSTEM FÜR DIE PRÄZISIONSFERTIGUNG

Moderne Präzisionsfertigungstechnologien und die Präzisionsmesstechnik verlangen nach hochdynamischen mehrachsigen Positionierbewegungen mit Positionier- und Bahngenauigkeiten im sub-µm-Bereich. Dies können planare Bewegungen für z.B. die Laserpräzisionsbearbeitung von Blechteilen oder die Inspektion von Masken für die Chipfertigung sein. Aber auch räumliche Bahnkurven für die Herstellung von Stents, chirurgischen Nadeln und Instrumenten oder für die 3D-Messtechnik gewinnen zunehmend an Bedeutung. Die Bewegungsbereiche dafür reichen derzeit von 100 mm bis 1.000 mm je Achsrichtung.

Für diese Arten der Präzisionsfertigung werden zunehmend Direktantriebsysteme eingesetzt, die sich in einem Mehrkoordinatensystem bewegen.

ENTWICKLUNGSZIELE

Um die zukünftigen Anforderungen an Direktantriebssysteme bzgl. Bewegungsbereich und Genauigkeit zu erfüllen, wurde das Forschungsverbundprojekt "Vernetzte integrierte magnetische Direktantriebe VERDIAN" ins Leben gerufen. Hier forschten und entwickelten zehn Unternehmen und zwei Forschungs-

einrichtungen an neuen Technologien und Verfahren, die es ermöglichen sollten, nicht nur höchste Genauigkeit im sub-µm-Bereich bei industrietauglicher Robustheit, sondern auch weitere Innovationen in der Direktantriebstechnik zu erfüllen. Dazu gehören u.a. neue Funktionsstrukturen der Antriebe, moderne Steuerungs- und Regelstrategien, echtzeitfähige Kommunikation und modularer Aufbau.

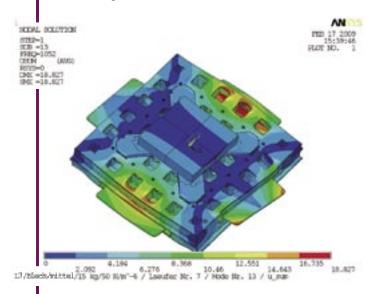


Abbildung 1: Deformation der Läuferbaugruppe bei Anregung der Eigenfrequenz

Das IMMS befasste sich im Projekt mit dem Thema "Multiaxiale Direktantriebssysteme mit modularen, vernetzten Steuerungen". Es beinhaltete u.a. die folgenden Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkte:

- Neue Maschinenkonzepte für modular aufgebaute multiaxiale elektromagnetische Antriebsysteme mit großen Verfahrbereichen
- Verteilten Regelungen für die Mehrachsantriebe
- Echtzeitvernetzung der Steuerungen und anderer Komponenten
- Modulare Hard- und Softwareplattform für universelle Steuermodule

Auf Basis der durch das IMMS entwickelten linearen und planaren elektrodynamischen Direktantriebe mit Bewegungsbereichen bis 250 mm x 250 mm wurden Grundlagenuntersuchungen durchgeführt. Dies sollten weitere Erkenntnisse, z.B. über die verschiedenen Einflussfaktoren auf die Genauigkeit dieser komplexen Maschinen, erbringen. Der Fokus der Untersuchungen lag darauf

- Antriebs-, Steuerungs-, Regelungs- und Softwarekomponenten einschließlich aller Schnittstellen modular und austauschbar zu gestalten,
- die Funktionsstrukturen der komplexen Antriebssysteme so zu gestalten, dass die Verfahrbereiche skalierbar sind – bei gleich zeitiger Realisierung einer sub-µm-Genauigkeit und
- eine ausgehend vom Modulkonzept für die Endapplikation optimierte Auslegung der multiaxialen Antriebssysteme zu erreichen.

Bei der Untersuchung zahlreicher Funktionsstrukturen fanden unterschiedliche Anwendungsszenarien, verschiedene Antriebsprinzipien und Gestaltvarianten der Maschine genauso Berücksichtigung, wie unterschiedliche Fertigungs- und Montagetechnologien sowie Werkstoffe. Der Entwurf des Mehrkoordinatenantriebes erfolgte unter permanenter Verifikation der Eigenschaften der Baugruppen in Form der statischen, dynamischen, thermischen und Modal-Analyse mittels FEM (siehe Abbildung 1). So können bereits im Entwurfsprozess z.B. Deformationen bei Beschleunigungsvorgängen oder die Anregung von Resonanzfrequenzen durch die Antriebe verhindert werden. Im Ergebnis entstand der Entwurf des Mehrkoordinaten-Direktantriebssystems, der als Demonstrator "MKDA" realisiert wurde (siehe Abbildung 2).

Neben der völlig neu gestalteten Mechanik-Hardware wurden die räumlich und funktional verteilten



Abbildung 2: MKDA Mehrkoordinaten-Direktantriebssystem

Steuerungs- und Regelstrategien, die Komponenten der Steuer- und Regelelektronik sowie die Weg- und Winkelmesssysteme entwickelt. Die Kommunikation zwischen den Modulen erfolgt auf der Grundlage einer flexiblen, echtzeitfähigen Vernetzung mit EtherCAT®. Diese basierte auf bereits bestehenden Standards und wurde einheitlich für das Konsortium entwickelt. Die Maschinensteuerung erfolgt auf der Grundlage einer modularen Steuerungssoftware, die applikationsspezifisch konfigurierbar sein wird und die Möglichkeiten zur Parameterselbsterkennung, Selbstdiagnose und Selbstkalibrierung enthält. Weitere Softwarekomponenten dienen der Ferndiagnose und Fernwartung sowie dem sensorgestützten Machine-Health-Monitoring.

Die Entwicklung der verschiedenen Hard- und Softwarekomponenten erfolgte am IMMS oder in enger Kooperation in den Projekt-Arbeitsgruppen, an denen ein oder mehrere Partner beteiligt waren.

Im Verlauf der Projektbearbeitung wurden am IMMS neben den Arbeiten in den o.g. Schwerpunkten weitere Experimentalaufbauten, die der Untersuchung wesentlicher Teilaspekte dienen, realisiert. Dazu gehörten Untersuchungen an Lagerungen und Führungen, zum thermischen Verhalten von Baugruppen und der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV), Schwingungsuntersuchungen an Maschinen zur Beurteilung der Aufstellbedingungen u.a.m.

ERGEBNISSE DES PROJEKTES VERDIAN

Als ein wesentliches Ergebnis des Forschungsverbundprojektes entstand der modular aufgebaute und skalierbare Demonstrator "MKDA" mit einem Verfahrbereich von 400 mm x 400 mm und einer Bahn- und Positioniergenauigkeit von 1 μ m. Mit ihm werden auch die Konzepte zur verteilten Steuerung und Regelung von modularen Mehrachssystemen mit verteilter Intelligenz verifiziert. Darüber hinaus wird der Demonstrator "MKDA" als Grundlage weiterer Forschungsaktivitäten des IMMS dienen.

Das im Projekt aufgebaute Hardware-in-the-Loop-Simulationssystem dient der Simulation von Antrieben und Steuerungen für die weitere Entwicklung von Steuerungsalgorithmen und -software. Damit wird es möglich, die notwendigen Algorithmen und die entsprechende Software bereits vollständig zu entwickeln, bevor die eigentliche Hardware geschaffen wird. Außerdem kann es als automatisiertes Testsystem für real aufgebaute Steuerungen verwendet werden. Weiterhin wurden zahlreiche Hard- und Softwarekomponenten für die echtzeitfähigen Steuerungen auf Basis von EtherCAT® realisiert, so z.B. Master- und Slave-Module sowie ein 3-kanaliges Messsystem mit integrierter Signalverarbeitung (siehe auch Artikel "Messkopf mit integrierter Signalverarbeitung"). Der Messkopf ist das erste der Projektergebnisse, das zusammen mit dem beteiligten Industriepartner – der TETRA GmbH - in die Produktentwicklung überführt wurde. Gleiches ist, wie bei Forschungsprojekten des IMMS generell vorgesehen, mit den anderen Projektergebnissen geplant.

Das Forschungsprojekt VERDIAN wird vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 03WKY01A gefördert.

Dr.-Ing. Frank Spiller, Projektmanager, Mechatronik, frank.spiller@imms.de

VERDIAN

MESSKOPF MIT INTEGRIERTER SIGNALVERARBEITUNG



In der Medizin- und Labortechnik, der Materialforschung, der Oberflächenanalytik und anderen Bereichen benötigt man Hochtechnologie, die es in kleinstem Maßstab ermöglicht, Präzisionsbearbeitung (z.B. bei Laserschneidanlagen) und Präzisionsmessungen (z.B. in Koordinatenmesseinrichtungen) durchzuführen.

Ein anschauliches Beispiel für den Einsatz dieser hochpräzisen Werkzeugmaschinen ist die Fertigung von medizinischen Produkten wie z.B. von Stents oder von medizinischen Nadeln. Für diese Anwendungen ist es notwendig, im sub-µm-Bereich sehr exakt zu arbeiten, um die vorgegebenen Konturen exakt "ausschneiden" zu können. Der Einsatz sensornaher Signalverarbeitung in den Messsystemen moderner Positioniersysteme ermöglicht eine entscheidende Verbesserung der Auflösung und Genauigkeit. Weiterhin erhöht dieser Ansatz die Modularität und Wartbarkeit des Messsystems und erleichtert so die Integration in das Gesamtsystem.

ENTWICKLUNG DES MESSKOPFES

Unter Berücksichtigung der oben genannten Aspekte wurde im Rahmen des Wachstumskerns VERDIAN (Vernetzte magnetische Direktantriebe) in Zusammenarbeit mit der TETRA GmbH ein Messkopf mit integrierter digitaler Signalverarbeitung und Anbindung an den EtherCAT® Bus entwickelt (siehe Abbildung 1).

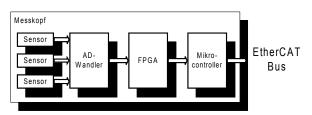


Abbildung 1: EtherCAT® Bus

Er ermöglicht die Interpolation der Positionssignale dreier optischer Auflichtsensoren und ist für den Einsatz an hochgenauen planaren Direktantrieben konzipiert, die am IMMS entwickelt wurden. Im Messkopf sind drei optische Wegsensoren integriert. Jeder dieser Sensoren liefert zwei um 90° phasenverschobene

sinusförmige analoge Signale, welche von einem Analog-Digital (A/D)-Wandler mit bis zu 50 MHz abgetastet werden. Die Weiterverarbeitung der digitalen Sensorsignale wurde mit einer programmierbaren Hardware (FPGA) realisiert. Diese eignet sich besonders zur schnellen Verarbeitung digitaler Signale, ist reprogrammierbar und kostengünstig.

Über eine Schnittstelle zum A/D-Wandler werden die digitalisierten Sensorsignale in den FPGA eingelesen. Die Positionsberechnung erfolgt parallel mit je einem Interpolator pro Messkanal. Dieser beinhaltet eine Amplituden- und Offsetkorrektur der Sensorsignale, die eigentliche Positionsberechnung erfolgt mittels eines iterativen Algorithmus. Über eine parallele Schnittstelle erfolgt die Kommunikation des nachfolgenden Mikrocontrollers mit dem FPGA. Diese beinhaltet die Parametrisierung und das Auslesen der Daten, z.B. die der aktuellen Position. Der Mikrocontroller realisiert die Anbindung an den EtherCAT® Bus, der die Integration in ein Gesamtsystem gewährleistet.

Es ist ebenfalls möglich, die in den Messkopf integrierte Elektronik als separate Baugruppe zu verwenden. Sehr einfach können dann Standard-Encoder in EtherCAT®-basierte Netzwerke eingebunden werden. Der Entwurf der digitalen Signalverarbeitung im FGPA erfolgte modellbasiert mit Matlab/Simulink®. Dies erlaubt einen grafischen Entwurf, die Simulation und die Verifikation der Algorithmen auf Systemebene und verringert somit die Entwicklungszeit. Die so entwickelten Signalverarbeitungsalgorithmen wurden anschließend in eine Hardwarebeschreibungssprache umgesetzt und auf der Zielplattform implementiert.

ÜBERFÜHRUNG IN INDUSTRIELLE LÖSUNGEN

Die vorgestellte Lösung beinhaltet ein abgeschlossenes Modul zur Positionsmessung an planaren Direktantrieben (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Messkopf – Modul zur Positionsmessung an planaren Direktantrieben

Durch die direkte und hochperformante Signalverarbeitung direkt im Messkopf sowie die Implementierung eines EtherCAT® Interfaces, welches eine störungsfreie Echtzeit-Übertragung der Messsignale an die zugehörige Antriebssteuerung ermöglicht, entfällt die Übertragung der analogen Sensorsignale zu einem entfernten PC und die dortige Verarbeitung.

Als reines EtherCAT® Interface mit Signalvorverarbeitung und Interpolation ermöglicht das vorgestellte System die Einbindung von drei vollsynchronen Encoderkanälen in ein EtherCAT®-basiertes Steuerungssystem bei höchster Auflösung und Verfahrgeschwindigkeit.

Durch den Einbau dieses innovativen Messsystems bei den Direktantrieben von TETRA GmbH wurde es möglich, die Prozessqualität für die Kunden deutlich zu verbessern. Der Messkopf stellt somit einen flexiblen Baustein für die zukünfigen Anforderungen in der Automatisierungtechnik dar und unterstützt maßgeblich das erklärte Ziel dieser Branche, standardisierte EtherCAT®-Verkabelung für solche Produktionsprozesse umzusetzen.

Dipl.-Inf. Marco Götze, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, System Design, marco.goetze@imms.de

LASER-DICING-TECHNOLOGIE FÜR DÜNNE HALBLEITER-WAFER

PLANARER PRÄZISIONSANTRIEB FÜR 12" WAFER-DICING



"Im Ergebnis der kompetenten und kreativen Zusammenarbeit konnte die Firma ALSI Ende 2009 den ersten Prototypen ihrer neuen 12" Laser-Dicing-Platform in Betrieb nehmen. Die erreichte extreme Genauigkeit, Reproduzierbarkeit und Produktivität des Laserschneidprozesses bewegen sich im internationalen Spitzenfeld. Dazu trägt maßgeblich das vom IMMS entwickelte planare Antriebssystem bei. Die enge Kooperation mit dem IMMS führt zu innovativen Entwicklungen, auf Basis derer wir unsere Position als führen-

der Technologieanbieter ausbauen können."

Peter Chall, Director and CEO, A.L.S.I.

Advanced Laser Separation International

Das klassische mechanische Sägen von Halbleiter-Wafern zum Vereinzeln der Chips wird mehr und mehr durch Verfahren verdrängt, welche eine Separierung mittels eines fokussierten Laserstrahls nutzen. Hierbei wiederum konkurrieren Verfahren, die eine Trennung mittels Materialabtrag durch einen in mehrere aufeinander folgende Spots (Multi Beam Laser Ablation) oder durch einen im Wasserstrahl geführten Laserstrahl (Water Jet) bewirken. Darüber hinaus sind Systeme am Markt verfügbar, welche eine Trennung durch Induzierung eines mechanischen Stresspfades und Gefügeveränderung innerhalb des Wafers und anschließendes expandieren (Stealth Dicing) nutzen. Auch werden Systeme eingesetzt, die mit thermisch induziertem Stress an der Oberschicht des Wafers mittels Lasererwärmung und mit unmittelbar folgender Kühlung (Thermal Laser Separation) arbeiten.

Die einzelnen Verfahren bieten verschiedene Vor- und Nachteile. Allen ist jedoch gemeinsam, dass der für die Trennung zwischen den Chips vorzusehende Spalt gegenüber dem klassischen Sägen deutlich reduziert werden kann. Typische Scheidspalten sind kleiner als 20 μ m. Dies ist insbesondere für kleine Chips wie LEDs, Transistoren, Dioden etc. von großer Bedeutung. Während eine Säge immer nur in eine Richtung

schneiden kann, gestatten die Laserverfahren eine Trennung in beiden Bewegungsrichtungen. Zudem liegt die mögliche Bearbeitungsgeschwindigkeit – insbesondere für spröde und dünne Wafer – mit bis zu 500 mm/s deutlich über den konventionell erreichbaren Werten. Durch die erheblichen Vorteile, die die genannten Verfahren vereinen, wird Laser-Dicing als die Technologie der Zukunft betrachtet.

Die durch das Lasertrennen mögliche hohe Prozessgeschwindigkeit kann nur wirksam genutzt werden, wenn der Wafer unter dem Strahl mit hoher Präzision und Dynamik bewegt wird. Gemeinsam mit der Firma ALSI N.V. und dem Institut Centre for Concepts in Mechatronics B.V. (CCM) wurde mit Hilfe des IMMS ein Laser-Dicing-System entwickelt, welches die Prozessierung dünner Wafer, fixiert auf einem Die Attach Film, ermöglicht. Das IMMS war im Rahmen des Projektes insbesondere für das planare Antriebssystem des Wafer-Tisches und dessen Steuerung verantwortlich.

PLANARES ANTRIEBSSYSTEM

Das Präzisionsantriebssystem besteht aus einem zweidimensionalen planaren magnetischen Direktantrieb. Der Motor gleitet auf Luftlagern über einem hoch

ebenen Stahl/Granit-Sandwich, wodurch Reibungsfreiheit und hohe Lebensdauer erreicht werden. Ein spezielles Kühlsystem der Antriebsspulen sorgt für eine präzise Temperierung der Baugruppen und Wahrung der Ebenheit. Durch eine zusätzlich integrierte magnetisch wirkende Verdrehsperre erfolgt eine vollkommen kontaktlose und reibungsfreie Führung des Wafer-Tisches. Der Antrieb gestattet bei einer Beschleunigung von bis zu $10~\text{m/s}^2$ eine Fahrgeschwindigkeit von 500~mm/s über einen Fahrbereich von 380~x $380~\text{mm}^2$. Dabei wird auch bei Maximalgeschwindigkeit eine geregelte Bahnabweichung von weniger als $1~\mu\text{m}$ erreicht, wodurch sehr enge "Schneidstraßen" zwischen den einzelnen Dies möglich werden.



Abbildung 1: Testaufbau Planarantrieb mit Active Mount System

ACTIVE MOUNT SYSTEM

Die für einen schnellen Schneidprozess benötigten hohen Beschleunigungen des Wafer-Tisches führen in Präzisionsmaschinen zu unzulässigen Deformationen und Schwingungen des Maschinengestells und des Metrologierahmens und damit zu einer negativen Beeinflussung der erreichbaren Maschinengenauigkeit. Diesem Effekt wird in der entwickelten Maschine durch ein "Active Mount System" entgegengewirkt. Linearaktoren generieren zur Wafer-Tischbewegung zeitlich synchronisierte Gegenkräfte im Maschinenrahmen, um die Eigenvibrationen zu minimieren. Darüber hinaus dienen diese Aktoren zur Auslöschung von Vibrationen, die aus externen Störquellen auf das System einwirken.

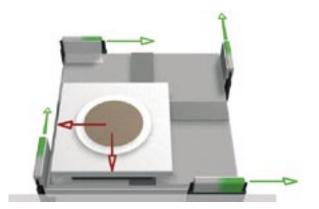


Abbildung 2: Wirkungsweise des Active Mount Systems

OPTISCHES 3D-MESSSYSTEM

Eine optisch inkrementale Rasterplatte, welche metrologisch stabil, unmittelbar unter den zu bearbeitendem Wafer angekoppelt ist, dient als Maßstab zur Erfassung der Läuferposition in den Koordinaten x, y und r_z. Der Flächenmaßstab wird dabei von einem 3D Messkopf mit EtherCAT® Encoder Interface abgetastet. Die hochinterpolierten Positionssensorsignale werden über das serielle Interface für die unterschiedlichsten Steuerungsprozesse im EtherCAT® Netzwerk zur Verfügung gestellt.

INNOVATIVE ERGEBNISSE FÜR DIE WIRTSCHAFT

Die Technologie des vorgestellten Wafer Dicing Systems ermöglicht in Abhängigkeit vom technologischen Einsatzgebiet im Vergleich zum konventionellen mechanischen Sägen nicht zuletzt durch die integrierte planare Antriebstechnik eine Produktivitätssteigerung um bis zu 500 Prozent – verbunden mit der Möglichkeit der Einsparung von Wafer-Fläche durch wesentlich engere Schneidpfade. Darüber hinaus ist sie für bestimmte Technologiegebiete, wie z.B. die Prozessierung von HF-Chips, auf Grund der Sprödigkeit des eingesetzten Wafer-Materials oder der sehr geringen Dicke der Wafer, das derzeit einzige technologisch verfügbare Verfahren zur Vereinzelung der Dies.

Dr.-Ing. Christoph Schäffel, Themenbereichsleiter Mechatronik, christoph.schaeffel@imms.de

Personalisiertes Miniaturisiertes Dosimeter

"Dank den zu unseren Möglichkeiten komplementären Befähigungen der Mitarbeiter des IMMS haben wir in einer immer unkomplizierten und angenehmen Zusammenarbeit in weniger als drei Jahren unser Konzept personalisierter miniaturisierter Dosimeter bis zur Vorserienreife gebracht. Ergebnis ist ein weltweit einzigartiges Dosimetersystem mit Messung individueller Lärmbelastung im Gehörgang, also direkt am Wirkort. Mir ist keine andere Institution bekannt, mit der zusammen wir derart flexibel komplexe mikrotechnische Systeme 'aus einer Hand' realisieren könnten."



Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr. med. (habil.) Hartmut Witte, Facharzt für Anatomie, Fachgebiet Biomechatronik, Institut für Mikrosystemtechnik, Mechatronik und Mechanik, Fakultät für Maschinenbau, Technische Universität Ilmenau

PMD - Mobiles Dosimeter zur Lärmprävention

Lärmemissionen stellen eine oft unterschätzte starke Belastung in Beruf und Freizeit dar. So sind, wie aus Abbildung 1 ersichtlich, die beruflich bedingten diagnostizierten Fälle von Lärm induzierter Schwerhörigkeit konstant hoch und verdienen als zweithäufigste Berufskrankheit – da vermeidbar – besondere Beachtung. Gerade im beruflichen Umfeld ist es wichtig, auftretende Lärmbelastungen zuverlässig und reproduzierbar zu messen und aufzuzeichnen, um den Arbeitnehmer entsprechend effektiv zu schützen und die gesetzlich festgeschriebenen Grenzwerte einzuhalten.

Bisherige Methoden zur Erfassung der Lärmbelastung am Arbeitsplatz berücksichtigen oft nicht die jeweiligen Arbeitsbedingungen des einzelnen Arbeitnehmers, wie zum Beispiel richtungsabhängige Schallquellen, die zu einer unterschiedlich starken Belastung des rechten und linken Ohres führen können.

Auch eine Überprüfung eines eventuell eingesetzten Gehörschutzes ist nicht möglich. Um die so auftretenden Probleme zu umgehen und eine individuelle, mobile, physiologisch korrekte Schallimmissionsmessung im Ohr zu ermöglichen, wurde im Auftrag der

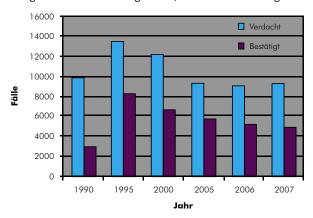


Abbildung 1: Berufsbedingte Lärmschwerhörigkeit in Deutschland (Quelle: HVBG)

Berufsgenossenschaft für Nahrungsmittel und Gaststätten (BGN) und in Zusammenarbeit mit dem Fachgebiet Biomechatronik der Technischen Universität (TU) Ilmenau am IMMS ein Personalisiertes Miniaturisiertes (Lärm-)Dosimeter – kurz PMD – entwickelt.

ENTWICKLUNG DES PMD

Folgende wesentliche Anforderungen wurden u.a. an das zu entwickelnde Gerät gestellt:

- Binaurale (beidseitige) Schallaufnahme
- Physiologisch korrekte Immissionsmessung am und im Ohr
- Breitbandige und hochauflösende Schallaufzeichnung
- Mobilität

Weiterhin sollte es das PMD ermöglichen, Transitorisch Evozierte Otoakustische Emmissionen (TOAE) zu messen und aufzuzeichnen. TOAEs sind von den Haarzellen des Innenohrs durch Reizung mittels eines breitbandigen Schallimpulses ausgelöste retrograde Schallemissionen. Diese Signale können zur Diagnostik des Zustandes der Haarzellen sowie zu Aussagen über das allgemeine Hörvermögen verwendet werden. So werden TOAE-Messungen zur Zeit z.B. bei Neugeborenenhörscreenings eingesetzt, um eventuelle Hörstörungen frühzeitig erkennen zu können. An der TU Ilmenau gelaufene bzw. noch laufende Forschungsarbeiten beschäftigen sich mit der Möglichkeit – mittels der Veränderung von TOAE-Signalen über die Zeit – Aussagen über die individuelle Lärmbeanspruchung von exponierten Personen zu treffen. Dies ist ein in der Diagnostik von berufsbedingten Lärmbelastungen bisher einmaliger Ansatz [1], [2]. Aus den zusammengestellten Anforderungen an das Gerät konnte am Institut ein geeigneter Hardwareaufbau für das PMD abgeleitet werden. Dieser unterteilt sich in zwei Gerätegruppen. Zum einen ein mobiles Frontend (siehe Abbildung 3) zur Verarbeitung,

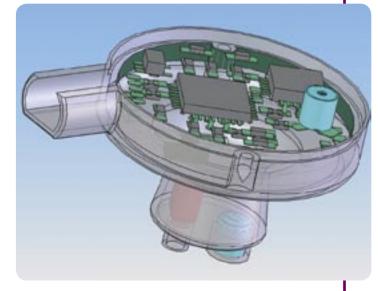


Abbildung 2: Eine Otoakustische Sonde

Anzeige und Aufzeichnung der gewonnenen Daten sowie zwei Sondenbaugruppen (siehe Abbildung 2) für die Audiodatenaufnahme mit jeweils zwei Mikrofonen (im Ohr und außerhalb) und einem Lautsprecher zur Audiowiedergabe.

Um Störeinflüsse auf die analogen Audiosignale gering zu halten, erfolgt die Digital-Analog-Wandlung mittels eines Audiocodecs nah an der Signalquelle. Der Formfaktor moderner Bauelemente erlaubt dessen Verwendung direkt in der Otoakustischen Sonde.

Für die Frontendbaugruppe werden ein FPGA zur Datenvorverarbeitung und ein Mikrocontroller für alle weiteren Aufgaben verwendet. Um die Mobilität des Gerätes zu gewährleisten, muss weiterhin dessen Bedienbarkeit sichergestellt sein. Hierzu sind ein Display und ein Thumbwheel-Eingabecontroller vorgesehen. Aus Mobilitätsgründen erfolgt die Stromversorgung aller Komponenten durch Lithium-Ionen-Akkumulatoren. Für die Datenaufzeichnung werden über eine entsprechende Schnittstelle SDHC-Speicherkarten mit einer Kapazität bis zu 32 GB eingesetzt. Für ein komplexes Gerät wie das PMD ist der Einsatz



Abbildung 3: PMD Frontend

geeigneter Softwarekomponenten Voraussetzung. Der verwendete Softwarestack besteht daher im Wesentlichen aus einem Bootloader, einem universellen Betriebssystem, einer Daemon-Komponente zur Signalverarbeitung und einer grafischen Benutzeroberfläche. Bei der Auswahl der Komponenten wurde darauf geachtet, ausschließlich Open-Source-Soft-ware zu verwenden. Als Bootloader kommt U-Boot – Quasistandard für eingebettete Systeme – zum Einsatz. Dieser ist für die Grundinitialisierung der PMD-Hardware und das anschließende Laden des Betriebssystemkerns – hier der Linux-Kernel in der Version 2.6.26 - verantwortlich. Der Zugriff auf die Hardwarekomponenten erfolgt jeweils durch entsprechend entwickelte Gerätetreiber. Für die Implementierung der Benutzeroberfläche kam das QT-Embedded-Toolkit zum Einsatz, was ein komfortables toolunterstütztes Design der grafischen Bedienelemente erlaubt.

Grundlegende Funktionen des PMD sind die Erfassung der tätigkeitsbezogenen Lärmdosis nach der Lärmund Vibrations-Arbeitsschutzverordnung (LärmVibrationsArbSchV [3]). Zudem kann so die Wirksamkeit eines Gehörschutzes überprüft werden. Die Messung

der Lärmdosis wird wie folgt durchgeführt: Die Schallaufnahme erfolgt simultan durch die vier in den Sonden platzierten Mikrofone. Das so gewonnene Signal wird zum Frontend übertragen und vom FPGA je nach gewählter Einstellung A, C oder gar nicht gefiltert. Aund C-Filter beschreiben genormte Filterkurven, die den Frequenzgang des menschlichen Gehörs nachbilden. Anschließend erfolgt die Weiterverarbeitung des Signals im Applikationsprozessor, der unter anderem die Berechnung des energieäquivalenten Mittelungspegels nach DIN-EN-61672-1 [4] durchführt:

$$L_{eqT} = 20 lg \frac{\sqrt{\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2 dt}}{p_0}$$

Die Zeitbewertung (Mittelungszeit T) bei der Berechnung ist entsprechend den Vorgaben der Europäischen Norm im Dialog einstellbar (Impuls, Fast, Slow). Weiterhin berechnet werden die Lärmdosis sowie der Maximalpegel. Alle errechneten Werte, sowie optional auswählbar auch die Audiorohdaten, werden auf einer SD-Speicherkarte abgelegt.

EINSATZFELDER

Alle gestellten Anforderungen an das Gerät (siehe Abbildung 3) konnten erfolgreich umgesetzt werden. Die mobile Laufzeit konnte mit über zehn Stunden die geforderten acht Stunden sogar noch übertreffen. Ebenso ist die aus Signalverarbeitungsaspekten anspruchsvolle Aufzeichnung und Auswertung von TOAE-Signalen problemlos möglich. Die fertigen Funktionsmuster werden von der BGN an ausgewählten Arbeitnehmern in Lärmbelastungsmessungen z.B. in Produktionshallen evaluiert. Durch flexible Hochgeschwindigkeits-Digitalschnittstellen, der langen mobilen Laufzeit und der universellen Programmierbarkeit eröffnen sich zudem viele weitere Einsatzfelder des PMDs neben der Audiodosimetrie z.B. als Aufzeichnungsgerät für Langzeit-EKGs mit gleichzeitiger Signalauswertung oder als universeller Datenlogger.

Dipl.-Inf. Thomas Elste, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, System Design, thomas.elste@imms.de

BASE-NET

EIN DRAHTLOSES, ENERGIEEFFIZIENTES SENSOR-NETZWERK FÜR DIE GEBÄUDEAUTOMATION



"Um Komfort und Bedienerfreundlichkeit zu steigern, stehen immer öfter die individuellen Anforderungen an die Gebäudesteuerung durch die Nutzer im Mittelpunkt."

In unserem alltäglichen Leben wird die Gebäudeautomation zunehmend bedeutender, um Komfort und Bedienerfreundlichkeit zu steigern. Dabei stehen immer öfter die individuellen Anforderungen an die Gebäudesteuerung durch die Nutzer im Mittelpunkt. Um verschiedenste Bereiche der Gebäudesteuerung, wie zum Beispiel Raumtemperatur, Lichteinfall, aber auch Luftfeuchtigkeit, zu optimieren, erfassen spezifische Sensoren die verschiedensten Eingangsdaten, um diese dann der Auswertung und damit der Steuerung zuzuführen.

Bei einer festen Verdrahtung der hierfür genutzten Sensoren könnten die Messwerte nur an bestimmten fixierten Stellen erhoben werden. Dies erschwert es, auf die individuellen Anforderungen und Bedürfnisse der einzelnen Gebäudenutzer einzugehen und diese im Verlauf der Nutzung ausreichend zu berücksichtigen. So zieht ein Nutzerwechsel im Gebäude oft auch andere Anforderungen an die Gebäudesteuerung nach sich. Um diesem Umstand gerecht zu werden und die Steuerung flexibel an neue Gegebenheiten anpassen zu können, sollten die Eingangsdaten in unmittelbarer Umgebung des jeweiligen Nutzers erfasst werden.

Erst die drahtlose Übertragung der Sensorwerte ermöglicht diese flexible Positionierung der Sensoren. Eine technische Herausforderung ist dabei die notwendige Energieeffizienz der Sensorknoten. Im Rahmen des Verbundprojektes "Customer Bautronic System" (CBS) [5] entwickelt das IMMS speziell für diesen Zweck das drahtlose Sensornetzwerk "BASe-Net".

Das Herzstück des Sensornetzwerkes ist das Sensormodul, dessen Entwicklung ein entscheidender Schritt in der gesamten bisher geleisteten Forschungs- und Entwicklungsarbeit im Bereich drahtloser Sensorknoten des IMMS ist.

Systemarchitektur des Sensormoduls

Die Systemarchitektur basiert auf dem Open-Source-Betriebssystem TinyOS, das auf dem Standard IEEE 802.15.4 [6] aufsetzt. Durch seine Hardware-Abstraction-Architecture vereinfacht sich sowohl die Portierung auf eine spezifische Hardware als auch die Ansteuerung der Systemkomponenten durch die Applikationssoftware erheblich (siehe Abbildung 1).

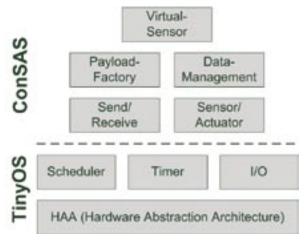


Abbildung 1: Systemarchitektur

Außerdem ermöglicht das integrierte Power-Management des Betriebssystemkerns einen sehr energieeffizienten Betrieb des Sensormoduls. Auf Applikationsebene wurde vom IMMS die Software ConSAS geschaffen,

- welche die Identifikation unterschiedlicher Module ermöglicht,
- die Konfiguration des Systems, der Aktoren und Sensoren sowie der Parameter des Media Access Layer (MAC) und des Routings wesentlich vereinfacht
- und auf der Basis mehrerer Sensorwerte einen neuen, virtuellen Sensor erzeugen kann. Damit wird es möglich, aus dem Sensornetzwerk einen bestimmten Sensorwert zu erzeugen und somit einen eigenen Wert für Orte, an denen sich kein Sensor platzieren lässt, auszugeben.

Zusammenfassend ergeben sich aus der Kombination von TinyOS, der durch das IMMS entwickelten Applikationssoftware ConSAS und dem Gateway Application Framework (GAF) [7], die folgenden Vorteile:

- Einfacher Tausch der Zielplattform
- Integration und Identifikation von Sensorknoten unterschiedlicher Hersteller und unterschiedlicher Sensorik
- Kompatibilität der Transceiver-Schaltkreise auf MAC-Ebene
- Automatisches, bedarfsgerechtes
 Power-Management
- Übertragung verschiedener Datentypen
- Vorberechnungen im Netzwerk

Dank des modularen Aufbaus der Sensorknoten, der Applikationssoftware ConSAS und dem GAF kann das Sensornetzwerk sehr einfach an andere Aufgaben angepasst werden. Dies kann durch Einbindung fremder Sensorik geschehen und wurde bereits mit der Einbindung von Energieverbrauchsmessern [8] der Firma "Energy Optimizers Limited" demonstriert. Hierbei erfolgt eine "Übersetzung" des Kommunikationsprotokolls des Sensors auf das Kommunikationsprotokoll des BASe-Net.

Die Messdaten der Sensormodule werden an den BASe-Terminal (Software) weiter geleitet, welche auf einem handelsüblichen PC oder Laptop arbeitet. Das BASe-Terminal übernimmt die Daten, stellt Schnittstellen für ihren Export zur Verfügung und ermöglicht die Administration des drahtlosen Sensornetzwerkes. In Abbildung 3 ist das Frontend dieser Software zu sehen.

HARDWAREDESIGN DES SENSORMODULS

Der Systemkern des Sensorknotens besteht aus der Mikrocontroller-Transceiver-Kombination ZigBit [9]. Die ZigBit-Module enthalten:

- Low-Power Mikrocontroller ATmega1281
- 2.4 GHz IEEE 802.15.4 Transceiver AT86RF230

Zusätzlich zum Mikrocontroller ist auf dem Modul ein 32 kHz low-power Quarz vorhanden. Damit kann der interne RC-Oszillator abgeglichen oder eine Real Time Clock realisiert werden. Durch den Einsatz von Chip-Antennen wird ein kleiner Bauraum bei guten HF-Eigenschaften erreicht. Das Funkmodul wird um die Sensorik (Licht, Luftfeuchte, Temperatur, ggf. CO₂) sowie um Taster und einen Flash-Baustein als Messdaten- und Konfigurationsspeicher ergänzt (siehe Abbildung 2). Auf der Basis dieses Hardwaredesigns können Sensorknoten mit unterschiedlichem Funktionsumfang und unterschiedlicher Größe realisiert werden.

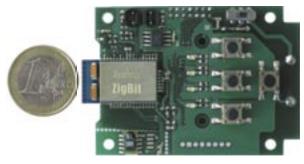


Abbildung 2: Größenvergleich zwischen einem Sensormodul und 1€

OPTIMIERTER ZUGRIFF AUF DAS ÜBERTRAGUNGSMEDIUM

Der Transceiver-Schaltkreis und der Mikrocontroller, gefolgt von den Sensoren, sind die größten Energieverbraucher. Durch ein geschicktes Sampling des Radiokanals, eine Synchronisation der Teilnehmer oder den Einsatz von TDMA – einem Multiplexverfahren zur Signal- und Nachrichtenübertragung – wird ein energieeffizienter Betrieb erreicht. In allen drei Fällen wird versucht, die Zeit im Sende- (Tx) und Empfangsmodus (Rx) auf ein Minimum zu reduzieren und trotzdem die Nachrichten anderer Sensorknoten weiterzuleiten und QoS- oder ggf. Echtzeit-Anforderungen zu erfüllen.

Die im IMMS entwickelte Applikationssoftware Con-SAS bietet alternativ zum Betrieb mit B MAC die Möglichkeit, ein Cluster-Tree-Netzwerk (siehe Abbildung 3) aufzubauen. Sensoren, deren hoher Energieverbrauch eine permanente Stromversorgung erfordert (z.B. CO₂ Sensoren), übernehmen dabei die Funktion des Clusterheads. Er leitet die Daten seiner Subnodes (nach dem Netzaufbau ihm zugeordneter Sensorknoten) und anderer Clusterheads an eine Basisstation weiter.

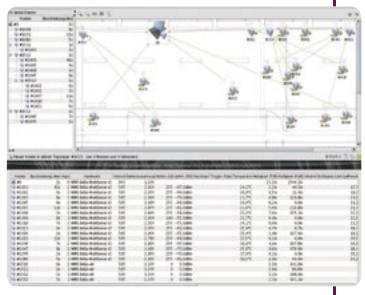


Abbildung 3: Cluster-Tree Netzwerk

Dadurch können die Subnodes die Messwerte sehr energieeffizient erfassen und an ihren Clusterhead übertragen.

Auf der Basis der hier vorgestellten Soft- und Hardware wurde die mögliche Betriebsdauer abgeschätzt [10], welche je nach Energiequelle und der konkreten Aufgabenstellung mit fünf bis zehn Jahren angegeben werden kann.

FAZIT

Das speziell für die Gebäudeautomation vom IMMS entwickelte drahtlose Sensornetzwerk ermöglicht gegenwärtig die Erfassung der Beleuchtungsstärke, der Temperatur, der Luftfeuchtigkeit, des CO₂- bzw. CO-Gehalts der Luft und des Energieverbrauchs elektrischer Geräte. Die Datenerfassung unmittelbar beim Nutzer ermöglicht es, auf die konkreten Bedürfnisse des Nutzers einzugehen und damit eine neue Qualität bei der Gebäudesteuerung zu erreichen.

Durch den modularen Aufbau des Sensornetzwerkes kann es einfach an unterschiedlichste Aufgaben, wie zum Beispiel Energieverbrauchsmessung, Luftstrommessung oder Konzentration der Schadstoffe

Abbildung 4: Gemessene raumklimatische Bedingungen durch multisensorische Erfassung von Luft, Temperatur, Feuchte und Licht

in der Luft, angepasst werden. Ein "BASe-Net" des IMMS, das aus mehreren Multisensoren und Energieverbrauchsmessern besteht, wird gegenwärtig im Fraunhofer-Anwendungszentrum für Systemtechnik AST in Ilmenau zur dezentralen Energieverbrauchserfassung von elektrischen Endgeräten eingesetzt.

Die Arbeiten wurden im Rahmen des Verbundprojektes CBS durchgeführt und durch das BMBF unter dem Förderkennzeichen 03WKBD3C gefördert.

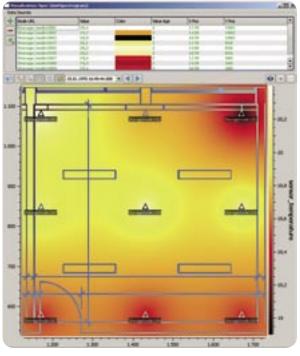
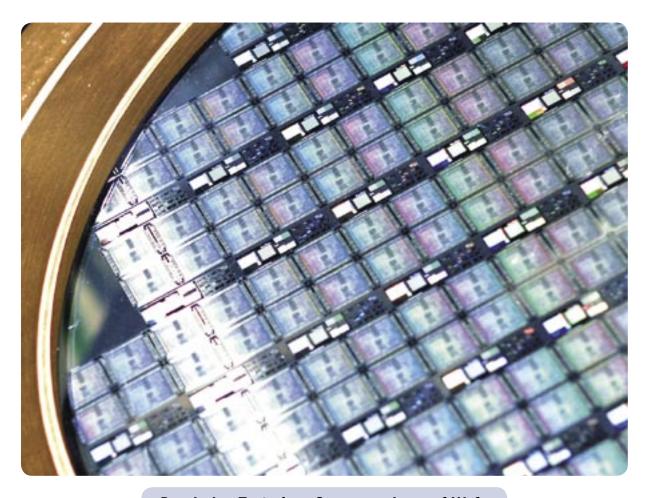


Abbildung 5: Temperaturverteilung innerhalb eines Raumes

Dr.-Ing. Axl Schreiber, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, System Design, axl.schreiber@imms.de

WAFERLEVEL-TEST VON MEMS

ENTWICKLUNG VON TESTVERFAHREN UND -SYSTEMEN



"Durch den Test eines Sensors schon auf Waferlevel lassen sich defekte Sensoren erkennen und dadurch Kosten in der Produktion reduzieren."

MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) erfahren seit einigen Jahren durch das Erschließen neuer Applikationsfelder ein rasantes Umsatzwachstum. Dazu tragen wesentlich, neben einer erhöhten Funktionalität, die sinkenden Kosten pro Sensorchip bei. Ein signifikanter Kostenanteil bei der Prozessierung eines Sensors entfällt auf den Test desselben aufgrund der geforderten hohen Zuverlässigkeit. Durch den Test des Sensors schon auf Waferlevel lässt sich dabei

der Kostenanteil reduzieren – durch die Detektion eines defekten Sensors entfallen die nachfolgenden Packaging- und Assembly-Schritte.

Das Themengebiet MEMS am IMMS beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit dem Test von MEMS auf Waferlevel. Das umfasst zum einen die Weiterentwicklung von optischen Messverfahren, um geometrische und Materialparameter der MEMS zu identifizieren. Basierend auf vibrometrischen Messungen der Eigenfrequenzen einerseits und einer FE (Finite Elemente)-Modalanalyse andererseits werden in einem inversen Optimierungsverfahren die interessierenden Parameter identifiziert.

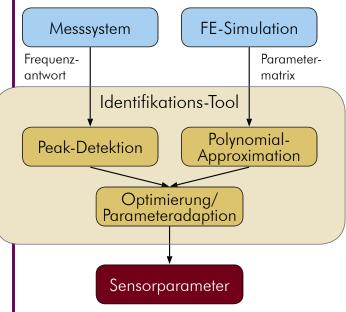


Abbildung 1: Struktur der Parameteridentifikation

Ein weiterer Schwerpunkt ist die Entwicklung von MEMS-Testsystemen. So ist das IMMS z.B. Partner im EU-Förderprojekt SMARTIEHS (Smart inspection system for high speed and multifunctional testing of MEMS and MOEMS, Laufzeit 2008-2011), bei dem der Fokus auf einer Parallelisierung der optischen Messungen liegt. Gegenüber einer konventionellen seriellen Messung lässt sich dabei die Messzeit bis auf 1/100 verkürzen, was wiederum auch eine signifikante Kostenreduktion bedeutet. Das IMMS verantwortet innerhalb des Projektes das mechanische und regelungstechnische Gesamtkonzept des Messsystems sowie dessen Umsetzung.

PARAMETERIDENTIFIKATION MITTELS DYNAMISCHER MESSUNGEN

Die Identifikation von Geometrie- und Materialparametern von MEMS mittels dynamischer Messungen basiert auf der Messung von out-of-plane Eigenfrequenzen, wie sie typischerweise Membran- oder Balkenstrukturen aufweisen. Das ermöglicht in der Praxis eine Identifikation von bis zu drei Parametern unter der Voraussetzung, dass die interessierenden Parameter eine Abhängigkeit von den Eigenfrequenzen besitzen. Beispiele für identifizierte Parameter sind Membrandicken rechteckförmiger Teststrukturen zwischen 10 und $30\,\mu\text{m}$, die mit einer Genauigkeit von $100\,\text{nm}$ bestimmt wurden sowie Materialspannungen in dünnen Membranen mit einer Genauigkeit von $1\,\text{MPa}$.

Abbildung 1 zeigt die Struktur des Messverfahrens. Das Messsystem bestehend aus einem halbautomatischen SÜSS-Prober, einer elektrostatischen Anregungseinheit und dem Micro System Analyzer MSA400 von Polytec liefert eine Frequenzantwort. Die Parametermatrix, die notwendig ist, um aus den Frequenzen Parameter zu identifizieren, wird mittels FE-Simulationen berechnet. Die Extraktion der interessierenden Parameter erfolgt mittels Mess- und Simulationsdaten als Eingangsparameter im Identifikations-Tool, welches am IMMS entwickelt wurde. Submodule dieses Tools sind neben der eigentlichen Optimierung die Peak-Detektion und die Polynomialapproximation. Dabei extrahiert die Peak-Detektion aus der gemessenen Frequenzantwort die Frequenzpeaks und die diskreten Daten der Parametermatrix werden durch eine Polynomfunktion approximiert.

Die Parameteridentifikation lässt sich sowohl bei der Charakterisierung von Sensoren im Entwicklungsprozess als auch beim Wafertest in der Produktion anwenden. Während bei der Charakterisierung ein dichtes Netz von Vibrometer-Messpunkten zur Bestimmung der Eigenformen definiert wird (siehe Abbildung 2), erfolgt beim Produktionstest eine Minimierung der Messpunkte mit Hinblick auf die Messzeit. Das optische Messsystem, der Prober und die Identifikationssoftware sind softwareseitig gekoppelt, um die Messung kompletter Wafer zu realisieren.

Neben optischen und technologischen Problemstellungen, die von Projektpartnern bearbeitet werden, sind das u.a. konstruktive und regelungstechnische Aufgaben (z.B. die Steuerung des Gesamtsystems). Weiterhin werden Soft- und Hardware zur Verarbeitung der Kamerasignale entwickelt sowie softwareseitig der kommerzielle Prober in das System am IMMS integriert.

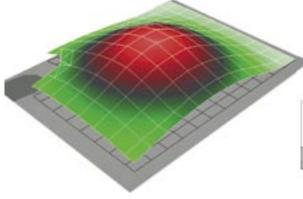


Abbildung 2: Gemessene Modenform (1. Eigenfrequenz)

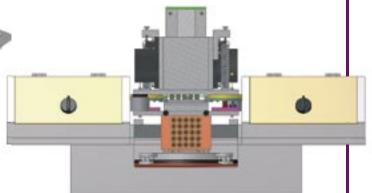


Abbildung 3: Inspektionssystem mit Prober

PARALLELES TESTEN VON MEMS – EU-PROJEKT SMARTHIES

Das oben vorgestellte Verfahren arbeitet ebenso wie weitere optische Testverfahren (z.B. Messung der Durchbiegung) sequentiell, wodurch insbesondere beim Test kompletter Wafer mit kleinen Dies größere Messzeiten anfallen können. Die parallele Messung mehrerer Dies – die das Konzept des im Rahmen von SMARTIEHS zu entwickelnden Inspektionssystems verfolgt – ermöglicht demgegenüber eine signifikante Verringerung der Messzeit. Kernstück des Systems ist eine mikrooptisch prozessierte Interferometer-Matrix, die bei dem im Aufbau befindlichen Labormuster 25 Dies parallel misst. Die Auswertung der Interferometersignale erfolgt dabei durch eine 5 x 5 Matrix von Smart-Pixel-Kameras. Das Konzept erlaubt des Weiteren eine Skalierung der Matrix, so können z.B. 8-Zoll Wafer mit einer 10 x 10 Interferometer-Matrix hocheffizient getestet werden. Das Projekt SMARTIEHS adressiert Entwicklungsaufgaben aus einem breiten Spektrum von Forschungsgebieten.

Das Inspektionssystem aus Abbildung 3 besitzt zwei verschiedene Interferometer-Matrizen, die in jeweils einem Waferverbund realisiert sind. Ein Laser-Interferometer ausgeführt als Twyman-Green-Konfiguration ermöglicht die Messung dynamischer Parameter wie Eigenfrequenzen und Eigenformen, währenddessen ein low-coherence Interferometer basierend auf einer Mirau-Konfiguration die Messung von Profilen bzw. Verformungen erlaubt. Das Scannen der Oberfläche in z-Richtung erfordert dabei ein hochgenaues Antriebssystem, das im Rahmen des Projektes entwickelt wird.

Das Inspektionssystem ist konzipiert für den Einsatz in der Produktion und wird dementsprechend in eine kommerziell verfügbare Probe-Station (Firma SÜSS, PA200) integriert. Durch die Probe-Station erfolgt die Positionierung des Wafers ebenso wie die Grobpositionierung des Messsystems zum Wafer via Scope Adapter.

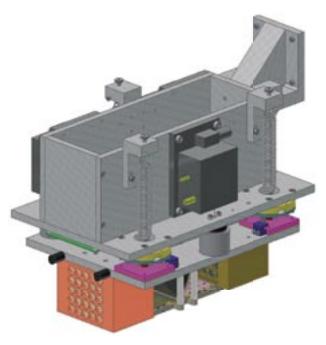


Abbildung 4: Schematisch dargestellter Testaufbau des Inspektionssystems mit z-Antrieb und optischen Komponenten

Für die Paralleljustage der Interferometer-Matrix zum MEMS-Wafer sowie den Scanning-Modus besitzt das Inspektionssystem einen eigenen hochgenauen z-Antrieb bestehend aus drei Antriebsachsen. Drei Laserinterferometer liefern die Positionssignale, um eine Positioniergenauigkeit von 10 nm in z-Richtung zu erreichen.

AUSBLICK

Der Schwerpunkt der Arbeiten liegt im nächsten Jahr im Aufbau, der Inbetriebnahme und der Validierung des SMARTIEHS-Inspektionssystems anhand von Testwafern, wie z.B. Mikrofonen und Drucksensoren. Außerdem ist es das Ziel, weitere Sensortypen, wie z.B. HF-MEMS, für das vorgestellte Verfahren der Parameteridentifikation zu evaluieren. Eine Anwendung des Verfahrens zur Bestimmung von Materialparametern wie Materialspannung und E-Modul von dünnen Schichten der Werkstoffwissenschaften ist ebenfalls angedacht.

Das Projekt SMARTHIES wurde gefördert von der EU/FP7-ICT-2007-2, Projekt ID 223935.

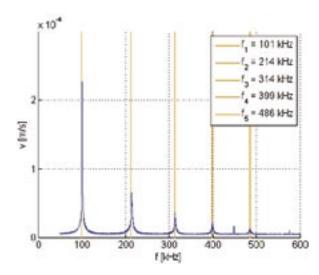
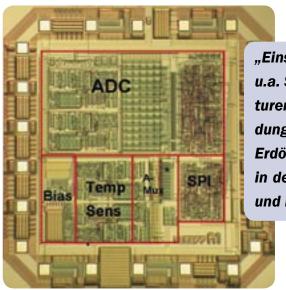


Abbildung 5: Gemessene FRF von Relativdrucksensor

Dipl.-Ing. Steffen Michael, Themengebietsleiter Simulation und Test MEMS, Mechatronik, steffen.michael@imms.de

Analog-Digital-Wandler für den Hochtemperaturbereich

ENTWURF UND MESSUNG EINES 12-BIT A/D-WANDLERS FÜR EINEN TEMPERATURBEREICH VON -55 °C BIS 200 °C



"Einsatzgebiete für diesen Wandler sind u.a. Sensorsysteme, die unter extremen Temperaturen arbeiten müssen wie zum Beispiel Anwendungen für geologische Tiefbohrsysteme in der Erdölbohrindustrie, für den motornahen Einsatz in der Fahrzeugtechnik oder im Bereich der Luftund Raumfahrtindustrie."

Abbildung 2: Foto des Schaltkreises: A/D-Wandler mit SPI

Der Entwurf komplexer Mixed-Signal-Sensor-Systeme erfordert häufig eine Wandlung von analogen Sensorsignalen in entsprechende Digitalwerte, die dann durch eine digitale Signalverarbeitung aufbereitet werden können. Hierzu sind Analog-Digital (A/D)-Umsetzer mit hoher Auflösung des Analogwertes erforderlich. Für den Einsatz im Bereich niedriger Umgebungstemperaturen gibt es eine Vielzahl

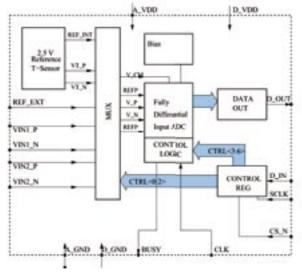


Abbildung 1: Blockdiagramm des entwickelten Hochtemperatur-A/D-Wandler-ICs

unterschiedlicher Wandlertypen bis zu sehr hohen Auflösungen und extrem hohen Wandlungsraten. Überschreiten die Betriebstemperaturen aber 150 °C, so ist die Auswahl deutlich geringer. Bei Temperaturen überhalb von 200 °C gibt es nur noch einen europäischen, kommerziellen Anbieter, der A/D-Wandler bis 10 Bit Auflösung anbietet. Aus diesem Grund war es von Interesse, einen hochauflösenden A/D-Umsetzer mit einem erweiterten Temperaturbereich von -55 °C bis 200 °C zu entwickeln. Einsatzgebiete für diesen Wandler sind zum Beispiel Sensorsysteme für geologische Tiefbohrsysteme (Auswertung von Temperatursensoren, Drucksensoren etc.), für den motornahen Einsatz in der Fahrzeugtechnik oder im Bereich der Luft- und Raumfahrtindustrie.

Umsetzung und Stand der Arbeiten

Abbildung 1 zeigt das Blockdiagramm des entwickelten Hochtemperatur-A/D-Wandler-ICs. Der Schaltkreis hat zwei voll differentielle Eingänge, die jeweils über einen Multiplexer mit dem A/D-Wandler verbunden werden können. Zudem gibt es ein internes

Temperatursignal, welches durch den Wandler verarbeitet werden kann. Der zyklische A/D-Wandler wandelt das jeweils anliegende, differentielle, analoge Eingangssignal in ein Digitalwort, welches in ein Register geschrieben wird. Dieses Register kann durch eine serielle Schnittstelle (SPI) ausgelesen werden und steht damit dem Anwender des Schaltkreises zur Verfügung. Über diese Schnittstelle (SPI) kann auch der A/D-Wandler selbst konfiguriert werden. Es ist zum Beispiel möglich, die Auflösung des Wandlers zwischen 12 Bit und 16 Bit umzustellen, Offsets zu bestimmen oder auf Temperaturmessungen umzuschalten. Der Schaltkreis ist somit auch als einfaches Temperaturmesssystem einsetzbar. Als Wandlertyp wurde ein Nyquist-A/D-Wandler mit zyklischer RSD-Architektur (Redundant Signed Digit) realisiert.

Abbildung 2 zeigt das Foto des in einer 1-µm-SOI-CMOS-Technologie realisierten Schaltkreises. Die Chipfläche beträgt inklusive der Bondpads 5 mm². Die einzelnen oben beschriebenen Teilblöcke sind in der Abbildung zusätzlich gekennzeichnet. Der Schaltkreis wurde in Betrieb genommen und unter verschiedenen Temperaturen getestet. Dabei wurden Tests an Bauelementen im Gehäuse und auf einem Wafer durchgeführt. Abbildung 3 zeigt die integrale Nichtlinearität des Schaltkreises exemplarisch im Normalbetrieb bei 30 °C. Es wurde eine Auflösung des A/D-Wandlers von 16 Bit eingestellt. Abbildung 4 zeigt die gleiche Darstellung für eine Temperatur von 200 °C.

Zur Ermittlung der Daten wurden zu jedem eingestellten analogen Spannungswert zehn Digitalwerte aufgenommen und dann der Mittelwert berechnet. Wie man beiden Abbildungen entnehmen kann, handelt es sich um Wandler mit einer effektiven Auflösung von 11,8 Bit. Die Wandlungsrate beträgt dabei 10 kSamples pro Sekunde. Durch Erhöhung der Anzahl der zu mittelnden Digitalwerte lässt sich eine

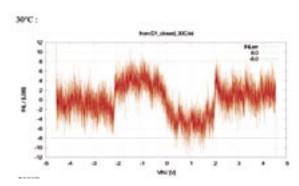


Abbildung 3: Messergebnisse zur integralen Nichtlinearität (INL) bei einer eingestellten Auflösung von 16 Bit bei 30 $^{\circ}\mathrm{C}$

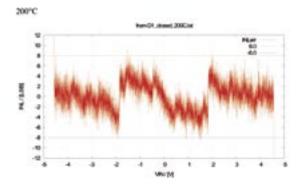


Abbildung 4: Messergebnisse zur integralen Nichtlinearität (INL) bei einer eingestellten Auflösung von 16 Bit bei 200 °C.

Auflösung von 12 Bit erreichen, wie weitere Messungen bei sehr niedrigen Temperaturen demonstriert haben. Die Verifikation der Funktion bei -55 °C konnte simulativ erfolgreich gezeigt werden. Die messtechnische Bestätigung steht aufgrund kurzfristig nicht verfügbaren Equipments noch aus. Der Schaltkreis funktioniert auch bei noch höheren Temperaturen bis ca. 230 °C. Bei diesen Temperaturen nimmt aber die Genauigkeit der Wandlung auf eine effektive Auflösung von 10 Bit ab.

Mit diesem Wandler können zwei voll differentielle Analogsignale ausgewertet werden. Der hier vorgestellte Hochtemperatur-A/D-Umsetzer steht als IP-Block den Kunden des IMMS zur Verfügung.

Dieses Projekt wurde innerhalb von VERDIAN (BMBF, Förderkennzeichen 03WKY01J) bearbeitet.

Dr.-Ing. Dirk Nuernbergk, Projektmanager SOI Design, Mikroelektronik, dirk.nuernbergk@imms.de Dipl.-Ing. Reinhard Kindt, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Mikroelektronik, reinhard.kindt@imms.de

RF-IPs

CHARAKTERISIERUNG MIT MODULAREN PXI-TESTSYSTEMEN



"In Zukunft wird der Fokus vermehrt darauf liegen, modulare Testsysteme auf PXI-Basis zu nutzen, um die Messmöglichkeiten durch Softwareerweiterungen bzw. externe Messgeräte individuell jeder Messaufgabe optimal anpassen zu können."

Die Fortschritte in der modernen Rechentechnik liefern verlässliche Simulationsergebnisse von Bauelementen und komplexen ICs. Zur Parameterextraktion und zur Verifikation der Modelle ist es unerlässlich, diese mit Hochfrequenz (HF)-Messungen bis in den GHz-Bereich zu hinterlegen. Als Messgeräte wurden bisher konventionelle Einzelgeräte benutzt. In Zukunft wird der Fokus jedoch vermehrt darauf liegen, modulare Testsysteme auf PXI-Basis zu nutzen, um die Messmöglichkeiten durch Softwareerweiterungen bzw. externe Messgeräte individuell jeder Messaufgabe optimal anpassen zu können. In Zusammenarbeit mit der X-FAB Semiconductor Foundries AG aus Erfurt wurden am IMMS verschiedenste Setups aufgestellt, um eine Reihe von HF-Zellen mit RF-IPs umfassend zu charakterisieren. Ziel war es, Parametersätze und Datenblätter zu erstellen, die dem Anwender einen effizienten Schaltungsentwurf ermöglichen.

LÖSUNGSANSATZ

Generell können die HF-Messungen auf Evaluierungsboards auf Platinen oder direkt auf dem Wafer unter Nutzung eines Waferprobers erfolgen. Die Kontaktierung erfolgt über impedanzkontrollierte HF-Nadeln (ACP-Probes), über eine Probecard oder in einer Testfixture. Der Einsatz von Labview-

Messprogrammen auf modularen PXI-Testsystemen ermöglicht eine hohe Flexibilität bei der Messung, Analyse und Visualisierung der Ergebnisse.

Die Auswertung der Messdaten bildet die Grundlage des Qualitätsmanagements, um eine gezielte Fehleranalyse durchzuführen. Weiterhin sind sie essentiell, um die Zuverlässigkeit der Simulationsergebnisse zu erhöhen und wesentliche Parameter für das Re-Design der Schaltungen zu liefern. Um einen komplexen HF-Transceiver entwickeln zu können, muss jeder einzelne interne Schaltungsblock evaluiert und charakterisiert werden. Jede HF-Zelle und jede Technologie hat dabei ihre speziellen Anforderungen und auch die geplante Anwendung bedingt unterschiedlichste Messaufgaben.

Ganz allgemein muss eine Vielzahl von Schaltungsblöcken und IPs betrachtet werden:

- Bandgaps
- Bias Zellen
- Operationsverstärker
- Oszillatoren
- ADCs/DACs
- Spannungsregler
- HF-Zellen

Die von der X-FAB bereitgestellten Baublöcke in verschiedenen Technologien und deren detaillierte Daten bilden einen guten Ausgangspunkt für das Design einer kundenspezifischen Lösung nicht nur im HF-Bereich.

Messung von HF-Zellen

Ein Funktransceiver kann in folgende Blöcke aufgeteilt werden, von denen jeder seine Spezifik aufweist:

- LNAs
- Mischer
- Quarz-Oszillatoren
- VCOs
- Taktteiler
- PLLs
- Endstufen
- Basisbandverarbeitung

Für jede Art von HF-Zelle ist eine angepasste Messkonfiguration erforderlich und der entsprechende Messablauf muss implementiert werden. Gerade hier ist mit modularen Testsystemen eine deutliche Vereinheitlichung sowie Vereinfachung des Messprogramms und des Datenmanagements zu erreichen. Für einen testgerechten Schaltungsentwurf (Design for Test) ist es wichtig, dass alle Layoutvarianten einem definierten Standard entsprechen, der die Lage der HF- und Masse-Pins festlegt. Damit wird es möglich, auf ein und derselben Hardwareplattform alle HF-Zellen messtechnisch zu behandeln. Dieses Standard-Layout erlaubt die Evaluierung von LNAs, Mischern, VCOs/PLLs bis hin zu PAs (siehe Abbildung 1).

Dadurch schafft man auch ein einheitlich definiertes Interface zur Messtechnik. Aktuelle Projekte adressieren den Frequenzbereich von 900 MHz und 2,4 GHz. Zukünftige Entwicklungen werden im Bereich zwischen 5 und 10 GHz liegen, was wiederum neue Anforderungen an die Messumgebung stellt.

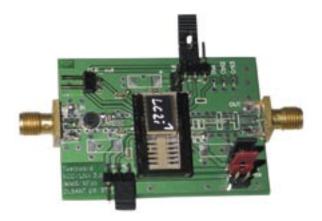


Abbildung 1: Evaluation Board für VCOs und LNAs mit SMD Fassung für SOIC-16 Gehäuse

Die am IMMS eingesetzten PXI-Testsysteme wurden mit den entsprechenden Steckkarten ausgerüstet, um diese Anforderungen zu erfüllen. Außerdem kosten diese nur den Bruchteil eines kompletten externen Messgerätes und sparen zusätzlich Platz und Energie.

Entsprechend der Spezifikation wurden die folgenden Arten von Messungen implementiert:

- S-Parameter Messungen
- Spektralanalyse
- Rauschmessungen
- Transiente Messungen
- Großsignalmessungen
- DC-Messungen

Speziell bei den DC-Messungen bestand für das IMMS die Herausforderung darin, Standby-Ströme bis in den nA-Bereich reproduzierbar zu messen. Auch die spektrale Reinheit der Stromversorgung ist ein sehr kritischer Parameter bei PLL- und VCO-Messungen. Die oben aufgeführten Messungsarten wurden sowohl single-ended als auch differentiell durchgeführt. Dabei sind Messungen differentieller symmetrischer HF-Parameter nur mit externer Hardware und/oder entsprechenden Softwaremodulen möglich. Auch wurden die verschiedenen Messungen on-wafer aber auch auf Leiterplatten implementiert. Dabei wird bei einer on-wafer Messung anstelle des Evaluationboards eine Probecard oder eine Anordnung aus HF-und DC-Nadeln benötigt (siehe Abbildung 2).



Abbildung 2: Kontaktierung des Mischers on-wafer mit drei ACP Probes

ENTWICKLUNG MODULARER TESTSYSTEME

Neben den verfügbaren PXI-Karten wie:

- HF-Downkonverter und Digitizer
- HF-Signalgeneratoren
- Relaistreiber
- Digitalkarten
- Stromversorgung

wurden auch eigene PXI-Karten zur Erweiterung der Messmöglichkeiten entwickelt. Als Beispiel wird hier eine PMU-Karte [11], die als 32-kanaliges Sourcemeter eingesetzt werden kann, angeführt. Damit war es möglich, einen Anschlusstest an 32 Pins vorzunehmen und eine rauscharme Stromversorgung des VCOs sicherzustellen. Herausragend ist jedoch, dass damit Ströme bis unter 1 nA gemessen wurden, was bisher auf PXI-Ebene nicht möglich war. Weiterhin kann diese Karte auch als 32-kanaliges Digitalmultimeter verwendet werden. Diese Systemerweiterung wurde zusätzlich durch den Einsatz von optimierten HF-Schaltern zur Messportumschaltung ergänzt. Durch den Einsatz dieses kompakten, erweiterbaren – eben modularen – Testsystems konnte die gestellte Messaufgabe im Bereich bis zu 2,4 GHz realisiert werden. Darüber hinaus werden durch das Multiplexen der Messsignale Testressourcen eingespart.

Der Einsatz der am IMMS konfigurierten modularen PXI-Testsysteme bietet eine Vielzahl von Vorteilen:

- Kompakte Geräteanordnung
- Übersichtliche, kurze Verkabelung
- Integration verschiedenster Messkarten
- Deutlich kürzere Messzeiten
- Flexibles Messdatenmanagement
- Modulare komplexe Messabläufe
- Spezialmessungen in Software
- Platz- und Energieeinsparung
- Schnellere Programmentwicklung
- Wiederverwendbarkeit der Programme
- Flexible Skalierbarkeit/Erweiterbarkeit
- Möglichkeit zur Datenauswertung online

ZUSAMMENFASSUNG

Am IMMS wurde eine modulare Hard- und Softwareplattform zur Charakterisierung von HF-Zellen durch Messungen auf PCBs und on-wafer entwickelt. Im Zentrum dieser Entwicklungsarbeiten standen modulare PXI-Testsysteme, die durch eigene Hardware- und Softwaremodule ergänzt wurden. Das System aus Hard- und Software zeichnet sich durch Modularität und Wiederverwendbarkeit aus. Dadurch können Entwicklungszeiten deutlich verkürzt werden. Weiterhin wird durch die Nutzung von umfassend dokumentierten Standard-HF-Baublöcken der Designprozess für kundenspezifische Applikationen beschleunigt. Entscheidend ist auch, dass sich auf Grund der einheitlichen Messplattform die Vergleiche zwischen unterschiedlichen technologischen Lösungen vereinfachen. Die definierte Messumgebung erhöht die Reproduzierbarkeit der Messbedingungen und damit auch der Messergebnisse. Dies führt zu einem erleichterten Datenmanagement. Die statistische Auswertung und Visualisierung der Ergebnisse liefert außerdem wichtige Erkenntnisse für einen sicheren und effektiveren Schaltungsentwurf.

Björn Bieske, Themengebietsleiter HF-Systeme, Industrielle Elektronik und Messtechnik, bjoern.bieske@imms.de

FLEXIBEL KONFIGURIERBARES PXI-TESTSYSTEM

ENTWURF VON UND EINSATZERFAHRUNGEN BEI ON-WAFER MESSUNGEN IM HALBLEITERBEREICH



"Dabei standen eine hohe Wiederverwendbarkeit aller Komponenten und die daraus resultierenden geringeren Kosten bei der Anpassung an unterschiedliche Typen im Vordergrund."

Im Rahmen des Projektes OKTOPUS wurde am IMMS ein flexibel konfigurierbares PXI-Testsystem für onwafer Messungen entworfen und Einsatzuntersuchungen durchgeführt.

Die detaillierten Ziele bei der Konzeption der Testsysteme waren die Integration von kommerziell erhältlichen Komponenten und Eigenentwicklungen in gemeinsame Testplattformen, eine hohe Testentwurfsgeschwindigkeit und die einfache und standardisierte Adaptierbarkeit verschiedenster –

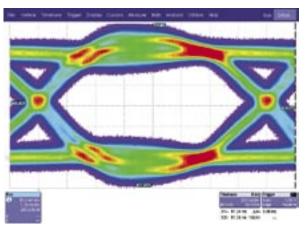


Abbildung 1: Übertragungscharakteristik eines Testerkanals

sowohl vorhandener, als auch neu zu entwickelnder – Probecards. Dabei standen eine hohe Wiederverwendbarkeit aller Komponenten und die daraus resultierenden geringeren Kosten bei der Anpassung an unterschiedliche Typen im Vordergrund. Weiterhin sollte eine Reduzierung der Messzeiten erreicht werden, die zukünftig dazu beiträgt, dass den Forschungs- und Industriepartnern aus der Mikroelektronik und Mikrosystemtechnik effiziente und kostenoptimale Testlösungen bereitstehen.

TECHNISCHE UMSETZUNG DES PXI-TESTSYSTEMS

Als Basis für die Testsysteme am IMMS dienen PXI-Chassis, die mit dem ABex-System (Analog Bus EXtension for PXI) des Projektpartners Konrad Technologies ergänzt werden. Es stellt eine elektronische und mechanische Erweiterung für ein PXI-System dar und bietet die Möglichkeit, zu den einzelnen PXI-Instrumenten jeweils ein vorhandenes oder projektspezifisch entworfenes Terminalmodul einzusetzen. Zudem stellt es analoge und digitale Leitungen zwischen den Terminalmodulen zur Verfügung.

Damit ist sowohl die Steuerbarkeit und Kommunikation der Module als auch eine mechanisch sichere Befestigung gewährleistet.

Auf der Basis von speziell entwickelten Terminalmodulen realisiert das IMMS eine Zwischenschicht, die die Adaptierung der verschiedenen Testerinstrumente auf das gemeinsame Bussystem ermöglicht.

KONZEPT DES BUSSYSTEMS UND DER TERMINALMODULE



Abbildung 2: Terminal Modul Block

Um das Ziel zu erreichen, prinzipiell jedes Instrument auf jeden Messkanal routen zu können, muss jedes Terminalmodul Zugriff auf den gesamten Messkanalbus bekommen. Das eingesetzte Bussystem besteht aus 200 Leitungen, davon 100 Signale und 100 Masseleitungen, die über Steckverbinder senkrecht zu den Terminalmodulen geführt werden. Die offenen Leitungsenden sind somit nur so lang wie für die eingesetzte Anzahl an Instrumenten nötig. Zum Abschluss des Busses dient ein spezielles Terminalmodul, welches die gewünschte Kanalzuordnung auf die Anschlussleitungen zum Waferprober bzw. zur Probecard führt.

Jedes Terminalmodul ist auf der Seite des PXI-Systems individuell an das jeweilige Testerinstrument angepasst. Die von den Instrumenten bereitgestellten Messkanäle variieren zwischen einem bis weit über 100 Signale. Die Bus- und Modularchitektur erlaubt es, auf einen Messkanal mehrere Instrumente zu schalten. Die dafür nötige Ansteuerung von Relais oder elektronischen Schaltern wird auf dem Modul zur Verfügung gestellt. Jedes Modul verfügt über einen Mikrocontroller, der mit der Teststeuerung über den von der ABex bereitgestellten I²C Bus kommuniziert. Die Erkennung der eingesetzten Terminalmodule und deren Adressen, bzw. Einbaupositionen im System, ist unter Verwendung des ABex-Controllers vollständig automatisiert. Durch den Einsatz eines Mikrocontrollers sind schnelle und vorprogrammierte Schaltfolgen der Messkanäle möglich. Des Weiteren bietet eigene Intelligenz auf jedem Modul eine sehr hohe Flexibilität und Anpassbarkeit an zukünftige Testaufgaben.

Die Terminalmodularchitektur bietet auch Möglichkeiten, die Signale zum oder vom Messobjekt zu verändern und zu beeinflussen und somit gezielt die Eigenschaften der PXI-Instrumente optimal zu nutzen.

Die Terminalmodule enthalten nur die Signalschalter und die Signalkonditionierung. Die Zuordnung auf den Bus wird von fest verdrahteten, projektspezifischen Codierplatinen durchgeführt. Diese Platinen enthalten keine eigene Logik, keine teuren Bauelemente und sind zudem relativ klein.

TERMINALMODULE FÜR HIGH-SPEED DIGITAL- UND ANALOG-TEST

Zur Evaluierung des vorgelegten Konzepts hat das IMMS jeweils ein Terminalmodul für ein PXI-PMU-Instrument (welches im IMMS entwickelt wurde) und für ein High-Speed Digital IO Interface PXI-6552 entworfen. Die beiden Module wurden soweit wie möglich identisch gehalten, um den Layoutaufwand zu begrenzen. Die PXI-PMU stellt 32 analoge Spannungsund Stromguellen sowie -senken in Bereichen von $5 \mu A$ bis 50 mA und -11 bis +11 V zur Verfügung. Es werden Genauigkeiten von bis zu 3 nA erzielt. Die Ausgänge der PMU werden auf dem Terminalmodul zunächst auf ein Terminalfeld und ein Relaisschaltfeld und die Signale dann anschließend weiter über Steckverbinder auf eine fest verdrahtete Codiermatrix geführt. Hier findet die projektspezifische Zuordnung der PMU-Kanäle auf die Kanäle des Messsystems statt.

Die Signale des HSDIO PXI-6552 werden auf das Terminalmodul übertragen und dort im 50 Ohm System und mit für jeden Kanal gleicher Leiterbahnlänge auf ein Relaisschaltfeld geführt. Danach werden die Signale ebenfalls auf einer Codierplatine den Messkanälen zugeordnet.

Die weitgehende Identität der Terminalmodule, vor allem seitens der Relaissteuerung und des eingesetzten Mikrocontrollers, erlaubt auch eine vereinheitlichte Softwarearchitektur der Firmware über verschiedene Terminalmodule hinweg. Auch die Treibersoftware im Testsystem kann aufgrund dieser Tatsache sehr effizient und schnell entwickelt werden.

KOORDINIERUNG VON TESTSYSTEM UND WAFERPROBER

Das PXI-Testsystem ist dazu ausgelegt, mit der Steuerungssoftware "Prober-Bench" der Probe-Station PA200 des Herstellers SÜSS MicroTec AG zu interagieren.

Das Testsystem wird hierzu über eine TCP/IP-Verbindung mit dem Steuerrechner der Probe-Station verbunden. Die Prober-Bench-Software arbeitet bei dieser Verbindung als Server durch den das als Client fungierende Testsystem Funktionen der Probe-Station ausführen kann. Verwendet wird dabei die von der Software bereitgestellte SÜSS Network Interface (SNI) API. Über diese Fernsteuerung des Probers ist es möglich, vom Testprogramm automatisiert ausgewählte Dies eines Wafers anzufahren und zu testen. Des Weiteren können auch alle anderen Funktionen der Prober-Bench genutzt werden. So können zum Beispiel ausgehend von den Testergebnissen BIN-Klassifizierungen in die Wafermaps eingetragen werden. Diese Steuerung ermöglicht einen automatisierten Testablauf über einen Wafer hinweg und damit die wirtschaftliche Durchführung von Kleinserientests.

ZUSAMMENFASSUNG UND **A**USBLICK

Die Architektur des IMMS-Testsystems hat die gestellten Erwartungen im Rahmen erster Erprobungen erfüllt. Gerade die einfache Integrierbarkeit weiterer PXI-Instrumente in das Konzept ermöglicht es, schnelle und dabei kostengünstige Lösungen für komplexe Testaufgaben zu konfigurieren.

Ein zukünftiges Ziel in der weiteren Entwicklung des Testsystems ist die Realisierung der In-System-Programmierung der Firmware der Terminalmodule. Somit können die Eigenschaften und das Verhalten der Module ohne Ausbau erweitert und verbessert werden. Ebenfalls reduziert sich dadurch die Umrüstzeit für unterschiedliche Testprojekte deutlich.

Nach Abschluss des Projektes OKTOPUS kommen die konzipierten Testsysteme für die Industriepartner des IMMS zum Einsatz.

Das Projekt OKTOPUS wurde gefördert vonm BMBF, Förderkennzeichen 13N10345.

Dipl.-Ing. Ingo Gryl, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Industrielle Elektronik und Messtechnik, ingo.gryl@imms.de

FOTODIODE

Verbesserung der Testqualität für optoelektronische Schaltungen

"Beim Einsatz von Fotodioden in multimedialen Anwendungen werden die Anforderungen an die Geschwindigkeit und die Empfindlichkeit der integrierten optoelektronischen Schaltkreise, insbesondere an die darin eingebetteten Fotodioden, immer größer."



Beim Einsatz von Fotodioden in multimedialen Anwendungen, wie Lese- und Schreibgeräte für CD, herkömmliche DVD und neuartige Blu-Ray-DVD, werden die Anforderungen an die Geschwindigkeit und die Empfindlichkeit der integrierten optoelektronischen Schaltkreise, insbesondere an die darin eingebetteten Fotodioden, immer größer. Bei der Charakterisierung solcher Systeme stellt die Untersuchung des Laserstrahls einen wichtigen Bestandteil dar. Bisher wird dazu ein Lasermesskopf eingesetzt. Damit entstehen aber auch messtechnische Probleme, die durch einen Transfer der Strahlcharakterisierung auf Wafer-Ebene behoben werden können.

Bei den bisher eingesetzten Verfahren nutzte man einen Laserscanner, der ein eigenes Bauteil ist und als externes Messgerät dient. In dem vom IMMS umgesetzten neuartigen Verfahren wurden nun neue Teststrukturen entworfen und direkt auf dem Wafer prozessiert. Das heißt, die Strahlcharakterisierung wird im Waferprober selbst möglich. Die so durchgeführte Strahlcharakterisierung entspricht den gleichen Umgebungsbedingungen wie die Messung eines optoelektronischen Chips am Waferprober.

CHARAKTERISIERUNG DES LASER-STRAHLPROFILS

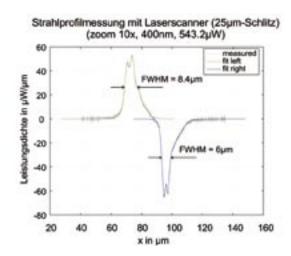


Abbildung 1: Beispielscan mit dem BeamScope-P7 für ein Strahlprofil am Mikroskopobjektiv (\hbar =400nm)

Zur Vermessung des transversalen Strahlprofils der im IMMS benutzten Laser wurde bisher der Laserscanner BeamScope-P7 eingesetzt. Darin befindet sich eine Zunge, die periodisch ein- und ausgefahren wird. Auf der Zunge sitzen nebeneinander zwei Fotodioden.

Diese sind mit einer Glasabdeckung abgedunkelt und nur durch die darin integrierten Schlitze gelangt Licht auf die Fotodioden. Die zur Verfügung stehenden Schlitze haben die Maße 2,5 μ m oder 25 μ m. Damit wird das Laserprofil zweidimensional vermessen.

Der bisher eingesetzte Wafer-Prober des IMMS untersucht integrierte Schaltkreise vorrangig mit Fotodioden auf Wafer-Ebene. Dazu wird ein optisches Signal aus einer Faser in das Mikroskop eingekoppelt. Eine konvexe Linse im Mikroskop kollimiert das Licht aus der Faser. Der damit entstandene parallele Strahlengang wird dann vom Objektiv des Mikroskops auf die Waferoberfläche fokussiert. Zur Untersuchung des Laserspots wurde an Stelle eines Wafers der Laserscanner unter dem Objektiv vom Mikroskop auf dem Chuck positioniert. Abbildung 1 zeigt einen Beispielscan für einen realen Laserspot, der mit dem 25 mm breiten Schlitz vom Laserscanner gemessen wurde.

Bei dem Einsatz des Laserscanners kristallisierten sich folgende Nachteile heraus. Der Größenbereich des Laserspots variiert über den Abstand zwischen Objektiv und Chuck von etwa 0,5 μm bis 30 μm.Dafür werden verschiedene Schlitzbreiten benötigt, die am Laserscanner aufwändig zu ersetzen sind. Auch trifft das Licht aufgrund des realen Aufbaus nicht im gleichen Winkel auf die Schlitze des Laserscanners wie auf den Wafer. Resultierend daraus ergeben sich am Wafer und am Laserscanner zwei voneinander abweichende Laserprofile. Zudem ist der Höhenunterschied zwischen Laserscanner und Waferoberfläche zu groß, veränderlich und nur mit erheblichem Aufwand messbar. Letztlich spricht für einen Transfer, dass auf dem Wafer variable Schlitze auf kleinstem Raum nebeneinander positioniert werden können und die Abstände zwischen den Schlitzen im μ m-Bereich dann auch deutlich kleiner sein werden. Daher war ein wichtiger Schritt der Transfer des Messprinzips auf die Wafer-Ebene.

Strahlprofil eines Laserspots (400nm)

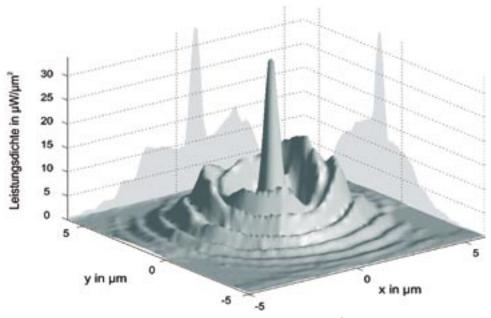


Abbildung 2: Strahlprofil der Laserabbildung auf dem Wafer für λ =400 nm gemessen durch Scannen des Loches

LÖSUNGSANSATZ – TRANSFER AUF WAFER-EBENE

Ziel ist die Messung des Strahlprofils auf dem Wafer bei der optoelektrischen Charakterisierung von integrierten Schaltkreisen. Daher wird der Einsatz eines Laserscanners aufgrund seiner Nachteile hinfällig. Die einfachsten Strukturen zur Charakterisierung des Strahlprofils sind Schlitze, Kanten und Löcher in optisch undurchlässigen Schichten über einer optisch empfindlichen Fläche, z. B. Fotodioden. In mehreren Aufbauten wurden die verschiedenen Strukturen getestet. Kanten besitzen den Vorteil, dass durch Fahren des kompletten Strahlprofils auf die optisch empfindliche Fläche die gesamte optische Leistung des Profils gemessen wird. Jedoch muss für das tatsächliche Strahlprofil die Messkurve differenziert werden (siehe Abbildung 1). Dadurch verschlechtert sich das Signal-Rausch-Verhältnis. Beim Überfahren von Spalten wird das Profil direkt vermessen, aber die durch den Spalt transmittierte Leistung nimmt ab. In Abhängigkeit der vorhandenen Leistungsdichte ist zukünftig abzuwägen, welche Strukturen zur Strahlvermessung verwendet werden.

Nach dem Prinzip eines eindimensionalen Scans über einen Spalt ergibt sich auch die Möglichkeit einer zweidimensionalen Vermessung des Laserprofils durch das Scannen eines Loches (siehe Abbildung 2).

FAZIT

Bisher wurde die Leistungsdichte des Strahlprofils eines Lasers mit Hilfe eines Laserscanners gemessen. Mit dem Transfer der Messung auf die Wafer-Ebene ergeben sich folgende Vorteile. Neben der feineren und sichtbaren Positionierung des Laserprofils auf der Diodenfläche sind auch Ortsabhängigkeiten der

Empfindlichkeit an Dioden auf Wafer-Ebene nachweisbar und genauer analysierbar. Daraus resultiert neben der Kosten- und Zeitersparnis für die Herstellung der gehäusten Bauelemente auch die Platzeinsparung für die kleineren Teststrukturen auf dem Wafer. Auch die Temperaturänderung am Wafer durch den temperierbaren Chuck ist problemlos ausführbar. Beliebige Strukturen, wie Löcher, Schlitze und Kanten mit verschiedenen Abmessungen sind erforderlich und auf kleinstem Raume realisierbar und einsetzbar. In der Nähe der zu testenden, optoelektronischen Schaltkreise werden Strukturen zur Charakterisierung des Strahlprofils mit geringem Platzbedarf vorgesehen. Mit ausreichend vorhandener Leistungsdichte empfehlen sich Spalten bzw. Löcher, andernfalls sind Kanten zu verwenden.

Ein Arbeitsschwerpunkt im IMMS ist die Charakterisierung optoelektronischer Schaltungen. Dazu zählt unter anderem die lokale optische Empfindlichkeit von Fotodioden. Als Beispiele sind das Übersprechen zweier benachbarter Fotodioden, die örtlich veränderliche Empfindlichkeit an Streifendioden und die minimale Größe von Fotodioden bei der Messung der Übertragungsbandbreite zu nennen. Erstmalig kann mit den hier erläuterten neu entwickelten Teststrukturen am IMMS das zweidimensionale Strahlprofil der eingesetzten Laser gemessen werden. Die daraus resultierenden Erkenntnisse sind ein essentieller Bestandteil in der Weiterentwicklung der optoelektronischen Messtechnik im Hinblick auf die Charakterisierung von Technologien mit geringeren Strukturabmaßen.

Dipl.-Ing. Marco Reinhard, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, Industrielle Elektronik und Messtechnik, marco.reinhard@imms.de

FOTODETEKTOR-IC

PDIC FÜR BLU-RAY-DISC-LAUFWERKE MIT 12-FACHER SCHREIB- UND LESEGESCHWINDIGKEIT





"Um eine Blu-ray Disc innerhalb weniger Minuten beschreiben und wieder einlesen zu können, bedarf es sehr schneller Laufwerke mit entsprechend schneller Elektronik."

Abbildung 1: Bildvergleich DVD (links) und Blu-ray-Disc (rechts) – hochauflösende Bilder zeigen mehr Details

Seit der Entscheidung der führenden Hollywood-Filmstudios aus dem Jahr 2008, Filme im hochauflösenden HD-Format zukünftig ausschließlich auf dem Speichermedium Blu-ray-Disc anzubieten, hat sich die Blu-ray-Disc als Nachfolgerin der DVD weltweit im Markt für Unterhaltungselektronik etabliert. Wie DVDs werden auch Blu-ray-Discs auf optischem Wege unter Verwendung eines fokussierten Laserstrahls ausgelesen, allerdings arbeitet das Blu-ray-Disc-System wegen der damit möglichen höheren Speicherdichte – das fast Fünf- bis Zehnfache einer DVD – nun mit kurzwelligem blauem Laserlicht statt mit rotem. Vergleichbar ist die Auswahl an verfügbaren Medientypen für beide Systeme; meist bedeutend für Blu-ray-Discs sind dabei die Formate BD-ROM als Festwertspeicher für HD-Kaufvideos von bis zu vier Stunden Abspieldauer und BD-RW als wiederbeschreibbarer Datenträger.

Wiederbeschreibbare Blu-ray-Discs sind wegen ihrer hohen Speicherkapazität von bis zu 50 Gigabyte besonders als Medien für die Archivierung von Computerdaten interessant. Die Aufzeichnung solcher Datenmengen soll aber in deutlich kürzerer Zeit erfolgen als die Wiedergabe eines Spielfilms. Um eine Blu-ray-Disc innerhalb weniger Minuten – statt mehrerer Stunden – beschreiben und wieder einlesen zu können, bedarf es sehr schneller Laufwerke mit entsprechend schneller Elektronik. Diese muss Datentransferraten

ermöglichen, die mindestens um das Zehnfache über der für die HD-Filmwiedergabe erforderlichen Geschwindigkeit liegen.

Eines der Elemente in der Laufwerkselektronik, auf das es hierbei entscheidend ankommt, ist ein kleiner Chip namens PDIC (Photo Detector Integrated Circuit). Seine Aufgabe besteht darin, die von der Blu-ray-Disc reflektierten, hochfrequenten Laserlichtpulse in elektrische Spannungssignale umzuwandeln, aus denen anschließend die gespeicherten Daten zurückerkannt werden können. Am IMMS wurde nun im Rahmen eines vom Land Thüringen geförderten industriellen Verbundforschungsprojekts ein PDIC entwickelt, der das Auslesen von Blu-ray-Discs mit bis zu 12-facher HD-Geschwindigkeit erlaubt – dies entspricht der zurzeit maximal möglichen Rotationsgeschwindigkeit von Blu-ray-Disc-Laufwerken. Die besondere Herausforderung in der Entwicklung des PDIC bestanden dabei in der Erfüllung der sehr hohen Anforderungen an die Bandbreite der Signalverstärkerkette (mindestens 300 MHz) bei gleichzeitiger Minimierung des Rauschens zum Erhalt einer guten Signalqualität.

REALISIERUNG DES PDIC

Im 12x-Blu-ray-Disc-PDIC D3001 des IMMS wird das von einem Fotodiodenfeld empfangene Lichtsignal in

einer mehrstufigen Verstärkerkette aufbereitet. Aus einer Reihe möglicher Systemarchitekturen wurde eine vierstufige Verstärkerkette ausgewählt, deren erste zwei Stufen aus Stromverstärkern für den Fotodiodenstrom bestehen. Im Vergleich mit einer auf Transimpedanzverstärkern basierenden Architektur lassen sich mit Hilfe der Stromverstärker sehr vorteilhaft die von den Laufwerksherstellern geforderten Empfindlichkeitsstufen (gain modes) während des laufenden Betriebs einstellen. Diese Verstärkungsfaktoren sowie die unterschiedlichen Betriebsmodi des PDIC können über eine l²C-Schnittstelle konfiguriert werden.

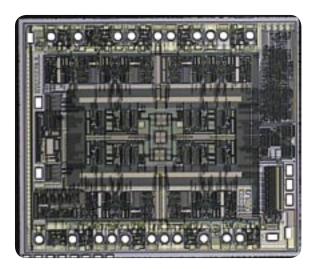
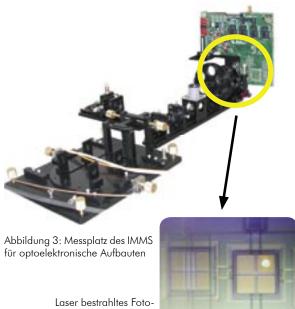


Abbildung 2: Chipfoto des PDIC

Um trotz der aus der Halbleiterfertigung zu erwartenden Prozessparameterschwankungen einen geringen Offset-Fehler der Verstärkerkette (< 10 mV) sicher zu stellen, wurde eine chip-interne Trimmung vorgesehen. Damit sind außerdem sowohl der Biasstrom des PDIC sowie die Verstärkung nachträglich elektrisch abgleichbar. Für einen einfachen und schnellen Produktionstest sorgt eine integrierte DfT-Schaltung (Design for Test). Um die Datensignale verzerrungsarm über das am Ausgang des PDIC üblicherweise angeschlossene Flex-Kabel übertragen zu können, wurde an allen schnellen Ausgängen eine Anpassung an

dessen Wellenwiderstand von 110 Ω vorgenommen. Bei der Erstellung des Layouts wurde auf eine systematische Sternverdrahtung für die Spannungsversorgung der einzelnen Blöcke sowie auf eine korrekte Extraktion der parasitären Widerstände und Kapazitäten geachtet. Der gesamte PDIC D3001 wurde auf einer Chip-Fläche von 5,72 mm² unter Verwendung des Prozesses XBO6PIN der X-FAB Semiconductor Foundries AG realisiert.

Abbildung 2 zeigt ein Foto des von der X-FAB hergestellten Chips. In der Mitte sind die Fotodiodenfelder mit drei Vier-Quadranten-Detektoren sichtbar, wobei eine einzelne Fotodiode jeweils eine Fläche von $50 \times 50 \, \mu \text{m}^2$ einnimmt. Die Verstärkerkette erstreckt sich ausgehend vom Detektorfeld von innen nach außen.



diodenfeld des PDIC

Die Ausgangstreiber sind in die jeweiligen Padzellen integriert. Im unteren Bereich des Fotos sind die Logik für die I²C-Schnittstelle und die Schaltung zur Trimmung und Testunterstützung (links) erkennbar. Der PDIC ist für den Einbau in ein 18-poliges Gehäuse vorgesehen.

MESSPLATZ FÜR FOTODETEKTOREN

Um den gefertigten PDIC messtechnisch charakterisieren zu können, ist eine Messapparatur erforderlich, mit der ein feiner Laserlichtfleck mit einem Durchmesser von 20 μ m mikrometergenau auf dem Fotodiodenfeld positioniert werden kann. Hierzu wurde am IMMS speziell ein neuer Messplatz aufgebaut. Er ermöglicht statische und dynamische Messungen an optoelektronischen Empfängerschaltungen bis zu einer Signalfrequenz von ca. 1 GHz. Dabei ist das Untersuchungsobjekt computergesteuert in allen drei Achsen positionierbar. Gleichzeitig kann die Position des Laserstrahls auf dem Messobjekt zur optischen Kontrolle mit einer Kamera erfasst werden. Abbildung 3 zeigt den Messplatz sowie das vom Laser bestrahlte Fotodiodenfeld des PDIC.

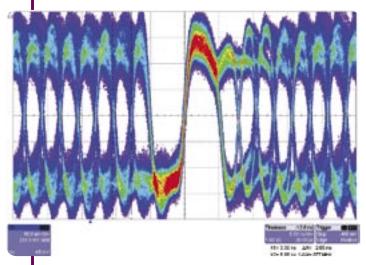


Abbildung 4: Augendiagramm eines Blu-ray-Disc-Bitmusters (2T14T-Muster am differentiellen Ausgang mit einer Periodendauer von 5,2 ns)

MESSERGEBNISSE BEWEISEN ENTWICKLUNGSVORSPRUNG

Abbildung 4 zeigt das Ergebnis einer Messung des dynamischen Verhaltens des PDIC D3001 unter industriellen Testbedingungen. Dargestellt ist die am differentiellen Datensignalausgang (RFP-RFN) des PDIC gemessene Reaktion auf ein 14-Bit-Pseudo-Random-Pattern, mit dem der Laserstrahl moduliert wurde. Das gewählte Datenmuster bildet die realen Verhältnisse auf einer Blu-ray-Disc nach. Die minimale Pulsweite des Musters beträgt 2,6 ns, was der 12-fachen Normal-Geschwindigkeit des Blu-ray-Disc-Systems entspricht. Selbst im Betriebsmodus mit der höchsten Verstärkung ist im gezeigten Augendiagramm eine gute Augenöffnung sichtbar. Das Amplitudenrauschen beträgt ca. 44 Prozent, der Jitter 0,6 ns. Das Ergebnis lässt erwarten, dass auch die von einem Blu-ray-Disc-Laufwerk erzeugten, häufig stark verrauschten Lichtsignale noch gut weiterverarbeitet und decodiert werden können.

FAZIT UND AUSBLICK

Mit dem Fotodetektor-IC D3001 wurde ein komplexer Detektor für Datensignale zur Anwendung in Hochgeschwindigkeits-Blu-ray Disc-Schreib- und Lesesystemen in unserem Institut erfolgreich entwickelt und charakterisiert. Der PDIC D3001 ist einer der wenigen vergleichbaren ICs weltweit, die die 12-fache Blu-ray-Disc-Geschwindigkeit unterstützen. Damit eignet er sich insbesondere für den Einsatz in schnellen Computerlaufwerken zur Datenarchivierung. Durch seinen modularen Aufbau ist der Entwurf sehr einfach an andere Spezifikationen hinsichtlich des Detektorfelds oder der Betriebsmodi anpassbar.

DANKSAGUNG

Die vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des Verbundforschungsprojekts "Modellierung und Optimierung von Fotodioden und DVD-Front-End-Verstärkerschaltungen" (Verbund-Nr. 2006 VF 0046, Teilprojekt-Nr. 2006 FE 0395) durchgeführt. Wir danken dem Land Thüringen und der Thüringer Aufbaubank für die finanzielle Unterstützung und die Betreuung des Vorhabens.

Dipl.-Ing. Holger Pleß, Projektmanager Optoelektronik, Mikroelektronik, holger.pless@imms.de

LITERATURVERZEICHNIS

- [1] Alexander Müller; Selbstreferenzierendes Personalisiertes Miniaturisiertes Dosimeter (PMD) zur Bestimmung individueller Belastungs-Beanspruchungs-Beziehungen, Universitätsverlag Ilmenau, 2009
- [2] Alexander Müller, Tobias Schmidt, Thomas Elste, Martin Sachs, Hannes Töpfer, Hartmut Witte; Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm im Sinne der Lärm- und Vibrations- Arbeitsschutzverordnung mithilfe Personalisierter Miniaturisierter Lärm-Dosimeter (PMD), Lärmbekämpfung, Zeitschrift für Akustik, Schallschutz und Schwingungstechnik, Nr. 3, Mai 2009
- [3] Bundesgesetzblatt: Verordnung zur Umsetzung der EGRichtlinien 2002/44/EG und 2003/10/EG zum Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm und Vibrationen. Bonn: Bundesanzeiger, März 2007
- [4] DIN-EN-61672-1: Elektroakustik Schallpegelmesser, Teil 1: Anforderungen. Beuth Berlin: Deutsches Institut für Normung e.V., Oktober 2003
- [5] Regionaler Wachstumskern CBS, URL: http://www.customerbautronic.de/, BMBF-Förderkennzeichen: 03WKBD3C, Angesehen am 15.12.2009

- [6] IEEE 802.15.4, Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY), Specifications for Low Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs), 2004
- [7] Rossbach T., Götze M., Cervakova E.; Architekturaspekte beim praktischen Einsatz drahtloser Sensornetzwerke, IWK Mittweida, 2008
- [8] Hardware, URL: http://www.plogginternational.com/ploggproducts.html, Angesehen am 16.12.2009
- [9] URL: http://www.atmel.com/products/zigbee/zigbit_modules.asp?family_id=676, Angesehen am 16.12.2009
- [10] Gordeeva, A.; Thesis "Untersuchung zum energieeffizienten Betrieb von Sensorknoten", IMMS GmbH, 2009
- [11] Alexander Rolapp, Roman Paris; Parametric Measurement Unit und Pinelektronik für ein modulares Mixed Signal Testsystem, TuZ 2009, Tagungsband S.86, 2009



FACHARTIKEL

• Jörg Pospiech¹, Renaldo Holzapfel¹, Hannes Töpfer², Rolf Peukert², Karl-Heinz Nebel¹, **Kamera auf Bestellung**, S&l-Kompendium 2009, Video-überwachung, Alarm- & Sicherheitssysteme, S.208, Januar 2009, www.sui24.net

¹AVT GmbH, ²IMMS GmbH

- Boyko Dimov, Volker Boos, Torsten Reich, Christian Lang, Eckhard Hennig, Ralf Sommer, A novel technique for CAD-optimization of analog circuits with bipolar transistors, Advances in Radio Science, 7, S.219-223, 2009
- Murat Isikhan, André Richter, **CMOS low-noise amplifiers for 1.575 GHz GPS applications**, Advances in Radio Science, 7, S.145-150, 2009
- Alexander Rolapp, Roman Paris, Parametric Measurement Unit und Pinelektronik für ein modulares Mixed Signal Testsystem,
 21. Workshop "Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen" (TuZ 2009), Tagungsband S.86, 15.02.-17.02.2009, Bremen
- Michael Meister, Alexander Rolapp, Ingo Gryl, **Test opto-elektronischer Schaltungen unter Verwendung von PXI-Testsystemen**, 21. Workshop "Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen" (TuZ 2009), Tagungsband S.81, 15.02.-17.02.2009, Bremen
- Björn Bieske, **Test differentieller Parameter von HF-Komponenten im GHz-Bereich**, 21. Workshop "Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen" (TuZ 2009), Tagungsband S.35, 15.02.-17.02.2009, Bremen

- Conny Franke¹, Marcel Karnstedt², Daniel Klan², Michael Gertz³, Kai-Uwe Sattler², Wolfram Kattanek⁴, **In-Network Detection of Anomaly Regions in Sensor Networks with Obstacles**, 13. Gl-Fachtagung Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web, 02.03.-06.03.2009, Münster
- Conny Franke¹, Marcel Karnstedt², Daniel Klan², Michael Gertz³, Kai-Uwe Sattler², Elena Chervakova⁴, **In-Network Detection of Anomaly Regions in Sensor Networks with Obstacles**, Computer Science Research and Development, Special issue "BTW 2009 Best Papers", Volume 24, Number 3, ISSN 1865-2034, Springer, 2009

¹University of California, Department of Computer Science, Davis (USA), ²TU Ilmenau, Databases and Information Systems Group (Germany), ³University of Heidelberg, Institute of Computer Science (Germany), ⁴IMMS GmbH (Germany)

• Steffen Michael¹, Klemens Brueckner², Florentina Niebelschuetz², Katja Tonisch², Christoph Schäffel¹, **Parameter Identification of Piezoelectric AlGaN/GaN Beam Resonators by Dynamic Measurements**, 10th EuroSimE 2009, 26.04.-28.04.2009, Delft (Netherlands)

¹IMMS GmbH, ²TU Ilmenau, Institute of Micro- and Nanotechnologies

• Alexander Müller¹, Tobias Schmidt¹, Thomas Elste², Martin Sachs², Hannes Töpfer², Hartmut Witte¹, **Schutz der Beschäftigten vor Gefährdungen durch Lärm im Sinne der Lärm- und Vibrations-Arbeitsschutzverordnung mithilfe Personalisierter Miniaturisierter Lärm-Dosimeter (PMD)**, Fachzeitschrift Lärmbekämpfung, Springer VDI Verlag, 03.05.2009

¹TU Ilmenau, Fachgebiet Biomechatronik, ²IMMS GmbH

- Sven Engelhardt, Elena Chervakova, Wolfram Kattanek, Tobias Rossbach, MSP/AVR-basierte HW/SW-Plattformen für Drahtlose Sensornetzwerke, 10. Workshop Mikrocontroller-Applikationen/Eingebettete Systeme, Hochschule Mittweida, 14.05.2009, Mittweida
- Kay Gastinger¹, Karl H. Haugholt¹, Malgorzata Kujawinska², Michal Józwik², Christoph Schäffel³, Stephan Beer⁴, **Optical, mechanical and electro-optical design of an interferometric test station for massive parallel inspection of MEMS and MOEMS**, Paper 7389-56, SPIE Europe Optical Metrology, 14.06.-18.06.2009, München
- ¹SINTEF (Norway), ²Warsaw University of Technology (Poland), ³IMMS GmbH (Germany), ⁴Ctr. Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA (Switzerland)
- Thomas Ortlepp¹, Torsten Reich², Ronny Stolz³, **System design of a digital superconducting magnetic field sensor**, 54. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, 07.09.-11.09.2009, TU Ilmenau
- ¹TU Ilmenau, Institute of Information Technology, ²IMMS GmbH, ³Institute of Photonic Technology, Quantum Detection Department, Jena
- Elena Chervakova¹, Daniel Klan², Tobias Rossbach¹, **Energy-optimized Sensor Data Processing**, 4th EuroSSC 2009, http://info.ee.surrey.ac.uk/CCSR/EuroSSC/2009/, Proceedings pp. 35-38, 16.09.-18.09.2009, The University of Surrey, Centre for Communication Systems Research, Guildford (UK)
- ¹IMMS GmbH (Germany), ²TU Ilmenau, Department of Computer Science & Automation (Germany)

- Ahmed Amar¹, Wolfram Glauert², **Basic Design Challenges for Logical Gates Using Non-Standard Technologies or Circuit Concept Approaches**, 3. GMM/GI/ITG-Fachtagung "Zuverlässigkeit und Entwurf", 21.09.-23.09.2009, Stuttgart
- ¹IMMS GmbH, ²Uni Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Zuverlässige Schaltungen und Systeme
- Sven Engelhardt, Elena Chervakova, Tobias Rossbach, Wireless Sensornetzwerke mit Multisensorik in der Gebäudeautomation, Wireless Technologies Kongress 2009, 29.09.-30.09.2009, Stuttgart
- Malgorzata Kujawinska¹, Kay Gastinger², Michal Jozwik¹, Karl H. Haugholt², Christoph Schäffel³, Stephan Beer⁴, An interferometric test station for massive parallel inspection of MEMS and MOEMS, Photonics Letters Of Poland, Vol. 1 (2), 2009
- ¹Warsaw University of Technology (Poland), ²SINTEF (Norway), ³IMMS GmbH (Germany), ⁴Ctr. Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA (Switzerland)
- Katja Tonisch¹, Wael Jatal¹, Ralf Granzner², Mario Kittler², Uwe Baumann³, Frank Schwierz², Jörg Pezoldt¹, **2H-AlGaN/GaN HEMTs on 3C-SiC(111)/Si(111) substrates**, 13. Internationale ICSCRM, 11.10.-16.10.2009, Nürnberg
- ¹TU Ilmenau, Institut für Mikro- und Nanotechnologien, FG Nanotechnologie, ²TU Ilmenau, Institut für Mikro- und Nanotechnologien, Fachgebiet Festkörperelektronik, ³IMMS GmbH

- Jens Bräutigam, Marco Götze, **Workflow zur Abbildung von Reglermodellen auf eine DSP-Plattform mit Ethercat-Anbindung**, Wissenschaftliche Berichte, Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule Mittweida, Band Informatik, 11. Informatik-Tag, Nr. 6, 2009, ISSN 1437-7624, 20. Wissenschaftliche Konferenz Mittweida, 28.10.-29.10.2009, http://www.htwm.de/tagungen/
- Roland Syba¹, Mario Hahn², **Fortschritte bei der Verifikation von hardwarenaher Software**, eda Newsletter des edacentrums, Projekt Herkules, 10/2009

¹Melexis GmbH, ²IMMS GmbH

• Dr. Volker Großer¹, Dr. Detlef Heydenbluth², Prof. Dr. Ralf Moos³, Dr. Dirk Rein⁴, Josef Sauerer⁵, Dr. C. Thomas Simmons⁴, Dr. Wolfgang Sinn⁶, Prof. Dr. Roland Werthschützky⁷, Prof. Dr. Jürgen Wilde⁸, **Sensor-Trends 2014**, Trends in zukunftsorientierten Sensortechnologien, AMA-Fachverband für Sensorik e.V., 10/2009, Berlin

¹Fraunhofer IZM Berlin, ²TU Ilmenau, Institut Prozessmess- und Sensortechnik, Ilmenau, ³Universität Bayreuth, Lehrstuhl für Funktionsmaterialien, ⁴AMA Fachverband Berlin, ⁵Fraunhofer IIS Erlangen, ⁶IMMS GmbH, ⁷TU Darmstadt, Institut für Elektromechanische Konstruktionen, ⁸Universität Freiburg, Institut für Mikrosystemtechnik

- Steffen Michael, Parameter Identification of MEMS Membrane and Beam Structures by Modal Analysis and Dynamic Measurements, ANSYS Conference & 27. CADFEM Users' Meeting, 18.11.- 20.11.2009, Leipzig
- Hannes Töpfer¹, Thomas Ortlepp², **Design infrastructure for Rapid Single Flux Quantum circuits**, Cryogenics Volume 49, Issue 11, 11/2009, 643-647, ISSN 0011-2275, www.elsevier.com/locate/cryogenics

¹IMMS GmbH, ²TU Ilmenau, Institute of Information Technology

VORTRÄGE

- Marco Reinhard, **Transfer der dynamischen Charakterisierung von Fotodioden auf Wafer-Ebene**, Multi-Nature Systems: Entwicklung von Systemen mit elektronischen und nichtelektronischen Komponenten, 7. GI/GMM/ITG-Workshop, 03.02.2009, Ulm
- Tobias Rossbach, Elena Chervakova, **Drahtlose Sensor-Aktor-Netzwerke**, Bericht zum Projekt CBS Costumer Bautronic Systems, Arbeitsgruppe 3, Nutzerintegrierte operative Gebäudesteuerung FKZ BMBF-03WKBD3C, CeBit 2009, 02.03.2009, Hannover
- Klaus Förster, **PXI-basierte Testplattformen für die Halbleiterindustrie**, 9. ATE –Technologietag, 01.04.2009, Radolfzell
- Boyko Dimov, Entwurf von SC-Schaltungen
 Grundlagen und grundlegende Probleme,
 Mikroelektronik-Seminar, 02.04.2009, Erfurt
- André Puschmann, **Quantitative analysis** of system initialization in embedded Linux systems, Embedded Linux Conference 2009, 06.04.2009, San Francisco, CA (USA)
- Murat Isikhan, A Novel Low-Voltage Bandgap Reference Topology, 21. Mikroelektronik-Seminar, 16.04.2009, Erfurt
- Alexander Rolapp, Roman Paris, Parametric Measurement Unit and Pin Electronics for modular Mixed Signal Test Systems, Chip, Packaging, Design, Simulation and Test – International Conference, Workshop and Table-top Exhibition "Semiconductor Conference Dresden 2009" (SCD 2009), 29.04.-30.04.2009, Dresden

- Ingo Gryl, Volker Schulze, Application of a Modular Test System for Mixed Signal Tests, Chip, Packaging, Design, Simulation and Test International Conference, Workshop and Table-top Exhibition "Semiconductor Conference Dresden 2009" (SCD 2009), 29.04.-30.04.2009, Dresden
- Ahmed Amar, Boyko Dimov, Christian Lang, Jacek Nowak, Torsten Reich, **Pre- und Postlayout Analysis of Switched-Capacitor Circuits**, 22. Mikroelektronik-Seminar, 30.04.2009, Erfurt
- Tobias Rossbach, **Das Internet der Dinge Ipv6 in drahtlosen Sensor-Aktor-Netzwerken**, 4. Silicon Saxony Day, 12.05.-13.05.2009, Dresden
- Steffen Michael, **Test und Charakterisierung** von **MEMS mittels dynamischer Messung am Beispiel von Membranstrukturen und Resonatoren**, 4. Silicon Saxony Day, 12.05.-13.05.2009, Dresden
- Wolfgang Sinn, **GALILEO-Regionale Initiativen in Deutschland & Konvergenz zu anderen Innovationen**, 4. Silicon Saxony Day, 12.05.-13.05.2009, Dresden
- Torsten Erbe¹, Renè Theska¹, Astrid Frank², Frank Spiller², **Strukturauswahl von Positioniersystemen durch Betrachtung der Funktionstopologie**, VDI/VDE-Tagung "Mechatronik 2009", 12.05.-13.05.2009, Wiesloch
- ¹TU Ilmenau, Institut für Maschinen- und Gerätekonstruktion, Fachgebiet Feinwerktechnik, ²IMMS GmbH
- Sven Engelhardt, Elena Chervakova, Wolfram Kattanek, Tobias Rossbach, MSP/AVR-basierte HW/ SW-Plattformen für Drahtlose

- **Sensornetzwerke**, 10. Workshop Mikrocontroller-Applikationen/Eingebettete Systeme, Hochschule Mittweida, 14.05.2009, Mittweida
- Thomas Elste, Embedded Linux powering a mobile Audio Dosimeter, CrossBorder Linux OpenSource Conference, 12.06.2009, Flensburg
- Pascal Febvre¹, Torsten Reich¹,², Michel Auguste³, Daniel Boyer³, Alain Cavaillou³, Georges Waysand³, Rémi Blancon⁴, Thomas Ortlepp⁵, F. Hermann Uhlmann⁵, Juergen Kunert⁶, Ronny Stolz⁶, and Hans-Georg Meyer⁶, **Digital Magnetometers Based On the Single-Flux-Quantum Technique**, SSV2009-JSPS Joint Workshop, 15.06.-17.06.2009, Kyushu University, Fukuoka (Japan)

¹University of Savoie, Institute de Microélectronique Electromagnétisme et Photonique and Laboratoire d'Hyperfréquences et de Cractérisation, Le Bourget du Lac Cedex (France), ²IMMS GmbH (Germany), ³Laboratoire Souterrain à Bas Bruit, La Grande Combe, Rustrel (France), ⁴Université d'Avignon, Département de Physique, Avignon (France), ⁵TU Ilmenau, Institute of Information Technology, Ilmenau (Germany), ⁶Institute of Photonic Technology, Quantum Detection Department, Jena (Germany)

- Reinhard Kindt, Arbeitsetappen, Erkenntnisse und Erfahrungen bei der Systematisierung des Entwurfs von zyklischen ADU in SC-Technik am IMMS (1999-2009), 28. Mikroelektronik-Seminar, 01.07.2009, Erfurt
- Volker Boos, **Tools zur Analyse, Dokumentation und Wiederverwendung von Schaltungstopologien**, 31. Mikroelektronik-Seminar, 15.07.2009, Erfurt
- Torsten Reich, **Post-Layout Optimierung unter Verwendung eines "Automatic Device Type Selection"-Algorithmus**, 33. Mikroelektronik-Seminar, 20.08.2009, Erfurt

- Murat Isikhan, **Tool-Unterstützung für "System in Package"**, 34. Mikroelektronik-Seminar, 03.09.2009, Erfurt
- Elena Chervakova, Tobias Rossbach, **Techniques** and systems for indoor localization in wireless sensor networks, 54. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium 2009, 07.09.-11.09.2009, TU Ilmenau
- Tobias Rossbach, Axl Schreiber, Sven Engelhardt, Wolfram Kattanek, Elena Chervakova, Long Life Sensor Moduls – Challenges for Hardware Design and MAC Algorithms, 54. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium 2009, 07.09.-11.09.2009, TU Ilmenau
- Björn Bieske, Klaus Gille, Design and Characterization of RF Cells and RF ICs using different Technologies up to 6 GHz, 54. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium 2009, 07.09.-11.09.2009, TU Ilmenau
- Wei Wu, **3D-EM-Simulation als Entwurfsunterstützung**, 35. Mikroelektronik-Seminar, 09.09.2009, Erfurt
- André Richter, **Der Weg von Mess-/Simulationsergebnissen zum Modell (Model Order Reduction**), 36. Mikroelektronik-Seminar, 15.09.2009, Erfurt
- Michael Meister, Dirk Nuernbergk, **Neue Test-strukturen zur Messung von Matching und Alterung an MOS-Transistoren**, Zuverlässigkeit und Entwurf (ZuE 2009), 21.09.- 03.09.2009, Stuttgart
- Wolfgang Sinn, GALILEO-Regionale Initiativen in Deutschland & Konvergenz zur Identifikation, Wissenschaft trifft Logistik, 21.09.2009, Erfurt

- Dagmar Kirsten, **Analogwertspeicherung mit Floating-Gates Speicherzellen und Anwendung**, 37. Mikroelektronik-Seminar, 24.09.2009, Erfurt
- Malgorzata Kujawinska¹, Kay Gastinger², Michal Jozwik¹, Karl H. Haugholt², Christoph Schäffel³, Stephan Beer⁴, **An interferometric test station for massive parallel inspection of passive and active M(O)EMS**, 3rd Topical Meeting on Optical Microsystems, 27.09.-30.09.2009, Capri

¹Warsaw University of Technology (Poland), ²SINTEF (Norway), ³IMMS GmbH (Germany), ⁴Ctr. Suisse d'Electronique et de Microtechnique SA (Switzerland)

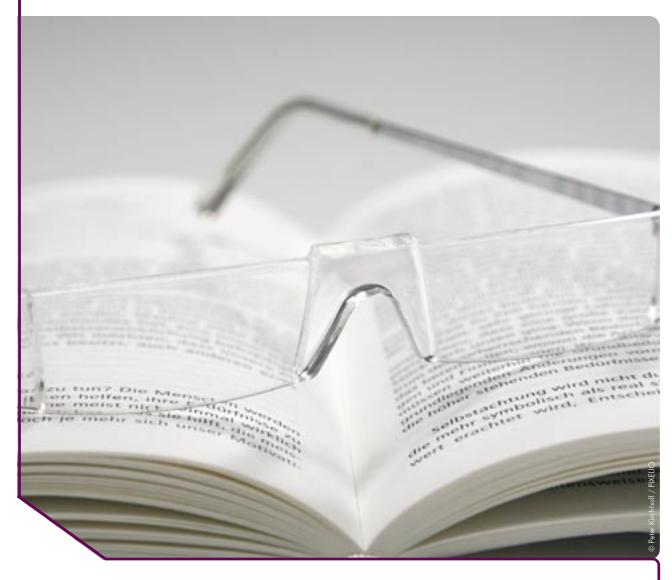
- Sven Engelhardt, Elena Chervakova, Tobias Rossbach, Wireless Sensornetzwerke mit Multisensorik in der Gebäudeautomation, Wireless Technologies Kongress 2009, 29.09.-30.09.2009, Stuttgart
- Norbert Zeike, Christoph Schäffel, Frank Spiller, Planare hochdynamische Direktantriebe für den Sub-μm-Bereich mit großen Verfahrwegen, ETG-Kongress 2009, Direktantriebe in Produktionsmaschinen und Industrieanlagen Generatoren und Antriebe in regenerativen Kraftwerken, 27.10.-28.10.2009, Düsseldorf
- Wolfgang Sinn, **Wege in die Zukunft Der Fahrplan zum Erfolg**, ELMUG Best-Practice-Workshop, 28.10.2009, Ilmenau
- Eckhard Hennig, **Design and Optimization of a High-Speed Blu-ray-Disc Photodetector IC**, MunEDA User Group Meeting 2009 (MUGM2009), 12.11.-13.11.2009, München
- Dominik Krauße¹, Eric Schäfer², Jacek Nowak², Ralf Sommer², Eckhard Hennig², **Analysis** of Frequency-optimized Transimpedance

Amplifiers in X-FAB 600nm BiCMOS Technology, MunEDA User Group Meeting 2009 (MUGM2009), 12.11.-13.11.2009, München

¹TU Ilmenau, Fachgebiet Elektronische Schaltungen und Systeme, ²IMMS GmbH

- Jun Tan, Entwurf eines schnellen Operationsverstärkers in einer 0,35-µm CMOS Technologie, 40. Mikroelektronik-Seminar, 16.11.2009, Erfurt
- Wolfgang Sinn, **Entwicklungstrends von Sensortechnologien**, 2. ELMUG-Branchentag, 18.11.2009, Erfurt

- Wolfgang Sinn, **Verkehr und Logistik Zu-kunftsprojekte für RFID**, 3. Dresdner RFID-Symposium, 10./11.12.2009, Dresden
- Torsten Reich, Boyko Dimov, Christian Lang, Volker Boos, Eckhard Hennig, A Post-Layout Optimization Method With Automatic Device Type Selection for BiCMOS Analog Circuits, International Conference on Electronics Circuits and Systems, 13.12.-16.12.2009, Hammamet, Tunesien



POSTERPRÄSENTATIONEN

- Steffen Hesse, Christoph Schäffel, **DFG Begutachtung**, **SFB 622 "Nanopositionier- und Nanomesssysteme"**, Teilprojekt A5, Nanopositioniersysteme großer Bewegungsbereiche, Forschungsergebnisse 2005-2009, 11.02.-12.02.2009, TU Ilmenau
- Steffen Hesse, Christoph Schäffel, **DFG Begutachtung**, **SFB 622 "Nanopositionierund Nanomesssysteme"**, **Teilprojekt A5**, **Nanopositioniersysteme großer Bewegungsbereiche**, **Forschungsziele 2009-2013**, 11.02.-12.02.2009, TU Ilmenau
- Ingo Gryl, Volker Schulze, **Einsatz eines Modularen Test-Systems für Mixed Signal Tests**, 21. Workshop "Testmethoden und Zuverlässigkeit von Schaltungen und Systemen" (TuZ 2009), Tagungsband S.129, 15.02.-17.02.2009, Bremen
- Dagmar Kirsten, Volker Schulze, Dirk Nuernbergk, One-step autozeroing two-stage amplifier with floating-gate memory cells, DATE 2009, 20.04.-24.04.2009, Nizza, France
- Volker Boos, Ralf Sommer, Eckhard Hennig, Gaining Insight into Analog Circuit Behavior –
 Tools and Extensions to Cadence DFII, CDN-Live! EMEA 2009 Conference, 18.05.-20.05.2009, München
- Volker Boos, **Tools zur Dokumentation und Wiederverwendung von Schaltungstopologien**, edaWorkshop09, 26.05.-28.05.2009, Dresden
- Elena Chervakova, Tobias Rossbach, **Techniques** and systems for indoor localization in wireless sensor networks, 54. Internationales Wissenschaftliches Kolloquium 2009, 07.09.-11.09.2009, TU Ilmenau

• Elena Chervakova¹, Daniel Klan², Tobias Rossbach¹, **Energy-optimized Sensor Data Processing**, 4th EuroSSC 2009, 16.09.-18.09.2009, Centre for Communication Systems Research, The University of Surrey, Guildford, UK

¹IMMS GmbH (Germany), ²TU Ilmenau, Department of Computer Science & Automation (Germany)

- Jens Bräutigam, Marco Götze, **Workflow zur Abbildung von Reglermodellen auf eine DSP-Plattform mit Ethercat-Anbindung**,
 Wissenschaftliche Berichte, Wissenschaftliche Zeitschrift der Hochschule Mittweida, Band Informatik,
 11. Informatik-Tag, Nr. 6, 2009, ISSN 1437-7624,
 20. Wissenschaftliche Konferenz Mittweida, 28.10.29.10.2009, Mittweida
- Norbert Zeike, Christoph Schäffel, Volker Bornmann, **Spezifische Entwicklung von Linearmotoren**, IENA Internationale Fachmesse "Ideen-Erfindungen-Neuheiten", 05.11.-08.11.2009, Nürnberg
- Murat Isikhan, Torsten Reich, André Richter, Eckhard Hennig, **A New Low Voltage Bandgap Reference Topology**, International Conference on Electronics Circuits and Systems, 13.12.-16.12.2009, Hammamet (Tunesien)

PATENTANMELDUNGEN

- Steffen Richter, Dirk Nuernbergk, Sonja Richter, Dagmar Kirsten, **EEPROM-Speicherzelle und ihr Auswahltransistor**
- Christoph Schäffel, Volker Bornmann, Dominik Karolewski, Michael Katzschmann, Jorge-Amado Whittingham-Gonzalez, Linearantriebsanordnung mit feststehendem Magnetkreis und stromdurchflossener, bewegter Spule

- Christoph Schäffel, Volker Bornmann, Michael Katzschmann, Dominik Karolewski, Jorge-Amado Whittingham-Gonzalez, **Vorrichtung und Verfahren zum Detektieren der Reibungen in Führungen**
- Christoph Schäffel, Volker Bornmann, Michael Katzschmann, Dominik Karolewski, Thorsten Maaß,
 6D Messsystem
- Christoph Schäffel, Norbert Zeike, Frank Spiller, Hans-Ulrich Mohr, Steffen Hesse, Volker Bornmann,
 Feldgeführter planarer Präzisionsantrieb mit einem luftgelagerten Läufer
- Christoph Schäffel, Norbert Zeike, Frank Spiller, Hans-Ulrich Mohr, Steffen Hesse, Volker Bornmann, **Präzisionsplanarpositionieranordnung**
- Christoph Schäffel, Norbert Zeike, Ulrich Preisser, Jürgen Heise, **Präzisionslinearantrieb**

DISSERTATIONEN

• Torsten Reich, **Development of a digital SQUID magnetometer for widely varying fields in urban environment**, Oktober 2009, TU Ilmenau

VERANSTALTUNGEN

embedded world Messe,

03.03.-05.03.2009, Nürnberg

CeBIT,

02.03.-06.03.2009, Hannover

Hannover Messe, OSADL-Konferenz "Open Source meets Industry",

22.04.2009, Hannover

Bonding,

04.05.2009, Dresden

4. Silicon Saxony Day,

12.05.-13.05.2009, Dresden

Sensor+Test - Messtechnik-Messe,

26.05.-28.05.2009, Nürnberg

54th IWK – Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, TU Ilmenau,

07.09.-10.09.2009, Ilmenau

Wirtschaft trifft Wissenschaft, TU Ilmenau

23.09.2009, Ilmenau

MNT-Fachmesse,

19.10.2009, Erfurt

Inova,

20.10.-21.10.2009, Ilmenau

IENA – Internationale Fachmesse "Ideen – Erfindungen – Neuheiten",

05.11.-08.11.2009, Nürnberg

Lange Nacht der Wissenschaft,

06.11.2009, Erfurt

Branchentag ELMUG,

18.11.2009, Erfurt

SPS/IPC/Drives 2009 – Elektrische Automatisierung – Systeme und Komponenten,

24.11.-26.11.2009, Nürnberg

PRECISION FAIR 2009,

ELMUG-Gemeinschaftsstand, 02.12.-03.12.2009, Veldhoven / Eindhoven (NL)

Innovationstag Thüringen,

08.12.2009, Erfurt



DAS IMMS-TEAM









www.imms.de



Anfahrt – Kontakt



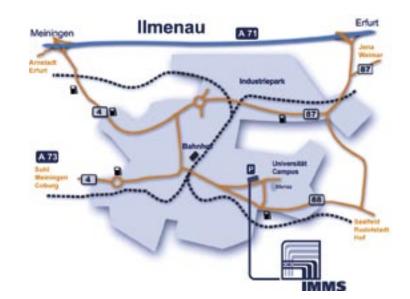
INSTITUT FÜR MIKROELEKTRONIK- UND MECHATRONIK-SYSTEME GEMEINNÜTZIGE GMBH

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"

