

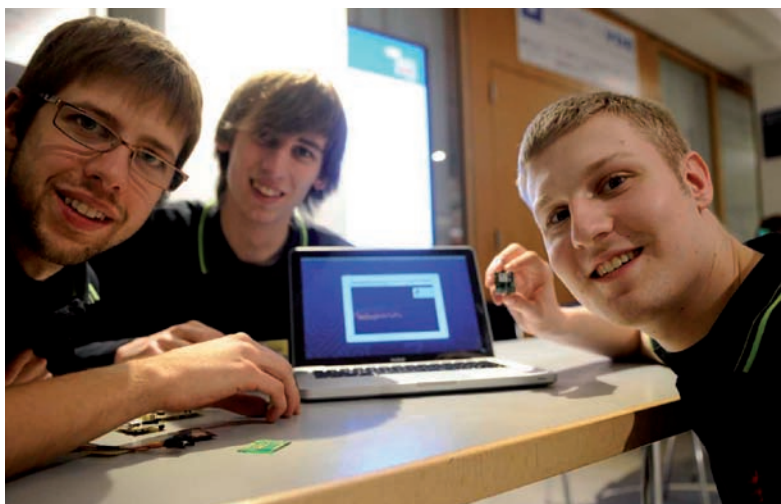
# GMM

## VDE/VDI-GESELLSCHAFT MIKROELEKTRONIK, MIKROSYSTEM- UND FEINWERKTECHNIK

Wie bereits in den beiden letzten Ausgaben der Mechatronik angekündigt, geht die Vorstellung der Projekte COSIMA 2010 in die dritte und letzte Runde: Im Folgenden berichten wir über zwei weitere Teams, die ihre Projekte im Rahmen des VDE-Kongresses im November 2010 in Leipzig präsentiert haben.

## COSIMA 2010 – Projekt MFTrainer

■ Jeder dritte Deutsche leidet unter Rückenschmerzen. Sie führen zu mehr Arbeitsausfalltagen als Erkältungen, Bronchitis und Grippe. Eine der Hauptursachen für Rückenschmerzen sind ungünstige Sitzhaltung am Arbeitsplatz und mangelnde Bewegung. Es sind zwar Bildschirmschoner und andere Programme verfügbar, die an regelmäßige Pausen erinnern sollen. Diese Programme sind jedoch unflexibel und passen sich nicht an die tatsächliche Arbeitssituation an.



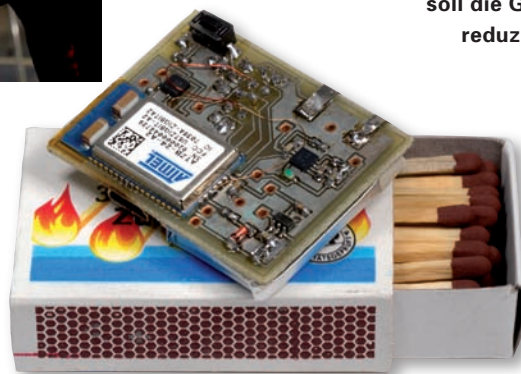
Von links nach rechts: Sebastian Steinmetz, Andreas Hiemstra, Axel Jäger. Nicht auf dem Foto: Florian Ripp

Das Konzept des MFTrainers sieht hingegen eine kontinuierliche Überwachung der Aktivität eines Büroarbeiters in Echtzeit vor. Dazu wird das etwa streichholzschachtelgroße Gerät zum Beispiel in der Hosentasche getragen. Über eine Funkschnittstelle werden Bewegungsdaten an den PC übertragen und dort analysiert. Stellt die PC-Software mangelnde Bewegung fest, fordert die Software

zu einer Pause auf und macht Vorschläge zu geeigneten Übungen. Werden jedoch regelmäßig Aktivitäten, wie zum Beispiel ein Gang zum Kopierer erkannt, so unterbleibt auch eine Warnung des MF-Trainers. So werden Übungen nur eingefordert, wenn eine längere Zeit ohne Pause am Schreibtisch verbracht wurde.

Wesentliche Komponenten des Systems sind ein integriertes Funkmodul mit Mikrocontroller sowie ein Beschleunigungssensor vom Typ Bosch BMA150. Ein LiPo-Akku mit 180 mAh speist das System. Auf Grund der verwendeten Funkschnittstelle, wird die Reichweite des Systemes umso größer, je mehr Geräte in einer Büroumgebung im Einsatz sind. Herausforderungen waren neben der hohen Funktionsintegration, um die Anforderungen an den Bauraum zu erfüllen, die sichere Unterscheidung von Aktivitäten und die optisch ansprechende Präsentation auf dem PC, um eine hohe Akzeptanz bei den Benutzern zu erreichen.

**Die Abbildung zeigt einen ersten Funktionsdemonstrator des MFTrainer. Mit einem überarbeiteten Platinenlayout soll die Größe weiter reduziert werden.**



# COSIMA-Wettbewerb – Projekt R-GoPEN



v.l.n.r.: Elisabeth Wilhelm, Monika Jans, Jürgen Prokop, Florian Follath

■ Das Team R-GoPEN des KIT (Gemeinschaftsprojekt des IMF III, IPEK und KIZE Maulbronn) hat sich mit einem System zur systematischen Erfassung von Beschleunigungen und Kräften beim Schreiben beschäftigt. Das Ziel des Projektes ist es

Mikrosysteme einzusetzen, um die Diagnose- und Therapie von graphomotorischen Problemen bei Kindern im Vorschulalter zu verbessern. Dazu wurde ein Schreibstift für Kinder mit zugehöriger Software realisiert, mit dem Kräfte und Bewegungen während des Schreibvorgangs bestimmt und in Echtzeit an einen Computer gesendet werden. Ohne genaue Analyse und Darstellung der Zusammenhänge ist es schwer, die Defizite bei Kindern mit Schreibschwäche erfolgreich zu behandeln. Im Rahmen des Wettbewerbs wurde ein erster realitätsnaher Prototyp samt zugehöriger Software entwickelt.

Die Herausforderungen in diesem Projekt lagen neben der Realisierung der Hardware und Software auch in der Anordnung der Sensoren und Verarbeitung der Signale. So wurden Leiterplatten entwickelt und zahlreiche Messkurven aufgenommen, um die Widerstandswerte der Kraftsensoren in reale Kräfte umzurechnen. Am Ende konnte in Leipzig ein funktionierender Prototyp präsentiert werden. Projektbeteiligt waren Florian Follath, Monika Jans, Jürgen Prokop und Elisabeth Wilhelm. Von Seiten der Industrie wurde das Projekt von 3D-Labs.de, Bosch und der Faulhabergruppe unterstützt.

Das entwickelte Diagnose- und Therapiesystem wurde mittlerweile von einem Gründerteam aufgegriffen und die Weiterentwicklung wird als erste Produktreihe der Ausgründung aus dem KIT unter dem Namen *adiuvo.pen* vertrieben werden. Weitere Informationen zur Unternehmensgründung und ein kurzes Video finden Sie unter [www.iuvaris.de](http://www.iuvaris.de).

## GMM-TERMINE IM ÜBERBLICK

04.05. – 05.05.2011, Dortmund  
**2. GMM-Fachtagung Automotive meets Electronics – AmE 2011**  
[www.AmE2011.de](http://www.AmE2011.de)

19.07. – 20.07.2011, Linz  
**Engineering of Functional Interfaces EnFI 2011**  
 4. GMM Workshop  
[www.enfi-2011.eu](http://www.enfi-2011.eu)

20.09. – 21.09.2011, Berlin  
**2. VDE/ZVEI-Symposium Mikroelektronik**  
[www.mikroelektronik-symposium.de](http://www.mikroelektronik-symposium.de)

10.10. – 12.10.2011, Darmstadt  
**Mikrosystemtechnik Kongress 2011**  
[www.mikrosystemtechnik-kongress.de](http://www.mikrosystemtechnik-kongress.de)

07. – 09.11.2011, Erlangen  
**ANALOG 2011 – Entwicklung von Analogschaltungen mit CAE-Methoden**  
**12. GMM/ITG-Fachtagung**  
[www.analog11.de](http://www.analog11.de)

15.11.2011, Zwickau  
**EMV Spezial – EMV von Elektro- und Hybridfahrzeugen**  
**1. GMM-Fachtagung**  
[www.emv-elektrofahrzeuge.de](http://www.emv-elektrofahrzeuge.de)

17. – 18.01.2012, Dresden  
**The 28th European Mask and Lithography Conference EMLC 2012**  
[www.EMLC2012.com](http://www.EMLC2012.com)

14. – 15.02.2012, Fellbach  
**Elektronische Baugruppen und Leiterplatten EBL 2012**  
**6. DVS/GMM-Tagung**  
[www.ebl-fellbach.de](http://www.ebl-fellbach.de)

# GMM

VDE/VDI-GMM-Geschäftsstelle  
 Dr.-Ing. Ronald Schnabel  
 Stresemannallee 15  
 D-60596 Frankfurt  
 Tel. 069 6308-227  
 Fax 069 6308-9828  
 E-Mail [gmm@vde.com](mailto:gmm@vde.com)

## Mikroelektronik: Maskenherstellung

# Der Innovationswettbewerb um die besten Maskentechnologien hält unvermindert an

Nach wie vor herrscht in der Halbleiterindustrie ein großer Bedarf an innovativen Maskentechniken, die dem Trend nach immer feineren und kompakteren Strukturen gerecht werden. Wurde bereits zu Beginn des 21. Jahrhunderts das Ende lichtoptischer Techniken prophezeit, so ist es im Laufe der Jahre mit technischen Tricks gelungen, deren Grenzen immer weiter in den Bereich der so genannten „sub wavelenght“ auszudehnen. Unter den nichtoptischen Methoden wird die Lithographie mit extrem kurzwelligem UV-Licht (EUV) favorisiert, wobei die Herstellung defektfreier Masken eine große technologische Herausforderung darstellt. Über die jüngsten Entwicklungen diskutierten auf der von der VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik (GMM) veranstalteten Fachtagung „27th European Mask and Lithography Conference, EMLC 2011“ vom 18. bis 19. Januar in Dresden rund 160 Experten aus aller Welt.

■ Von den insgesamt 38 Präsentationen stammten 27 aus Europa. Die meisten Redner kamen aus Deutschland (19), gefolgt von den Niederlanden (6), den USA (5), Japan (3) und Frankreich (3). In den letzten Jahren hat sich der Trend zur internationalen Zusammenarbeit weiter verstärkt. „Einige Firmen haben ihre Ergebnisse gemeinsam vorgestellt“, erläutert EMLC-Conference-Chairman Dr. Uwe Behringer, Geschäftsführer der Unternehmensberater Firma UBC Microelectronics. So hätten Unternehmen wie Carl Zeiss mit acht und ASML mit insgesamt sieben Beiträgen eine sehr gute Repräsentanz gezeigt.

### Extrem-UV – die (noch) unausgereifte Zukunftstechnologie

Das Thema EUV-Masken gehörte erwartungsgemäß zu den Schwerpunkten der Tagung. Insgesamt zwei von SEMATECH organisierte Sessions mit insgesamt acht Vorträgen waren daher dieser Technologie gewidmet. „Das Hauptproblem bei Extrem-UV liegt weiterhin in der Herstellung defektfreier Masken“, erklärte Behringer. Die damit verbundenen technologischen Herausforderungen seien aber erheblich. So wird zur Generierung des „EUV-Lichts“ ein starker Laser eingesetzt, der auf ein Wolfram-Target gelenkt wird. Die dabei entstehende Röntgenstrahlung liegt mit einer Wellenlänge von 13,5 Nanometern im Grenzbereich zwischen Extrem-UV und weicher Röntgenstrahlung. Im Gegensatz zum sichtbaren Licht, bei dem die Strukturen der Maske 4:1 verkleinert auf den Wafer abgebildet werden, lässt sich die extrem kurzwellige Strahlung nicht mit Hilfe von Linsensystemen verkleinern oder vergrößern. Stattdessen wird die Strahlung über einen Kondensator und mehrere Spiegel auf die Maske geleitet. Da das Röntgenlicht die Maske nicht durchdringen kann, werden die Strukturen der Maske durch Bragg-Reflexion weitergeleitet. Die Maske wirkt hier also eher wie ein Spiegel. Zur Verkleinerung der Strukturen in der Maske um den Faktor 4 sind weitere 6 bis 8 Spiegel erforderlich. Von diesen Spiegeln reflektiert jeder allerdings nur



rund 70 Prozent des eingestrahnten EUV-Lichts. Das bedeutet, dass weniger als 10 Prozent der ursprünglichen Röntgenstrahlen am Wafer zur Belichtung zur Verfügung stehen, was enorme Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des verwendeten Lasers voraussetzt. Behringer bringt die Herausforderung auf den Punkt: „Da der Laser extrem stark sein muss, schlägt dieser auch sehr viel Material aus dem Wolfram-Target heraus“. Die Folge sei, dass der erste Kondensator, der rund 50.000 Euro koste, nahezu jede Woche ausgewechselt werden müsse.

Als Alternativen sind weiterhin unter anderem die Lithographie mit Elektronenstrahlen (E-Beam) sowie das Double-Exposure- und Double-Patterning-Verfahren im Gespräch. Ersteres ist ein maskenloses Verfahren, das auch kurz als ML2 „Maskless Lithography“ bezeichnet wird. Bei dieser Methode werden die Designstrukturen direkt von vielen kleinen Elektronenstrahlen auf den Wafer geschrieben. Ein

Nachteil der Methode ist die geringe Geschwindigkeit des Verfahrens, die vom Leistungsvermögen einer guten lichtoptischen Maschine mit einem Durchsatz von 120 Wafern pro Stunde noch weit entfernt ist. Beim Double-Patterning-Verfahren versucht man wiederum, feine Strukturen mit Hilfe einer Doppelbelichtung zu generieren. Dabei wird zunächst ca. die Hälfte der Strukturen mit der maximal erreichbaren optischen Auflösung auf den Wafer übertragen und anschließend prozessiert. In einem zweiten Schritt wird der Wafer neu mit einem lichtempfindlichen Photolack beschichtet und in einem neuen Belichtungsschritt wird die andere Hälfte der Strukturen auf den Wafer übertragen. Grund für diesen extremen Aufwand ist die Tatsache, dass bei der Übertragung dicht beieinander stehender Maskenstrukturen der so genannte „Proximity Effekt“ auftritt. Dieser bewirkt, dass sich eng beieinander stehende Strukturen bei der Übertragung gegenseitig „sehen“ und damit stören. Die Auswirkung ist eine lokale Überbelichtung der Strukturen. Die technologische Herausforderung besteht vor allem in der exakten Überlagerung der sich komplementär ergänzenden Strukturen.

Zum Nano-Imprint wurden anlässlich der Tagung keine grundlegenden Neuerungen vorgestellt. Dahinter verbirgt sich ein Prägeverfahren, bei dem zuerst ein Stempel mittels Elektronenstrahlithografie und anschließendem Ätzen strukturiert wird. Dieses sogenannte Template, auf dem sich Strukturen bis zu 20 nm darstellen lassen, wird in ein niederviskoses Polymer auf der Siliziumscheibe gepresst. Eine nachfolgende UV-Bestrahlung lässt das Polymer aushärten, und der Stempel wird vom Substrat getrennt. Ähnlich wie beim Double-Patterning ist es aber schwierig, beim Auftrag mehrerer Schichten eine befriedigende Überlagerungspräzision zu erzielen. „Die Technologie hat aber ihre Nischen gefunden“, erläutert Behringer. So eigne sich das Verfahren sehr gut zur Strukturierung von CDs für Musik und andere Anwendungen, bei denen nur eine Schicht strukturiert werde.

### Intelligente Harze beflügeln die Lichtoptik

Auch die bereits seit Jahren totgesagte Lichtoptik ist weiterhin im Rennen. Das liegt zum einen daran, dass Alternativen wie die EUV-Lithographie technologisch noch nicht ausgereift sind, zum anderen aber auch weil es in den letzten Jahren gelungen ist, die Lichtoptik immer weiter in den „sub-wavelength“-Bereich auszudehnen. Der technologische Trick basiert auf einer zwischen dem Linsensystem und dem Wafer integrierten Immersionschicht, wodurch sich der Brechungsindex und damit auch die Tiefenschärfe erhöhen lassen. Bisher kommt als Immersions-Flüssigkeit ausschließlich reines Wasser zum Einsatz, dessen numerische Apertur bei 1.38 liegt. Die numerische Apertur,

kurz NA genannt, beschreibt das Auflösungsvermögen eines Objektivs. Je größer ihr Wert ist, desto besser löst ein Objektiv die Details auf. Noch nicht näher in der Praxis untersucht wurden bisher Flüssigkeiten mit NA-Werten um 1.6, die sich durch den Einsatz organischer Öle oder konzentrierter Salzlösungen erzielen lassen. „Das liegt daran, dass diese Flüssigkeiten gegenüber den meisten Materialien aggressiv sind“, verdeutlicht Behringer. Als neues „Zauberwort“ im Bereich der Lichtoptik bezeichnet Behringer den Einsatz „intelligenter“ Photolacke. Diese sogenannten „chemically amplified resists“ sind Harze, die chemisch so modifiziert wurden, dass sie im eigentlichen Sinne gar nicht mehr richtig belichtet, sondern vergleichsweise nur noch angekratzt werden müssen. Bei diesen Harzen zeigt sich das Muster in hoher Auflösung nach dem thermischen Härtingsprozess an jenen Stellen, die buchstäblich nur filigran „angeritzt“ worden sind.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die EMLC 2011 erneut als internationale Drehscheibe für den internationalen Expertenaustausch darstellen konnte. Die hohe Präsenz europäischer Unternehmen auf der Tagung kommt nicht von ungefähr. Behringers Angaben zufolge habe sich beispielsweise Zeiss in den vergangenen Jahren unter anderem als Technologieführer im Bereich der simulierten Belichtung etablieren können. Die Vistec Semiconductor Systems GmbH wiederum sei im Multi-Beam-Elektronengeschäft bzw. Elektronenstrahlgeschäft weltweit führend. Behringers Resümee: „Es kristallisiert sich immer stärker heraus, dass die so genannten Leading-Edge-Technologien auf dem Halbleitermarkt heute weniger im Silicon Valley als vielmehr in Europa vertreten sind“.

Rolf Froböse



## Fachtagung ANALOG 2011

**Der Entwurf von Analogschaltungen mit CAE-Methoden ist für den Bereich eingebetteter Sensorsysteme von entscheidender Bedeutung.**

■ Eingebettete Sensorsysteme sind inzwischen überall vorhanden, zur Strukturüberwachung in Bauwerken oder Anlagen, zur Fahrerassistenz in Fahrzeugen, zur Energieeinsparung in Haushaltsgeräten oder zur Kontexterfassung in mobilen Assistenten. Um dabei Kosten, Energieverbrauch und Baugröße zu reduzieren, geht der Trend bei eingebetteten Sensorsystemen hin zu immer höherer Integrationsdichte. Messwertempfänger, Signalkonditionierung, Analog-Digitalumsetzung, komplexe digitale Signalanalyse und -verarbeitung sowie Kommunikationsanbindung werden als SIP oder SOC ausgeführt. Aktuelles Beispiel dafür sind die Kompassmodule in Smartphones, wo mehrdimensionale Magnetfeldsensoren, Beschleunigungssensoren und komplexe Signalverarbeitung als kleinste, kostengünstige Module aufgebaut werden. Ein weiterer aktueller Trend bei eingebetteten Sensorsystemen ist der Übergang von Open-Loop-Systemen zu komplexen Regelsystemen.

Durch diese Entwicklungen steigen auch die Herausforderungen an die Entwicklungsmethoden und -werkzeuge in Bezug auf Systemkomplexität, Sicherheit und Zuverlässigkeit, Interoperabilität und Leistungsverbrauch. Daher lautet der Themenschwerpunkt der Fachtagung Analog 2011:

### Entwurf eingebetteter Sensorsysteme

Stellen Sie ihre aktuellen Forschungsergebnisse auf dem Gebiet im Rahmen der Analog 2011 vor und diskutieren Sie diese mit Kollegen und Anwendern.

Wir freuen uns darauf, Sie in Erlangen zu begrüßen!

Dipl. Ing. Josef Sauerer  
Fraunhofer IIS,  
Erlangen

Prof. Dr. Robert Weigel  
Friedrich-Alexander Universität  
Erlangen-Nürnberg

### Einreichen von Fachbeiträgen

Wir bitten um Einreichung von Vortrags- und Posterbeiträgen, die gleichberechtigt in den Tagungsband aufgenommen werden. Designer Sheets sollen zu den gleichen Terminen bei analogem Vorgehen eingereicht werden. Der Umfang soll eine DIN A4 Seite betragen

### Termine

Einreichung von Beiträgen: 27.05.2011