

# HSG-IMAT



## Jahresbericht 2006

mit IZFM - Universität Stuttgart

## HSG-IMAT

**Adresse** Hahn-Schickard-Gesellschaft  
Institut für Mikroaufbautechnik  
Allmandring 9 B  
70569 Stuttgart

**Telefon** +49 711 685-83712 oder -83710  
**Fax** +49 711 685-83705

**eMail** [info@hsg-imat.de](mailto:info@hsg-imat.de)  
**Internet** [www.hsg-imat.de](http://www.hsg-imat.de)

## IZFM

**Adresse** Universität Stuttgart  
Institut für Zeitmesstechnik, Fein- und Mikrotechnik  
Allmandring 9 B  
70569 Stuttgart

**Telefon** +49 711 685-83711 oder -83710  
**Fax** +49 711 685-83705

**eMail** [info@izfm.uni-stuttgart.de](mailto:info@izfm.uni-stuttgart.de)  
**Internet** [www.uni-stuttgart.de/izfm](http://www.uni-stuttgart.de/izfm)

## Sehr geehrte Damen und Herren,

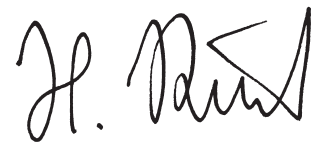
der Neubau für unsere Institute in Stuttgart-Vaihingen konnte im vergangenen Jahr so gut weiter gedeihen, dass wir im März 2007 umziehen können. Dann werden wir hervorragende Arbeitsbedingungen in einem außerordentlich ansprechenden Gebäude haben. Das kontinuierliche Wachstum des HSG-IMAT konnten wir auch im vergangenen Jahr beibehalten. Obwohl wir erheblichen Aufwand für Planung und Einrichtung des Neubaus leisten mussten, werden die Erlöse bei 64 % des Betriebshaushalts liegen.

Mit dem Umzug in den Neubau wollen wir drei neue Arbeitsfelder erschließen. Wir werden uns intensiv mit neuen Metalisierungsverfahren für Leiterbahnsysteme auf Spritzgießbauteilen, mit neuen optischen Elementen aus Kunststoffen sowie mit Fragen der Lebensdauer und Zuverlässigkeit MID-basierter Systeme befassen, um unser Leistungsangebot zu erweitern. Dafür wurden uns im vergangenen Jahr durch die Landesstiftung mit Unterstützung durch das Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg entsprechende Investitionsmittel bewilligt. Allen Beteiligten insbesondere im Wirtschaftsministerium sei an dieser Stelle unser herzlichster Dank ausgesprochen. Für die Leiterbahnsysteme installieren wir im März 2007 u. a. ein neuartiges Maskless Mesoscale Materials Deposition System, mit dem nanoskalige Suspensionen und Lösungen auf

dreidimensional gestalteten Oberflächen mit Auflösungen im Bereich von 10  $\mu\text{m}$  abgeschlossen werden können. Wir werden diese neue Technik nicht nur einsetzen, um noch feinere Leiterbahnen und Chip-Kontaktierungen herzustellen als mit den Lasertechniken, sondern auch um mehrlagige Leiterbahnsysteme auf Spritzgießteilen zu realisieren sowie Widerstände, Kondensatoren oder aktive und sensitive Strukturen zu integrieren. Bei optischen Elementen denken wir zunächst insbesondere an Winkelkodierscheiben mit integrierten optischen Funktionen für Drehwinkelsensoren. Um unsere mechanische Bearbeitung und den Werkzeugbau entsprechend zu ertüchtigen, werden wir 2007 eine Ultrapräzisionsbearbeitungsmaschine beschaffen. Damit wird es nicht nur möglich werden Kunststoffbauteile mit optischer Oberflächenqualität spanend herzustellen, sondern auch entsprechende Formeinsätze für Spritzgießwerkzeuge anzufertigen. Diese Technologie werden wir auch für mikrofluidische Bauteile und andere Präzisionsteile einsetzen. Im vergangenen Jahr wurde die erste  $\mu\text{ECF}$ -Anlage der Firma ECMTEC, die sich 2004 aus unserem Institut gegründet hat, im HSG-IMAT in Betrieb genommen. So werden wir in der Präzisionsbearbeitung künftig außerordentlich leistungsfähig sein. Unsere Arbeiten zur Zuverlässigkeit und Lebensdauer MID-basierter Systeme waren bisher von experimentellen Untersuchun-

gen geprägt. Künftig wollen wir die Modellierung und Simulation des thermomechanischen Stresses stärker einbeziehen. Neben geeigneten Simulationswerkzeugen werden wir hierfür künftig auch hochauflösende Messtechnik wie Röntgentomographie einsetzen. Die neuen Arbeitsgebiete ergänzen und erweitern unsere bisherige Know-How-Basis sinnvoll und passen ausgezeichnet zu unserer Philosophie, Ihnen durchgängige Forschungs- und Entwicklungsleistungen anbieten zu können.

2007 liegt ein spannendes Jahr vor uns. Der Umzug und das Einleben in unsere neue Arbeitsumgebung werden uns vor allem im März 2007 intensiv beschäftigen. Wir bitten Sie schon jetzt um Ihr Verständnis, wenn unsere Bearbeitung Ihrer Aufgaben in dieser Zeit nicht mit der gewohnten Qualität erfolgen sollte. Die Mitarbeiter des HSG-IMAT und IZFM werden mit mir Alles daransetzen, diese Phase so kurz und effektiv wie möglich zu gestalten. In diesem Sinne kann ich Sie nur ermuntern, unser erweitertes Angebot an Forschungsleistungen künftig rege in Anspruch zu nehmen.



Ihr Heinz Kück  
Institutsleiter HSG-IMAT und IZFM

# Inhalt

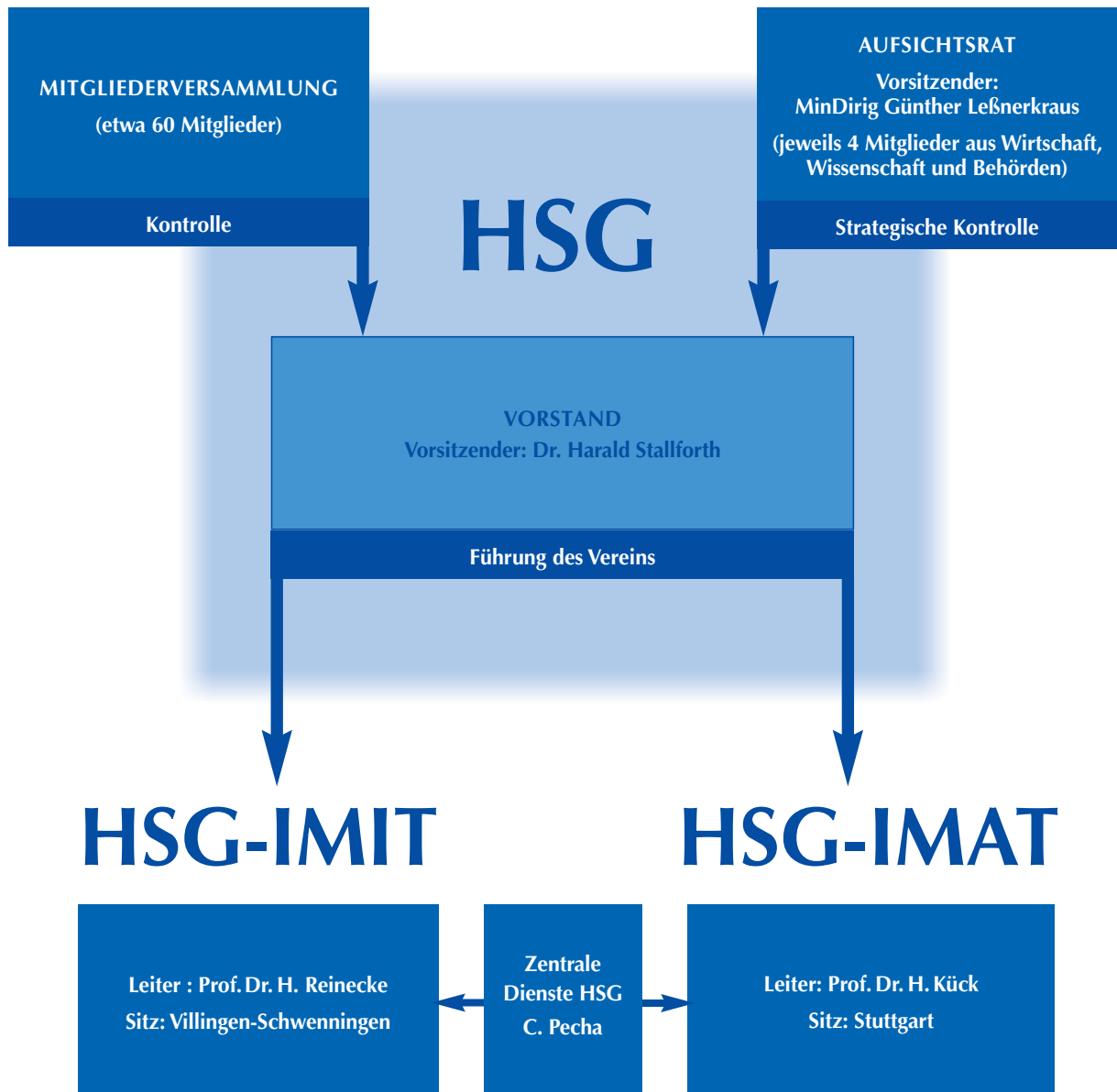
Kontakt .....	2
Grußwort .....	3
Inhaltsverzeichnis .....	4
Die Hahn-Schickard-Gesellschaft .....	5
Organe und Organisation der HSG .....	6
Aufsichtsrat und Vorstand .....	7
Mitglieder .....	8
Das HSG-IMAT .....	9
Struktur und Ansprechpartner .....	10
Das Institut in Zahlen .....	11
Die Abteilungen des HSG-IMAT .....	12
Technologie .....	13
Bauelemente .....	14
Projektberichte .....	15
Eine neue MID-Heißprägebaugruppe für die Biotechnik .....	16
Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von MID .....	18
Herstellung einer fluidischen Struktur zur Blutplasmatreinnung mit dem ECF-Verfahren .....	20
Kapazitive Neigungssensoren .....	22
Absolut kodierte optische Drehgeber .....	24
Neubau für IZFM und HSG-IMAT .....	26
Impressionen vom Neubau .....	28
Publikationen & Marketing .....	29
Lehrveranstaltungen .....	30
Studienarbeiten · Diplomarbeiten .....	31
Messebeteiligungen · Workshop · Mitwirkung in Gremien .....	32
Vorträge & Veröffentlichungen .....	33
Patente & Gebrauchsmuster .....	34
Impressum .....	35

# Die Hahn-Schickard-Gesellschaft

Die Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V. wurde im Jahr 1955 auf Initiative der Uhrenindustrie gegründet. Ihr Name lehnt an zwei historische Vorbilder an: Wilhelm Schickard (1592 bis 1635) und Philipp Matthäus Hahn (1739 bis 1790), beide Vorreiter in der Forschung sowie legendäre Mathematiker und Konstrukteure unserer Region.

Als gemeinnützige Vereinigung zur Förderung angewandter Forschung mit der Aufgabe, die hiesige Industrie zu unterstützen, trägt sie heute zwei Institute: das Institut für Mikro- und Informationstechnik (HSG-IMIT) in Villingen-Schwenningen und das Institut für Mikroaufbautechnik (HSG-IMAT) in Stuttgart.

## Organe & Organisation der HSG



# Aufsichtsrat und Vorstand

## AUFSICHTSRAT

Vorsitzender:

**MinDirig Günther Leßnerkraus**

Wirtschaftsministerium

Baden-Württemberg (ab 01.08.2006)

**MinDirig Dr. Armin**

**Tschermak von Seysenegg**

Wirtschaftsministerium

Baden-Württemberg (bis 31.07.2006)

**Professor Dr. rer. nat. Dr. h.c.**

**Franz Effenberger**

Institut für organische Chemie  
und Isotopenforschung

Universität Stuttgart

**Dr. Norbert Fabricius**

Forschungszentrum Karlsruhe (FZK)

**Dr. Stefan Finkbeiner**

Robert Bosch GmbH

**Eckehardt Keip**

LITEF GmbH

**Dr. h.c. Hans Klingel**

**Dr. Rupert Kubon**

Oberbürgermeister Große Kreisstadt  
Villingen-Schwenningen

**Professor Dr. Johann Löhn**

Regierungsbeauftragter für Technologie-  
transfer Baden-Württemberg

**Professor Dr. Ulrich Mescheder**

Hochschule Furtwangen

**Dr.-Ing. Peter Post**

Festo AG & Co. KG

**Professor Dr. Jürgen Rühle**

Institut für Mikrosystemtechnik  
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

**MinRat Hanno Schnarrenberger**

Ministerium für Wissenschaft, Forschung  
und Kunst Baden-Württemberg

Ständiger Gast:

**MinDirig Dr. Gerhard Finking**

Bundesministerium für Bildung und  
Forschung

## VORSTAND

Vorsitzender:

**Dr. Harald Stallforth**

AESFULAP AG & Co. KG

Stellvertr. Vorsitzende:

**Ernst Kellermann**

Marquardt GmbH

**Uwe Remer**

2E mechatronic GmbH & Co. KG

**Hans Weiss**

GMS Gesellschaft für

Mikroelektronik und Sensorik mbH

Schatzmeister:

**Thomas Albiez**

IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg

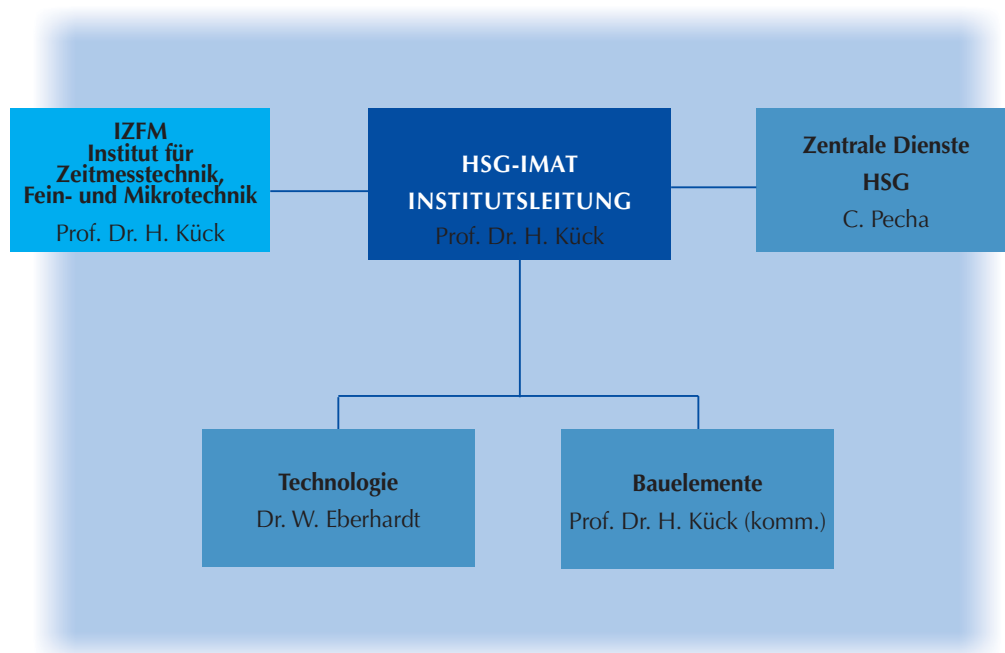
## Mitglieder

**AESULAP AG & Co. KG** Tuttlingen · **coHex - Technische Beratung** Donaueschingen ·  
**DAIMLER CHRYSLER AG** Stuttgart · **Deutsche Bank AG** Stuttgart · **Deutsche Thomson-Brandt** Villingen-Schwenningen · **ECMTEC GmbH** Holzgerlingen · **Elbau Elektronik GmbH** Berlin · **ELMOS Semiconductor AG** Dortmund · **Eppendorf Instrumente GmbH** Hamburg · **Etp. Electronics trading and production** Freiburg · **Festo AG & Co. KG** Esslingen · **FORESTADENT Bernhard Förster GmbH** Pforzheim · **GMS Gesellschaft für Mikrotechnik und Sensorik mbH** Villingen-Schwenningen · **GOS Gesellschaft für Organisation und Software mbH** Villingen-Schwenningen · **GRUNER AG** Wehingen · **Harman/Becker Automotive Systems (XSYS Division) GmbH** Villingen-Schwenningen · **Harting Mitronics AG** CH-Biel · **2E mechatronic GmbH & Co. KG** Wernau · **HL-Planartechnik** Dortmund · **Hoerbiger-Origa Systems GmbH** Altenstadt · **HOPF ELEKTRONIK** Lüdenscheid · **Hopt + Schuler GmbH & Co. KG** Rottweil · **IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg** Villingen-Schwenningen · **ISGUS J. Schlenker-Grusen GmbH** Villingen-Schwenningen · **KENDRION BINDER MAGNETE GmbH** Villingen-Schwenningen · **KUNDO System-Technik GmbH** St. Georgen · **Erich Lacher Uhrenfabrik** Pforzheim · **LITEF GmbH** Freiburg · **Lotus Systems GmbH** Gutmadingen · **MADA Marx Datentechnik GmbH** Villingen-Schwenningen · **MARQUARDT GmbH** Rietheim-Weilheim · **Metec Ingenieur AG** Stuttgart · **Perpetuum Ebner GmbH & Co. KG** St. Georgen · **Physik Instrumente GmbH & Co. KG** Karlsruhe-Palmbach · **Robert Bosch GmbH** Stuttgart · **SCHMIDT Technology GmbH** St. Georgen · **Schwarzwälder-Service Industrie- u. Gebäudereinigung GmbH + Co.** Villingen-Schwenningen · **Siemens VDO Automotive AG** Villingen-Schwenningen · **Sparkasse Villingen-Schwenningen** Villingen-Schwenningen · **Karl Storz GmbH & Co.** Tuttlingen · **Tobias Szokalo Werkzeugbau mit HSC-Bearbeitung** Pforzheim · **Team Nanotec GmbH** Villingen-Schwenningen · **THEBEN AG** Haigerloch · **Dr. Tillwich GmbH** Horb · **Vipem Hackert GmbH** Grünbach · **Volksbank Donau/Neckar** Tuttlingen



# Das HSG-IMAT

## Struktur und Ansprechpartner



**Institutsleitung** Prof. Dr. H. Kück  
Telefon +49 711 685-83710

**Administration IZFM** P. Hoffmann  
Telefon +49 711 685-83711

**Administration HSG-IMAT** C. Bellezer  
Telefon +49 711 685-83712

**Zentrale Dienste HSG** C. Pecha  
Telefon +49 7721 943-190

Marketing: M. Faller  
Telefon +49 7721 943-221

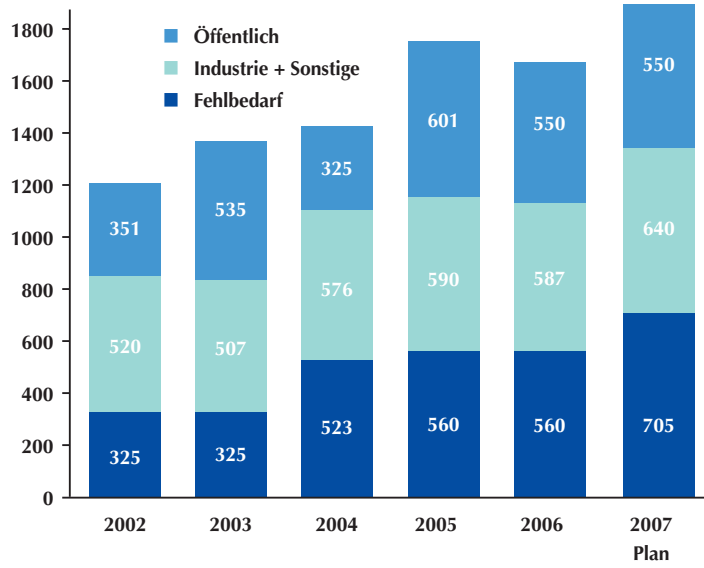
**Technologie** Dr. W. Eberhardt  
Telefon +49 711 685-83717

**Bauelemente** Prof. Dr. H. Kück  
Telefon +49 711 685-83710

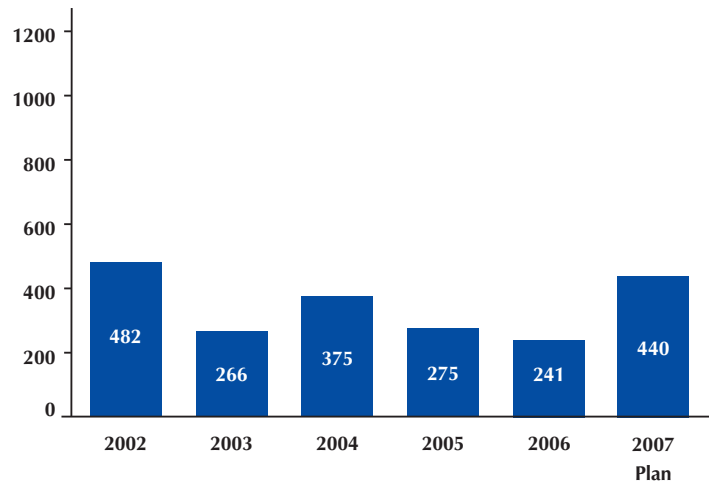
Stand: 01/2007

# Das Institut in Zahlen

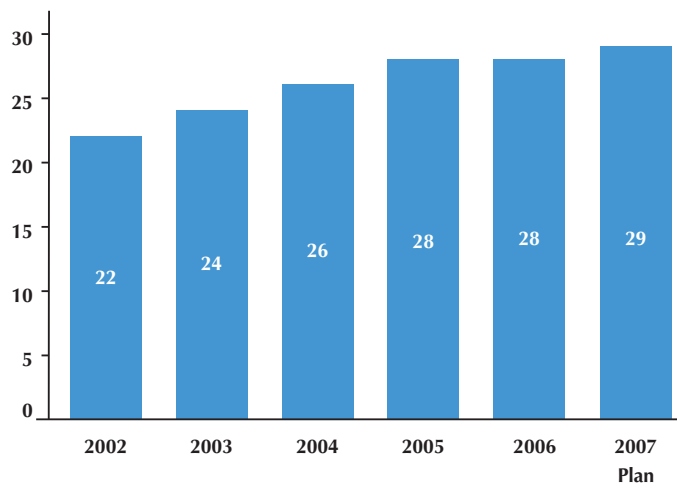
Entwicklung des Haushalts in T Euro



Entwicklung der Investitionen in T Euro  
(ohne Bauinvestitionen)



Entwicklung der Personalstärke



# Die Abteilungen des HSG-IMAT

- Technologie
- Bauelemente

## Technologie

Die Abteilung Technologie ist für die Strukturierung und Metallisierung von MID-Baugruppen sowie für die Montage- und Füge-Techniken von SMD- und Nackt-Chip-Bauelementen zuständig. Die Dienstleistungen, die wir anbieten, reichen von Beratung im Hinblick auf die Machbarkeit über Forschung und Entwicklung von Verfahren und Baugruppen bis zur Prototypenfertigung. Da wir im HSG-IMAT über eine komplette Linie zur Herstellung von MID-Baugruppen mit den entsprechenden Prozessen verfügen, können wir unsere Kunden ganzheitlich zu Fragen der gesamten Prozesskette beraten. Unser interdisziplinäres Team von Wissenschaftlern und Technikern ist mit unserer modernen Geräteausstattung in der Lage, für jeden Teilschritt in der MID-Fertigung eine Lösung anzubieten.

Unsere Kunden kommen bevorzugt aus den Bereichen Automatisierungstechnik, Kfz-Technik, Medizintechnik und Life Sciences. Die Miniaturisierung komplexer 3D-Baugruppen steht dabei im Vordergrund. Hierzu erzeugen wir feinste Leiterbahnen auf mikrospritzgießtechnisch hergestellten Kunststoffbauteilen, indem wir die Lasertechnik mit der chemischen Abscheidung von Metallschichten kombinieren. Mit subtraktiven, semiadditiven und volladditiven Verfahren und verschie-

denen Werkstoffen können wir für viele Anwendungen eine Lösung anbieten. Insbesondere hat die Laserdirektstrukturierung in den letzten Jahren sehr an Attraktivität gewonnen, da hier eine breite Palette an Werkstoffen kommerziell verfügbar ist und modernste Laseranlagen eingesetzt werden können.

Durch die Möglichkeit, feinste Leiterbahnen auf thermoplastischen Schaltungsträgern zu erzeugen, ist auch die Montage von Nacktchips auf MID realisierbar. Hierbei kommen Drahtbondtechniken und Flip-Chip-Techniken zum Einsatz. Bei den Flip-Chip-Techniken sind vor allem auf dem Kleben basierte Verfahren von Interesse. Aber auch das bleifreie Lötten von SMD-Bauelementen ist bei vielen Hochtemperaturthermoplasten problemlos möglich. Bei der SMD-Montage stellt die Klebetechnik aber auch eine interessante Alternative dar.

Bei einfacheren Geometrien von Bauteil und Leiterbild können wir die Heißprägetechnik einsetzen. Hier steht mittlerweile eine breite Palette von geeigneten Folien zur Verfügung, mit denen Leiterbahnen auf einer Vielzahl von Thermoplasten hergestellt werden können. Durch den Wegfall der chemischen Metallisierung beim MID-Hersteller ergibt sich eine kurze Prozess-

kette. Heißpräge-MID-Baugruppen eignen sich besonders für die SMD-Montage von Bauelementen.

Neben modernsten Fertigungseinrichtungen verfügen wir auch über umfangreiches Prüfequipment. Daher sind wir auch in der Lage, unseren Kunden die geeignete Prüfung der Baugruppen anzubieten. Dazu gehören die Funktionsprüfungen genauso wie die einschlägigen Zuverlässigkeits- und Umweltprüfungen. Beim Spritzguss und bei der Bereitstellung der Werkzeuge und Vorrichtungen arbeiten wir eng mit der Abteilung Bauelemente zusammen. Daher können wir unsere Kunden während der gesamten Entwicklungszyklen bei neuen Produkten beraten und unterstützen, angefangen bei der Produktidee bis hin zur Bereitstellung von qualifizierten Prototypen.

**Kontakt: Dr. Wolfgang Eberhardt**

**Telefon: +49 711 685-83717**

**eMail: eberhardt@hsg-imat.de**

## Bauelemente

In der Abteilung Bauelemente befassen wir uns schwerpunktmäßig mit Mikrospritzgießtechnik einschließlich der Herstellung hoch präziser Werkzeuge sowie mit der Entwicklung von Sensoren und Aktoren u. a. auf Basis von mikrostrukturierten MID-Bausteinen.

Die Mikrospritzgießtechnik, die wir in Ein- und Zweikomponenten-Spritzgießtechnik beherrschen, erlaubt uns die Herstellung hochgenauer Kunststoffbauteile mit feinen Strukturabmessungen und Toleranzen im Mikrometerbereich. Bei der Mikrospritzgießtechnik ist die Herstellung der Werkzeuge eine große Herausforderung. Hierfür ist es wichtig, dass wir in der Abteilung Bauelemente die Bauteil- und Werkzeugkonstruktion, die Herstellung der Werkzeuge und den Spritzguss in einer Hand haben. Dazu stehen uns insbesondere zwei Hochpräzisions-HSC-Maschinen, die Mikrofunktenerosion, das neuartige elektrochemische Fräsen mit ultrakurzen Spannungsimpulsen und in Zukunft auch eine Ultrapräzisionsbearbeitungsmaschine zur Verfügung. Bei der Bauteilkonstruktion setzen wir auch Simulationstools ein um mechanische oder thermische Fragestellungen zum Bauteil anzugehen. Bei der Spritzgussimulation geht es uns künftig nicht nur um das Füllverhalten, sondern insbesondere um die genauest mögliche Simulation der Bauteileigenschaften, wofür wir eine hoch genaue 3D-Software zur Verfügung haben werden.

**Kontakt: Dipl.-Ing. Daniel Benz**  
**Telefon: +49 711 685-83708**  
**eMail: benz@hsg-imat.de**

Mikrospritzgießteile werden in zunehmendem Maße eingesetzt, wobei Automatisierungstechnik, Kfz-Technik, Medizintechnik und Life Sciences besonders wichtig sind. Große Erfahrung konnten wir beispielsweise bisher in der äußerst erfolgreichen Zusammenarbeit mit dem HSG-IMIT auf dem Gebiet der Kunststofftechnik für die Mikrofluidik sammeln. Hier ist es uns gelungen, aus verschiedenen Polymerwerkstoffen mit der Mikrospritzgießtechnik mikrofluidische Kanal- und Düsenysteme für die Mikrodosierung herzustellen, die sehr hohen Anforderungen an die fluidischen Eigenschaften gerecht werden.

Wenn wir auf den Mikrospritzgießteilen, die je nach Anwendung eine komplexe 3D-Geometrie besitzen können, in enger Zusammenarbeit mit der Abteilung Technologie mit laserbasierten Verfahren feinste Leiterbahnen oder komplexe Elektrodenstrukturen aufbringen, verfügen wir über Bausteine für innovative Sensoren und Aktoren. Bei den Sensoren haben wir Erfahrungen zu Beschleunigungsaufnehmern, Neigungssensoren und -schaltern, Abstands- und Wegsensoren, sowie Drehwinkelsensoren. Bei den Aktoren stehen elektrostatische Kammantriebe und der Aufbau von Miniaturpumpen im Vordergrund. Sowohl bei den Sensoren als auch bei den Aktoren zielen wir auf innovative Konzepte für low cost Applikationen.

**Kontakt: Dipl.-Ing. Volker Mayer**  
**Telefon: +49 711 685-84265**  
**eMail: mayer@hsg-imat.de**

Beispielsweise arbeiten wir derzeit verstärkt an einem hochauflösenden flüssigkeitsbasierten kapazitiven einachsigen Neigungssensor mit einem Messbereich von echten 360 Grad. Der Sensor wird als SMD-Bauelement ausgelegt, kann SMD-kompatibel verarbeitet werden und zeichnet sich durch ein geringes Bauvolumen im Bereich von etwa 0,25 cm<sup>3</sup> aus. Optional kann der Sensor mittels Flip-Chip-Technik mit einem ASIC für die Signalverarbeitung bestückt werden.

Selbstverständlich greifen wir bei den Arbeiten zu den Sensoren und Aktoren auch auf die Simulationswerkzeuge zurück. Das betrifft die statischen und dynamischen mechanischen Eigenschaften genauso wie elektrische oder magnetische Eigenschaften. Darüber hinaus sind für die Signalverarbeitung der Wandler elektronische Schaltungen erforderlich, die wir im Hause entwickeln und aufbauen. Schließlich erstellen wir auch die Messplätze, die wir für den Funktionstest und die Charakterisierung benötigen, und verfügen ebenfalls im HSG-IMAT über wichtige Zuverlässigkeits- und Umwelttesteinrichtungen.

Ob es sich um Mikrospritzgießbauteile, um komplexe 3D-Packages für Mikrosysteme oder um Sensoren und Aktoren auf der Basis von MID-Bauteilen handelt, so können wir Sie mit der Abteilung Bauelemente bei allen wichtigen Schritten zur Komplettlösung Ihrer Problemstellung unterstützen. Zögern Sie sich nicht uns anzusprechen.

# Projektberichte

- Eine neue MID-Heißprägebaugruppe für die Biotechnik
- Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von MID
- Herstellung einer fluidischen Struktur zur Blutplasmatrengung mit dem ECF-Verfahren
- Kapazitive Neigungssensoren
- Absolut kodierte optische Drehgeber
- Neubau für IZFM und HSG-IMAT
- Impressionen vom Neubau

# Eine neue MID-Heißprägebaugruppe für die Biotechnik

## EINLEITUNG

Die Heißprägetechnik ist ein schneller und wirtschaftlicher Fertigungsprozess zur Herstellung von MID (Molded Interconnect Devices). Beim Heißprägeprozess wird die Leiterbahn mittels eines strukturierten Stempels aus einer elektrisch leitfähigen Folie mit geeigneten mechanischen Eigenschaften (z. B. Cu-Folie) ausgestanzt und unter Einwirkung von Temperatur und Druck direkt auf den thermoplastischen Schaltungsträger aufgebracht. Mit diesem Verfahren kann eine breite Palette von Anwendungen aus dem Bereich mikrosystem- und feinwerktechnischer Baugruppen ohne den Einsatz chemischer oder galvanischer Prozesse direkt beim MID-Anbieter hergestellt werden. Obwohl der MID-Anteil am Gesamtvolumen der Elektronik bisher noch eher klein ausfällt, sagt eine 2006 im Auftrag der Forschungsvereinigung 3-D MID e.V. erstellte Studie der Universität Paderborn der MID-Technik hohe Wachstumsraten für die nahe Zukunft voraus. Dabei wird für die Heißprägetechnik als kostengünstiges Strukturierverfahren für MID ein besonders hohes Wachstum prognostiziert. Von den Anwendungsfeldern, in welchen MID-Technik zum Einsatz kommt, ist die Kfz- und Automatisierungstechnik derzeit am stärksten vertreten. Doch auch in anderen Branchen ist MID-Technik auf dem Vormarsch. Bei einer Anwendung aus dem Bereich Biotechnik hat das HSG-IMAT die Entwicklung von den ersten Mustern bis zur Vorserie begleitet.

## ANWENDUNG DES NEUEN MID-BAUTEILS

Das MID-Bauteil wird modular als Einwegteil in einem Gerät zur Manipulation lebender Zellen eingesetzt. Das Gerät enthält einen Einsatz, in welchem sechs Bauteile gleichzeitig platziert und elektrisch kontaktiert werden können (Abb. 1). Das MID-Bauteil selbst befindet sich in der Vorserienproduktion.

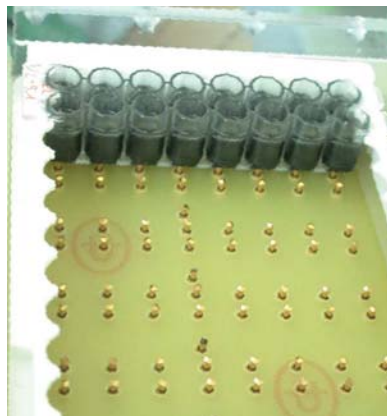


Abb. 1: Vorrichtung zur Aufnahme und Kontaktierung des MID-Bauteils

## AUFBAU UND HERSTELLUNG DES MID-BAUTEILS

Der MID-Grundkörper wird im Zweikomponentenspritzguss hergestellt. Dabei ist eine Kunststoffkomponente optisch transparent und die andere Komponente elektrisch leitfähig. Das Bauteil weist zwei Reihen mit je acht zylindrischen Hohlräumen auf, in welche die zu manipulierende biologische Probe eingebracht und durch Anlegen einer hohen elektrischen Span-

nung bearbeitet wird. Das Bauteil hat die Abmessungen ca. 80 x 20 mm<sup>2</sup> (Abb. 2).



Abb. 2: MID-Bauteil - Unterseite vor (oben) und nach dem Heißprägeprozess (unten)

Um an die zylindrischen Kammern des MID-Bauteils eine elektrische Spannung anlegen zu können, benötigt das Bauteil eine Leiterstruktur. Diese wird mittels einer verzinneten, 25 µm dicken Kupferfolie im Heißprägeverfahren erzeugt (Abb. 2). Dabei wird die Folie auf zwei unterschiedlichen Kunststoffoberflächen aufgebracht, wobei sie auf einer Kunststoffkomponente eine etwas bessere Haftung aufweist als auf der anderen. Mit einem speziellen Treatment der Folienrückseite konnten auf beiden Kunststoffen ausreichend hohe Haftungen von > 1 N/mm erreicht werden. Die gute Haftung unter schwierigen Randbedingungen wird hierbei durch eine aufgeraute Beschichtung der Kupferfolie auf der Folienrückseite erreicht.

**Kontakt: Dr. Horst Richter**

**Telefon: +49 711 685-83716**

**eMail: richter@hsg-imat.de**



Abb. 3 zeigt eine REM-Aufnahme der Folienrückseite mit ihrer ausgeprägten Haftstruktur (Folienhersteller: Fa. Bolta, Gottmadingen).

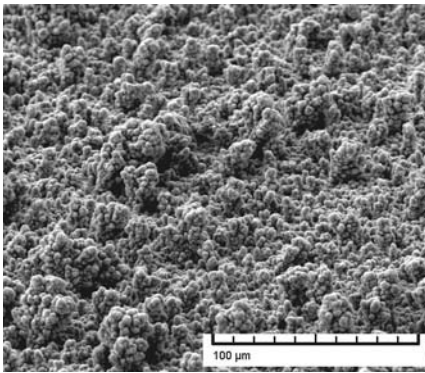


Abb. 3: REM-Aufnahme der Rückseite einer Heißprägefolie (Maßstab 1000 : 1)

Auch für die Restfolienentfernung mittels Klebeband erwies sich die Verwendung einer 25 µm Folie als vorteilhaft, da sich bei dieser Dicke ein vollständiger Folienschnitt und damit in einem Arbeitsgang ein komplettes Abziehen der Restfolie erreichen lässt. Aufgrund der Geometrie des Prägelayouts (Abb. 4) wurde am Prägestempel eine Temperaturdifferenz von bis zu 4 K zwischen der Mitte der Balkenstruktur und den äußersten Pads festgestellt. Da seitens des Prägestempels kaum Möglichkeiten bestehen, diesen Temperaturgradienten zu verringern oder gar zu eliminieren, musste allein durch Anpassung der Prägebedingungen versucht werden, diesen Nachteil auszugleichen. Durch verschiedene Optimierungs-

zyklen konnte ein sicheres Prozessfenster zur Erzielung eines guten Prägeergebnisses erarbeitet werden.



Abb. 4: Heißprägestempel zur Herstellung des MID-Bauteils

#### KNOW-HOW-TRANSFER

Um das Bauteil möglichst rasch fertigen zu können, wurde das am HSG-IMAT erarbeitete Know-how zum MID-Hersteller transferiert. Hierzu waren Mitarbeiter des Herstellers am HSG-IMAT vor Ort, um unter Anleitung der HSG-IMAT-Experten auf vorhandenem Equipment MID-Bauteile heißzuprägen und zu testen. Hierbei wurden die technischen Details besprochen und transferiert. Um den Serienanlauf zu unterstützen, fand ein weiterer Know-how-Austausch mit Spezialisten des HSG-IMAT vor Ort beim MID-Hersteller statt. Hierbei konnten seitens HSG-IMAT wichtige Beiträge zur Layoutverbesserung, Stempelisolation und Temperaturregelung geleistet werden, damit die Fertigung möglichst störungsfrei anlaufen kann.

#### AUSBLICK

Da die Laborgeräte für die modulare Aufnahme von sechs MID-Einweg-Bauteilen ausgelegt sind, bedeutet dies, dass die Bauteile in sehr hohen Stückzahlen (geplant: > 1 Mio p. a.) gefertigt werden sollen. Insgesamt stellt das Modul ein sehr gutes Beispiel dar, wie ein innovatives Bauteil durch Vorentwicklung in einem Forschungsinstitut zur Fertigungsreife gebracht und durch anschließenden Know-how-Transfer rasch in die Produktion übergeführt werden konnte.

# Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von MID

Die MID-Technik hat in den letzten Jahren in einer stetig steigenden Zahl neuer und innovativer Produkte mit immer neuen Einsatzbereichen Anwendung gefunden. Die kontinuierliche Weiterentwicklung der Technologie verbessert dabei nicht nur die Funktionalität und die Wirtschaftlichkeit bestehender Lösungen, sondern eröffnet auch Möglichkeiten zur Realisierung neuartiger Produktideen und den Zugang zu weiteren Anwendungsbereichen. Dies bedeutet aber auch eine ständige Erweiterung und Verschärfung der Anforderungen an die Funktion, vor allem aber an die Zuverlässigkeit des Systems und damit seiner Einzelkomponenten. Die Zuverlässigkeit bestimmt, ob ein Produkt seinen Zweck innerhalb der angestrebten Lebensdauer fehlerfrei erfüllt oder nicht. Sie ist damit neben der Funktion die wichtigste Kenngröße der Qualität. Während die Funktion in der Entwicklungsphase und auch später in der Produktion sehr gut geprüft werden kann, ist vor allem bei neuen Produkten eine Aussage über die Zuverlässigkeit im voraus nur eingeschränkt möglich. Aus diesem Grund kommt beschleunigten Lebensdauertests bzw. Umweltsimulationstests eine sehr große Bedeutung zu. Verlässliche Prognosen über Ausfallwahrscheinlichkeit und -ursache können über Erfolg oder Misserfolg entscheiden, weshalb die Auswahl der geeigneten Tests und die Festlegung der Testbedingungen genauestens auf das Bauteil und die zu erwartenden Anforderungen angepasst sein müssen. Normungs-

werke (DIN-ISO, MIL-Std, IPC) unterstützen bei der Auswahl, trotzdem ist in jedem Fall eine individuelle Betrachtung und Neubeurteilung notwendig, weshalb viele Firmen eigene Prüfvorschriften für ihre Produkte bzw. Produktgruppen entwickeln. Da die Zuverlässigkeit eines Gesamtsystems sich immer auch aus der Zuverlässigkeit seiner Einzelkomponenten zusammensetzt, werden diese und vor allem die Technologien der MID-Technik von Anfang an mit Hilfe von Umweltsimulationstests am HSG-IMAT untersucht. Aktuell standen die Zuverlässigkeit von Micro-Vias und Flip Chip-Technik bei lasertechnisch hergestellten MID im Vordergrund der Arbeiten.

## ZUVERLÄSSIGKEIT VON MICRO-VIAS IN MID

Micro-Vias stellen Durchkontaktierungen zur elektrischen Verbindung von Leiterbahnen auf verschiedenen Seiten eines Substrates dar. Bei MID können diese Micro-Vias ähnlich wie in der Leiterplattentechnologie durch Laserbohren erzeugt werden, oder sie werden bereits in der Spritzgießform des MID-Bauteils vorgesehen. Im Rahmen des AiF-Vorhabens 14282 N "Untersuchungen zu Micro-Vias bei Laser-Feinst-Pitch-MID für die Mikrosystemtechnik" wurde die Zuverlässigkeit der Vias mit unterschiedlichen Umweltsimulationstests untersucht. Zur Beurteilung diente zum einen die optische Inspektion von Oberflächen und Querschliffen mit Mikroskop und REM. Zum

anderen wurde die Funktion durch Messung des elektrischen Widerstandes überprüft. Üblicherweise werden Prüfungen vor und nach der Umweltsimulation durchgeführt. Oftmals wird der Test auch zusätzlich einige Male für Zwischenmessungen unterbrochen. Um aber eine noch genauere Charakterisierung zu erreichen, können die Widerstände auch kontinuierlich während der Umweltsimulation in einer Online-Messung aufgezeichnet werden, wodurch einerseits die Funktion über den gesamten Bereich der Testbedingungen überprüft werden kann und andererseits auch zeitweise auftretende Ausfälle erkannt werden können. Die Micro-Vias wurden folgenden Umweltsimulationstests unterzogen:

- Temperaturwechseltest (TWT) (-40/125°C, 1000 Zyklen, Zykluszeit 20 min, Umlagerungszeit < 10 s, DIN 60068-2-14)
- Feuchte-Wärme-Test (FWT) (85°C/85% r.F., 500 h, DIN 60068-2-67)
- Mehrkomponenten-Industrieluft (strömendes Mischgas aus H<sub>2</sub>S, NO<sub>2</sub>, Cl<sub>2</sub> und SO<sub>2</sub>, 10 Tage, DIN EN 60068-2-60 Methode 4)

Abb. 1 zeigt exemplarisch die gemessenen Widerstandswerte von mehreren in Reihe geschalteten Vias in 2-Leiteranordnung über den Verlauf des TWT. Die Schwankungen der Widerstände der einzelnen Daisychains zwischen zwei

**Kontakt: Dipl.-Ing. Ulrich Keßler**  
**Telefon: +49 711 685-83722**  
**eMail: kessler@hsg-imat.de**

**Kontakt: Dr. Wolfgang Eberhardt**  
**Telefon: +49 711 685-83717**  
**eMail: eberhardt@hsg-imat.de**

Grenzwerten entstehen wegen der Temperaturwechsel, da die Widerstände der Vias, Leiterbahnstrukturen und Messleitungen von der Kammer Temperatur abhängen. Über die gesamte Messdauer von 1000 Zyklen wurden keine Ausfälle detektiert.

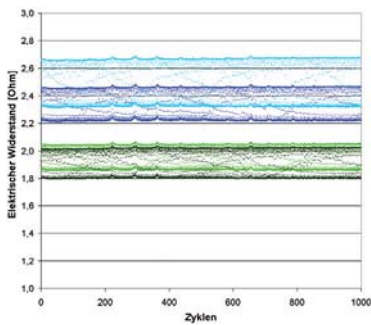


Abb. 1: 2-Leiter Widerstandsmessung von mehreren Vias in Daisychain-Anordnung während des Temperaturwechseltests

Bei den anderen Umweltsimulationstests wurden jeweils vor und nach dem Test Vergleichsmessungen jedes Vias in 4-Leiteranordnung durchgeführt. In Abb. 2 ist exemplarisch für einige Via-Varianten die relative Widerstandsänderung im FWT dargestellt. Nach dem FWT wurden wie auch nach der Prüfung mit Mehrkomponenten-Industrieluft keinerlei Ausfälle detektiert.

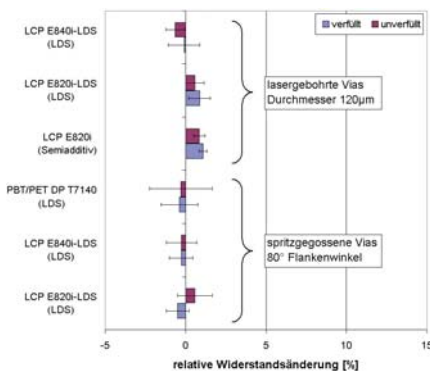


Abb. 2: Relative Widerstandsänderung durch den Feuchte-Wärme-Test

### ZUVERLÄSSIGKEIT VON FLIP CHIP-VERBINDUNGEN MIT MID-BUMPS

Die MID-Technik bietet zum Aufbau von Flip Chips die Möglichkeit notwendige Kontaktbumps nicht mehr chipseitig aufbringen zu müssen, sondern beim Spritzgießen ohne zusätzlichen Arbeitsschritt im Substrat zu integrieren. Die prozessbedingten maximalen Höhenunterschiede der metallisierten MID Bumps hängen von der Anzahl der Kontaktbumps ab und lagen bei  $1,7 \mu\text{m} \pm 1,2 \mu\text{m}$  für 4 Kontakte und  $8,4 \mu\text{m} \pm 2,0 \mu\text{m}$  für 10 Kontakte. Auf dem Chip müssen dann nur noch flache Kontaktflächen wie z. B. außenstromlose Ni-Au-Pads hergestellt werden. Am HSG-IMAT wurden solche Flip Chips mit nicht leitendem Klebstoff (NCA) aufgebaut und einem Temperaturwechseltest (-40/125°C, 1000 Zyklen, Zykluszeit 20 min, Umlagerungszeit < 10 s) unterzogen. Die Widerstände wurden dabei nicht online erfasst, sondern alle 250 Zyklen in 4-Leiteranordnung exakt gemessen. Auf diese Weise konnten 168 Chips mit insgesamt 588 Kontakten untersucht werden. Abb. 3 zeigt den sehr konstanten Verlauf der Kontaktwiderstände während des Tests. Während des TWT konnten keine Ausfälle festgestellt werden.

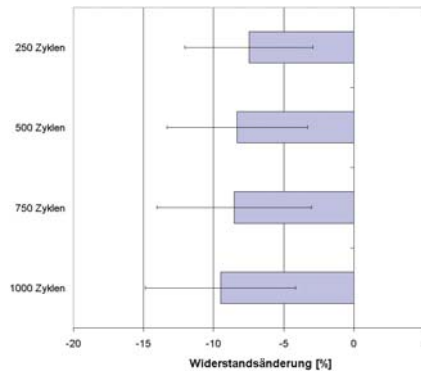


Abb. 3: Relative Änderung der Kontaktwiderstände von Flip Chips mit MID-Bumps im Verlauf des Temperaturwechseltests

Weitere erfolgreiche Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von Flip Chip-Kontakten (Abb. 4) wurden im BMBF-Projekt IMDAKT (Innovative Mikrodrehgeber für die Automatisierungs- und Kraftfahrzeugtechnik) durchgeführt. Hier wurden Flip Chips, die durch die Robert Bosch GmbH als Projektpartner mit Au-Studbumps und verschiedenen Klebevarianten auf LDS-MID aufgebaut wurden, einem TWT für den Automotive-Bereich unterzogen. Bei verschiedenen Varianten kam es bei den extrem harten Testbedingungen mit 2000 Zyklen bei -40/150°C zu keinen Ausfällen.



Abb. 4: Flip Chip auf LDS-MID, von der Robert Bosch GmbH auf Zuverlässigkeit geprüft

Die Ergebnisse zeigen erneut, dass MID-Baugruppen auch für hohe Zuverlässigkeitsanforderungen bestens geeignet sind.

# Herstellung einer fluidischen Struktur zur Blutplasmatrennung mit dem ECF-Verfahren

## EINLEITUNG

Das elektrochemische Fräsen mit ultrakurzen Spannungspulsen (ECF) ist eine innovative Technik zur Herstellung kleinster Mikrostrukturen in harten Materialien, wie z. B. Edelstahl [1]. Ähnlich dem konventionellen Fräsen bearbeitet ein Werkzeug das Werkstück entlang einer durch ein NC-Programm vorgegebenen Bahn. Im Gegensatz dazu ist das ECF-Verfahren aber ein elektrochemischer Prozess. D. h., Werkstück und Werkzeug sind in einen Elektrolyten eingetaucht, und durch das Anlegen einer geeigneten Spannung zwischen ihnen wird das Werkstück elektrochemisch aufgelöst. Beim ECF-Verfahren wird auf Grund der verwendeten kurzen Pulse mit Pulsbreiten im Nanosekundenbereich eine Ortsauflösung im unteren Mikrometerbereich erreicht. Der Vorteil der elektrochemischen Bearbeitung liegt unter anderem darin, dass keine mechanischen Kräfte auf das Werkzeug wirken. Damit gibt es keinen Werkzeugverschleiß und es können Werkzeuge mit Durchmessern von 10  $\mu\text{m}$  und darunter verwendet werden.

Da die Vorschubgeschwindigkeit des ECF-Verfahrens mit ca. 1  $\mu\text{m/s}$  nur etwa in der Größenordnung der Funkenerosionstechnik liegt, ist es sinnvoll, große Bereiche eines Werkstücks mit spanender Bearbeitung, wie z. B. dem HSC-Fräsen, vorzuzuräumen, um anschließend die benötigten

Mikrostrukturen mit dem ECF-Verfahren zu ergänzen. Damit können Formeinsätze hergestellt werden, die dann z. B. durch Mikrospritzguss vervielfältigt werden können.

## SPRITZGUSSEINSATZ ZUR BLUTPLASMATRENNUNG

Das Institut für Mikrosystemtechnik (IMTEK) an der Universität Freiburg hat eine Mikrofluidikstruktur entwickelt, mit der sich das Blutplasma von den Blutkörpern trennen lässt [2]. Das Blut wird dazu in ein Reservoir eingefüllt und fließt durch einen um 90° abgewinkelten, sich konisch von 75  $\mu\text{m}$  Breite auf 50  $\mu\text{m}$  verjüngenden Kanal in ein zweites Reservoir. Im Scheitelpunkt dieses Kanals zweigen zwei Seitenkanäle in ein drittes Reservoir ab. Durch diese Kanäle kann das Plasma abfließen (s. Abb. 1, links). In Zusammenarbeit mit dem IMTEK wurde am HSG-IMAT ein Spritzgussformeinsetzung für diese Struktur hergestellt. Auf Grund der geometrischen Form der beiden Seitenkanäle, die

eine Breite von 20  $\mu\text{m}$  und eine Höhe von 100  $\mu\text{m}$  bei einem Abstand von 150  $\mu\text{m}$  haben, ist diese Struktur mit spanabhebenden Verfahren nur unter größten Schwierigkeiten herzustellen. Da die beiden Stege infolge der auftretenden Schnittkräfte bei der HSC-Bearbeitung deformiert würden, wurde das Layout der HSC-gefrästen Struktur derart umgestaltet, dass das mittlere Reservoir zunächst über einen 200  $\mu\text{m}$  breiten Steg verbunden ist. Aus diesem wurden in einem zweiten Bearbeitungsschritt die beiden 20  $\mu\text{m}$  breiten Stege mittels ECF-Technik herausgearbeitet. Ebenfalls mit dem ECF-Verfahren wurden die Eckenradien vor allem im Bereich, in dem die 20  $\mu\text{m}$  Stege in den 50-75  $\mu\text{m}$  Kanal münden, von 150  $\mu\text{m}$  auf 25  $\mu\text{m}$  verringert. Im rechten Teilbild der Abb. 1 sind die ECF-bearbeiteten Bereiche rot schraffiert.

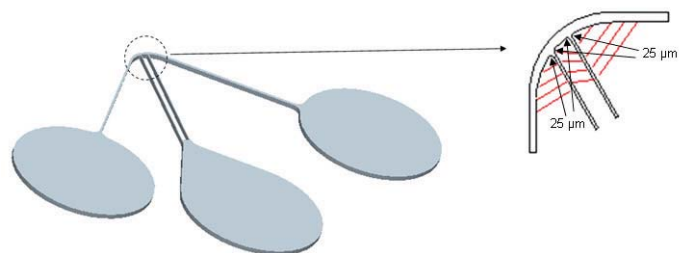


Abb. 1: Skizze der Struktur des Spritzgusseinsatzes

**Kontakt: Prof. Dr. rer. nat. Heinz Kück**  
**Telefon: +49 711 685-83710**  
**eMail: kueck@hsg-imat.de**



### MATCHING STRATEGIE

Um diese Hybrid-Bearbeitung aus HSC-Fräsen und ECF-Nachbearbeitung durchzuführen war im Rahmen des von der AiF geförderten Forschungsvorhabens "Untersuchungen zur Herstellung höchstpräziser Formeinsätze durch HSC-Technik und Endbearbeitung durch elektrochemisches Fräsen mit ultrakurzen Impulsen" (FV-Nr. 13697 N) eine Einmessstrategie für das nachzubearbeitende Werkstück entwickelt worden, die hier verwendet wurde. Dabei wird das vorgefräste Werkstück in die ECF-Anlage eingelegt und mittels vier Einmesslöchern seine genaue Lage bestimmt. Dazu werden die Löcher mit dem ECF-Werkzeug abgetastet, indem die Berührung des Werkstücks über den elektrischen Kontakt und einen Stromfluss empfindlich detektiert wird. Es ist somit möglich die CAM-Daten zur ECF-Bearbeitung durch eine Koordinatentransformation so anzupassen, dass die Feinstruktur mit der ECF-Technik gut justiert in den Spritzgusseinsatz gearbeitet werden kann.

### BEARBEITETER EINSATZ

Abb. 2 zeigt eine REM-Aufnahme des bearbeiteten Einsatzes. Zu sehen sind die beiden 20 µm Stege, die am Scheitelpunkt in den 50-75 µm Kanal einmünden und in das daran angeschlossene Reservoir. Es ist deutlich zu erkennen, dass trotz des hohen Aspektverhältnisses von 5 auf Grund der kräftefreien Bearbeitung mittels ECF keine Deformation der Stege auftrat.

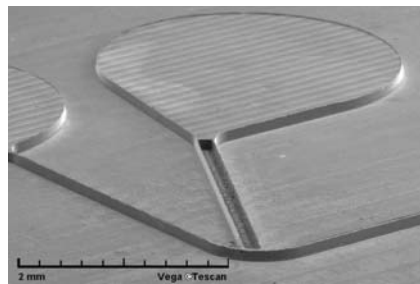


Abb. 2: REM-Aufnahme des Spritzgusseinsatzes

Abb. 3 zeigt eine Detailaufnahme des Scheitelpunktes nach dem Fräsen aber vor der ECF-Bearbeitung. Die vorgefrästen Radien von 150 µm sind zu erkennen. Die 20 µm breiten Stege sind noch nicht separiert.

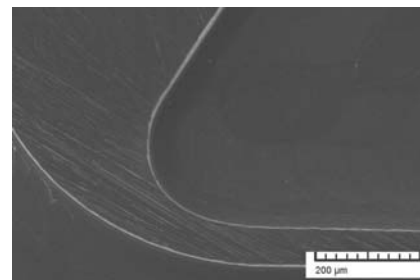


Abb. 3: Scheitelpunkt vor der ECF-Bearbeitung

Abb. 4 zeigt dasselbe Detail nach der ECF-Bearbeitung. Mit dem verkleinerten Radius zweigen nun die beiden Stege ab. Der Übergang von HSC-bearbeiteten Bereichen zu ECF-bearbeiteten Bereichen zeigt einen guten Anschluss ohne Versatz. Am Boden zwischen den Stegen ist noch die Verfahrsstrategie der ECF-Bearbeitung erkennbar: Im ersten Schritt wurde mit 120 ns Pulsen Material weggeschruppt bevor die Kontur in einem Schlichtgang mit 80 ns Pulsweite nachbearbeitet wurde.

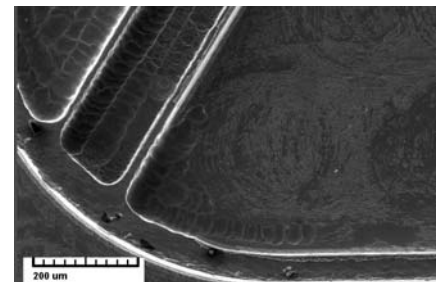


Abb. 4: Scheitelpunkt nach der ECF-Bearbeitung

### ZUSAMMENFASSUNG

Wie an diesem Beispiel gezeigt werden konnte, stellt die Kombination von HSC-Fräsen und ECF eine effektive Methode zur Herstellung von Mikrospritzgusskavitäten dar. Die Vorteile beider Verfahren können dabei kombiniert werden. Während mittels HSC große Volumina in angemessener Zeit bearbeitet werden, können mit der ECF-Technik gezielt Strukturen mit Mikrometerabmessung eingebracht werden. Die dafür erforderliche Matchingstrategie wurde entwickelt und erfolgreich angewandt.

[1] Schuster R, Kirchner V, Allonge P, Ertl G: Electrochemical Micromachining. Science 289 (2000) 98-101

[2] Blattert C, Jurischka R, Schoth A, Kerth P, Menz W: Separation of Blood in Microchannel Bends. Proc. 25th AIC of IEEE EMBS (2003)

# Kapazitive Neigungssensoren

## EINLEITUNG

Neigungssensoren können für eine Vielzahl von Anwendungen in den Bereichen Automobilbau, Automatisierungstechnik, Konsumertechnik und Forschung eingesetzt werden. Beispiele hierfür sind die räumliche Lageerfassung bei intelligenten Feststellbremsystemen von Kraftfahrzeugen oder bei Werkzeugträgern in Werkzeugmaschinen und Industrierobotern. Die MID-Technik bietet in Verbindung mit der Mikrospritzgusstechnik die Möglichkeit Neigungssensoren in großen Stückzahlen kostengünstig herzustellen.

## FUNKTIONSPRINZIP DES SENSORS

Das Wirkprinzip des Sensors beruht auf der Kapazitätsänderung einer neigungsabhängigen Differenzial-Kapazitäts-Anordnung. Das Sensorelement besteht aus zwei Gehäusehälften, einer dielektrischen Flüssigkeit und einem Elektronik-Auswertechip. Das Volumen der Kavität ist zur Hälfte

mit der dielektrischen Flüssigkeit gefüllt. In den beiden Gehäusehälften sind jeweils zwei halbkreisförmige Elektroden angeordnet, die zusammen mit der Flüssigkeit zwei veränderliche Kapazitäten C1 und C2 bilden. Die Größe der Kapazitäten hängt, wie in Abb. 1 dargestellt, von der Überschneidung von Gehäuseelektroden und Flüssigkeit ab.

Bei Neigung des Gehäuses bezüglich der Horizontalen behält die Flüssigkeit aufgrund der Gravitationskraft ihre ursprüngliche Lage bei und die Kapazitäten C1 und C2 verändern sich gegensinnig zueinander. Die Kapazitätsdifferenz ist ein Maß für die Neigung und kann durch eine Kapazitäts-zu-Spannungs-Wandler-Elektronik, wie sie z. B. auch bei Beschleunigungssensoren verwendet wird, in ein zur Neigung äquivalentes Spannungssignal gewandelt werden.

Zur Erweiterung des Winkelmessbereichs auf  $\pm 180^\circ$  sind beide Gehäuse-Bauteile entsprechend Abb. 2 mit halbkreisförmigen Elektroden 1a und 1b bzw. 2a und 2b

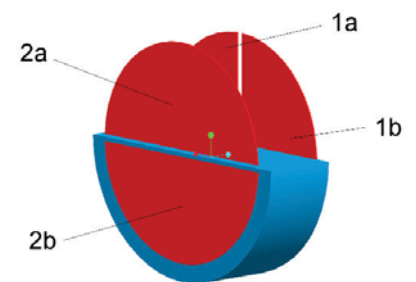


Abb. 2: Funktionsprinzip des 360° Sensors

gen Elektroden 1a und 1b bzw. 2a und 2b ausgeführt. Dabei sind die Elektroden 2a und 2b gegenüber den Elektroden 1a und 1b um  $90^\circ$  gedreht. Elektroden und dielektrische Flüssigkeit bilden je nach elektrischer Beschaltung zwei verschiedene Differenzial-Kapazitäts-Anordnungen, welche durch die Auswerteschaltung in zwei analoge um  $90^\circ$  phasenversetzte Spannungen gewandelt werden. Die erste Differenzial-Kapazitäts-Anordnung bestimmt die Kapazitätsdifferenz der Elektroden 1a und 1b gegen Elektrode 2, die zweite Anordnung bestimmt die Kapazitätsdifferenz der Elektroden 2a und 2b gegen Elektrode 1.

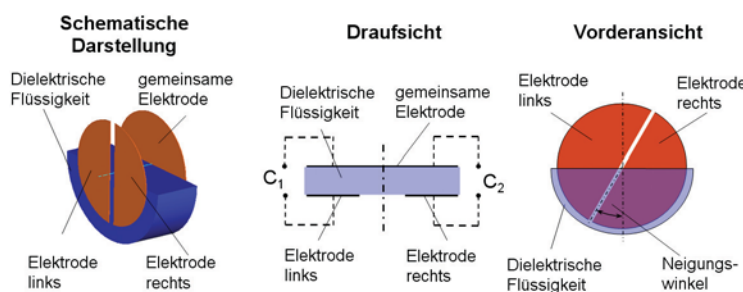


Abb. 1: Funktionsprinzip des 180° Sensors

**Kontakt: Dipl.-Ing. Daniel Benz**  
**Telefon: +49 711 685-83708**  
**eMail: benz@hsg-imat.de**

### AUFBAU EINES DEMONSTRATORS

Zur Überprüfung des Wirkprinzips wurde ein erster Demonstrator mit den Abmessungen  $12,3 \times 12,5 \times 2,6 \text{ mm}^3$  hergestellt. Das Sensorgehäuse mit der zylinderförmigen Kavität besteht aus zwei Gehäusehälften, welche in MID-Technik hergestellt werden und in Abb. 3 dargestellt sind.

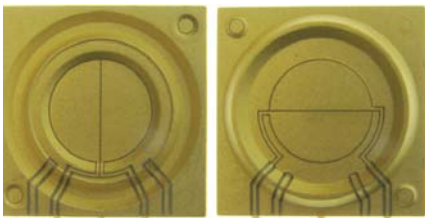


Abb. 3: MID-Gehäusehälften

Beide Bauteile werden aus dem Kunststoff Liquid Crystal Polymer (LCP) mittels Spritzguss hergestellt und anschließend außenstromlos chemisch mit ca.  $5 \mu\text{m}$  Cu beschichtet. Die Strukturierung der Elektroden und der Leiterbahnen erfolgt durch Ablation der Cu-Schicht mit einem UV-Laser. Anschließend wird das verbleibende Cu durch außenstromlos chemische Metallisierung mit einer Ni-P- und einer Au-Schicht verstärkt. Die Sensorhälften werden durch Kleben gefügt. Vor dem Verschließen des Sensorgehäuses wird die

dielektrische Flüssigkeit in die Kavität eingefüllt. Für die Charakterisierung des Sensors wird dieser mittels isotrop leitfähigem Kleben und Underfiller auf der Leiterplatte mit der elektrischen Auswerteschaltung aufgebaut. Sensor und Auswerteschaltung sind in Abb. 4 dargestellt.

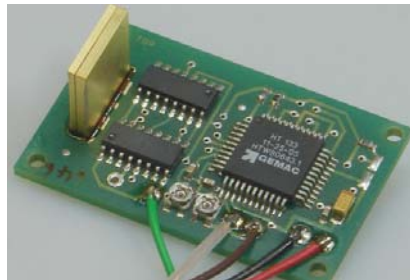


Abb. 4: Demonstrator mit Auswerteelektronik

Die Charakterisierung des Demonstrators erfolgt auf einem Neigungssensorprüfstand. Dabei werden das Sensorsignal und die Neigung des Sensors kontinuierlich über einen Winkelbereich von  $\pm 180^\circ$  aufgezeichnet.

In Abb. 5 sind die Ausgangssignale der beiden Differenzial-Kapazitäts-Anordnungen über dem Neigungswinkel des Sensors dargestellt.

Wie in Abb. 5 zu erkennen ist, besitzt der Sensor eine linear verlaufende Kennlinie. Dabei ist die Nichtlinearität der Kennlinie der Anordnung 1 zwischen  $\pm 45^\circ$  (bzw.  $-135^\circ$  und  $135^\circ$ ) und der Kennlinie der Anordnung 2 zwischen  $45^\circ$  und  $135^\circ$  (bzw.  $-135^\circ$  und  $-45^\circ$ ) kleiner als 0,5% des Vollausschlags (FSO). Durch Kombination beider Kennlinien kann eine Nichtlinearität des Sensors über den gesamten Messbereich von  $\pm 180^\circ$  von besser 0,5% FSO erreicht werden. Die Auflösung des Sensors liegt bei ca.  $0,01^\circ$  und zeigt eine Wiederholgenauigkeit von ca.  $0,05^\circ$ . Die Querempfindlichkeit des Sensors gegenüber Neigung senkrecht zur sensitiven Achse ist kleiner als  $0,1\%$  FSO/°. Erste Ergebnisse von Temperatur-Schock-Test (1000 Zyklen,  $-40^\circ\text{C}$  -  $85^\circ\text{C}$ ) sowie Feuchte-Wärme- ( $85^\circ\text{C}$ , 85% rel. F.) und Hochtemperaturlagerung mit ca. 100 Sensorelementen zeigen, dass sich breite Einsatzmöglichkeiten der Sensorelemente bis in den Temperaturbereich von bis zu  $85^\circ\text{C}$  ergeben.

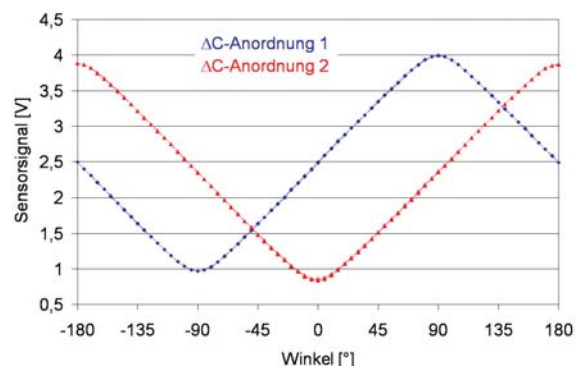


Abb. 5: Kennlinie des  $360^\circ$  Sensors

# Absolut kodierte optische Drehgeber

## EINLEITUNG

Drehwinkelgeber werden in zahlreichen industriellen Anwendungen eingesetzt, um die Winkelstellung von rotierenden Elementen bei Drehbewegungen zu erfassen. Zur Bestimmung des Drehwinkels werden üblicherweise potentiometrische, optische, magnetische und kapazitive Funktionsprinzipien eingesetzt. Prinzipiell ist zwischen inkrementell kodierten Drehgebern und absolut kodierten Drehgebern zu unterscheiden: Inkrementell kodierte Drehgeber können lediglich Drehwinkeländerungen erfassen und benötigen deshalb nach dem Einschalten des Sensors eine Referenzposition um die absolute Winkelposition bestimmen zu können. Absolut kodierte Drehgeber hingegen erfassen in jeder Winkelstellung den wirklichen Drehwinkel als kodierten Wert, eine Referenzfahrt ist nicht notwendig und Fehler durch Verlust von Winkelinkrementen können nicht auftreten. Absolut kodierte Drehgeber mit optischem Funktionsprinzip werden in der Regel für Anwendungen mit höchsten Auflösungen eingesetzt, weisen jedoch insgesamt den Nachteil eines aufwändigen Aufbaus mit erheblichen Herstellungskosten auf.

## FUNKTIONSPRINZIP DES DREHGEBERS

Grundgedanke des am HSG-IMAT entwickelten Sensorkonzeptes ist es, als geometrische Maßverkörperung eine mikrostrukturierte Kunststoffscheibe mit Metallbeschichtung zu verwenden, wie sie aus der Compact-Disc-Technik (CD-Technik) bekannt ist. Mit den ausgereiften Prozesstechniken der CD- oder auch DVD-Technik können hochpräzise geometrische Maßverkörperungen in sehr hohen Stückzahlen bei gleichzeitig geringsten Kosten gefertigt werden. Abb. 1 zeigt einen Vergleich zwischen einer herkömmlichen Daten-CD und der geometrischen Maßverkörperung einer Test-Winkelscheibe für einen Drehgeber.

Das Funktionsprinzip des absolut kodierten Sensors basiert auf der Beugung eines Laserstrahles an einem optischen Phasengitter. Abb. 2 zeigt den schematischen Strahlengang: Der Strahl einer Laserdiode wird über eine Linse fokussiert, trifft schräg auf die Winkelscheibe und wird von dort reflektiert. Auf der Winkelscheibe ist die Maßverkörperung untergebracht, welche aus verschiedenen Feldern besteht, die jeweils einen Winkelwert repräsentieren.

Die kreisförmig auf der Scheibe angeordneten Felder sind radial unterteilt in mehrere Subfelder, welche unterschiedliche Gitterkonstanten des Phasengitters aufweisen. Jedes Subfeld entspricht einem Bit des absoluten Winkelwertes.

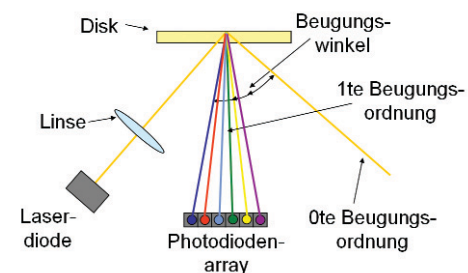


Abb. 2: Aufbaukonzept des Drehgebers

Abb. 3 zeigt einen Ausschnitt aus einer Teststruktur mit 6 Subfeldern. Ist auf dem Subfeld die Gitterstruktur vorhanden, wird das Bit "high" gesetzt. Ist auf dem Subfeld keine Gitterstruktur vorhanden, wird das Bit "low" gesetzt.

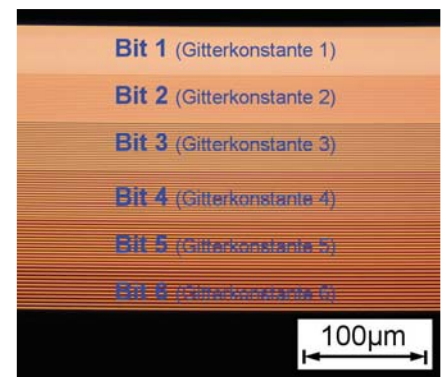


Abb. 3: Teststruktur mit Subfeldern

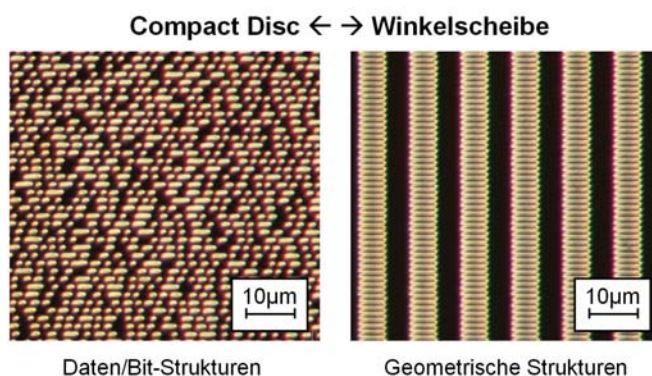


Abb. 1: Vergleich Daten-CD mit Winkelscheibe

**Kontakt: Dipl.-Ing. Volker Mayer**  
**Telefon: +49 711 685-84265**  
**eMail: mayer@hsg-imat.de**



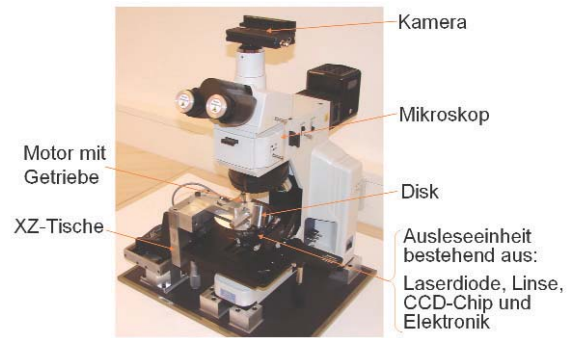


Abb. 4: Versuchsaufbau unter Mikroskop

Durch die Verwendung eindeutiger Kombinationen für jedes Feld auf dem Umfang, z. B. durch einen Binär- oder Graycode, kann das Feld und damit der Winkelwert eindeutig detektiert werden. Die optische Detektion selbst erfolgt durch die unterschiedlichen Gitterkonstanten der Subfelder. Die jeweils erste Beugungsordnung jedes Gitters wird in eine andere, vorhersehbare Richtung abgelenkt. Ein Photodiodenarray detektiert die einzelnen Intensitäten dieser ersten Beugungsordnungen und nach einer Digitalisierung liegt der Winkelwert entsprechend z. B. im Binär- oder Graycode vor.

**LABORAUFBAU ZUM NACHWEIS DES FUNKTIONSPRINZIPIES**

Den Versuchsaufbau zum Nachweis des Funktionsprinzips zeigt Abb. 4, er ist auf einem Mikroskop aufgebaut, was die Justage und Überwachung des optischen Systems vereinfacht. Die optische Ausleseeinheit für den Laboraufbau besteht aus einer Laserdiode ( $\lambda = 650 \text{ nm}$ ), einer Linse und einem CCD-Chip, mit dem sich der Funktionsnachweis einfacher gestaltet als mit einem Photodiodenarray. Diese Ausleseeinheit ist auf dem xyz-Tisch des Mikroskops montiert. Die Winkelscheibe selbst ist über der Ausleseeinheit positioniert, durch separate Verschiebetische positionierbar und kann über einen Motor rotiert werden. Der Laserstrahldurchmes-

ser beträgt auf der Winkelscheibe für den Funktionsnachweis etwa  $500 \mu\text{m}$  und auf dem CCD-Chip etwa  $50 \mu\text{m}$ , wobei die Felder auf der Winkelscheibe ca.  $400 \mu\text{m}$  breit sind.

**MESSERGEBNISSE**

Mit dem Laboraufbau konnte der Funktionsnachweis für das Konzept des absolut kodierten Drehgebers erbracht werden. Abb. 5 zeigt beispielhaft vier Teilbilder, die bei der Teilrotation der Winkelscheibe mit dem CCD-Chip als Empfänger detektiert wurden. Die Bilder zeigen die ersten 3 Bit als Ausschnitt aus dem Gray-Code. Es ist eindeutig zu erkennen, dass die jeweiligen Beugungsrichtungen auftauchen und wieder verschwinden, d. h. über eine Intensitätsschwelle an den einzelnen Beugungsordnungen kann die Parität von Bits gesetzt und damit der Winkelwert kodiert werden kann. Erste Versuche mit einem Photodiodenarray anstatt des CCD-Chips bestätigten diese Messungen.

**ZUSAMMENFASSUNG**

Das Funktionsprinzip eines absolut kodierten optischen Drehwinkelsensors mit einer Compact Disc als geometrische Maßverkörperung konnte nachgewiesen werden. Für den Funktionsnachweis wurde der Einfachheit halber zwar eine geringe Auflösung von 6 Bit bei einer Feldbreite von  $400 \mu\text{m}$  gewählt, diese kann jedoch noch wesentlich gesteigert werden. Absolutwerte mit 10-12 Bit bei einem Maßspurdurchmesser von  $50 \text{ mm}$  sind durchaus denkbar. Durch intelligente Wahl der Kodierung kann zudem ein annähernd sinusförmiges Signal an bestimmten Elementen des Photodiodenarrays gewonnen werden, was eine nachgeschaltete Interpolation des Signals und damit die Auflösungssteigerung ermöglicht. Die ersten Messergebnisse mit dem Laboraufbau zeigen die Einfachheit, die Leistungsfähigkeit und das große Potenzial des Drehwinkelsensor-konzepts, welches nach Baugröße, Herstellungskosten, Auflösung, Eigenschaften und Elektronikaufwand für verschiedenste Anwendungen adaptiert und optimiert werden kann.

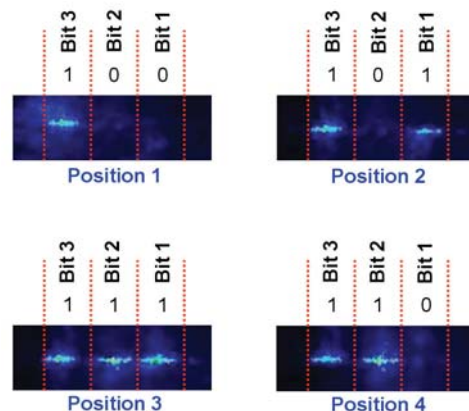


Abb. 5: Messungen zum Funktionsnachweis (4 Teilbilder)

## Neubau für IZFM und HSG-IMAT

Nach einer gut dreijährigen Vorbereitungs- und Planungszeit fand am 30. Mai 2005 die Grundsteinlegung des gemeinsamen Neubaus des Instituts für Zeitmesstechnik, Fein- und Mikrotechnik (IZFM) der Universität Stuttgart und des Instituts für Mikroaufbautechnik der Hahn-Schickard-Gesellschaft (HSG-IMAT) am Allmandring auf dem Campus der Universität Stuttgart statt. Unter den geladenen Gästen befanden sich unter anderem Wirtschaftsminister Ernst Pfister, Ministerialdirektor Dr. Rainer Hägele vom Finanzministerium des Landes Baden-Württemberg, Prorektor Prof. Dr. phil. Horst Thomé von der Universität Stuttgart, LBD Klaus Schmiedek vom Universitätsbauamt Stuttgart und Hohenheim und Dr. Harald Stallforth, Vorsitzender des Vorstandes der Hahn-Schickard-Gesellschaft. Das Richtfest folgte am 3. November 2005. Bis Ende Februar 2007 wird mit der Fertigstellung des Gebäudes gerechnet und der Umzug soll im März 2007 abgeschlossen werden. Die Baukosten von rund 5,4 Millionen Euro werden gemeinsam vom Land Baden-Württemberg mit 47,33 % und der Hahn-Schickard-Gesellschaft mit 52,67 % finanziert.

Durch das stetige Wachstum insbesondere des HSG-IMAT, was sowohl die Zahl der Mitarbeiter als auch die Erweiterung der Geräteausrüstung betrifft, und weil das Gebäude in der Breitscheidstraße aus dem Jahre 1957 den technischen Anforderungen für den Institutsbetrieb nicht mehr gerecht werden konnte, wurde dieser Neubau notwendig. Die gute Entwicklung liegt unter anderem darin begründet, dass das Institut die Anwendungen von thermoplastischen Bauteilen und MID in der Mikrosystemtechnik einschließlich geeigneter Aufbau- und Verbindungstechniken konsequent entwickelt hat und alle wichtigen Prozesse unter einem Dach bereithält. So können forschungs- und entwicklungsrelevante Fragestellungen angefangen von der ersten Idee bis zur Anfertigung und Charakterisierung von Prototypen umgesetzt werden. Dies ist umso wichtiger als die komplexe Thematik im Hinblick auf Kosten, Funktion und Zuverlässigkeit nur durch eine ganzheitliche Herangehensweise erfolgreich bearbeitet werden kann. Dafür sind allerdings umfangreiche Ausstattungen und entsprechend Räumlichkeiten notwendig. Im Institutsneubau mit

einer Bruttofläche von 2450 m<sup>2</sup> werden dafür künftig insgesamt ca. 1350 m<sup>2</sup> an Büros, Labors, Werkstätten, Seminarräumen und Praktikumsräumen zur Verfügung stehen, wovon 650 m<sup>2</sup> durch das IZFM und 700 m<sup>2</sup> durch das HSG-IMAT genutzt werden. Für die kurz- bis mittelfristige positive Weiterentwicklung der Institute stehen somit nun geeignete Räumlichkeiten zur Verfügung und wir dürfen uns insbesondere im neuen Gebäude auf ein modernes Telekommunikations- und Datenetz, klimatisierte Labors und eine den Anforderungen gerechte Prozessmedienversorgung freuen.

Bei der wissenschaftlichen Geräteausrüstung im Neubau stellen insbesondere die neuen chemischen Vorbehandlungs- und Metallbeschichtungsanlagen für thermoplastische Bauteile mit größeren Bädern einen großen Fortschritt dar, insbesondere im Hinblick auf eine noch höhere Schichtqualität und ein breiteres Spektrum an außenstromlosen und galvanischen Schichtmodulen.

**Kontakt: Dr. Manfred Schubert**  
**Telefon: +49 711 685-83718**  
**eMail: [schubert@hsg-imat.de](mailto:schubert@hsg-imat.de)**

Darüber hinaus erhält das HSG-IMAT aus Mitteln der Zukunftsoffensive - IV Investitionsmittel für den Aufbau neuer strategischer Arbeitsgebiete. So wird im Februar 2007 das neue Maskless Mesoscale Materials Deposition System (M<sup>3</sup>D) der Fa. Optomec im HSG-IMAT in Vaihingen installiert. Damit wird es ermöglicht, auf der Basis von nanoskaligen Lösungen feinste Dünnschichten aus Metallen, Polymeren oder Primersystemen mit lateralen Abmessungen von unter 5 - 10 µm auf verschiedensten 3D-Substraten aus Kunststoffen, Keramiken oder Metall abzuscheiden. Weiterhin ist auch die selektive Abscheidung von Klebstoffen und Biomaterialien mit geringsten Mengen möglich. Für die Aufbau- und Verbindungstechnik eröffnet sich damit die Möglichkeit multifunktionale 3D-MID- Packages mit mehrlagigen feineren Leiterbahnsystemen oder integrierten passiven elektronischen Bauelementen wie Widerständen, Kondensatoren oder Spulen herzustellen. Für die Untersuchung optischer Bauelemente aus Kunststoff ist eine Ultrapräzisionsbearbeitungsmaschine geplant. Neben der spanabhebenden Anfertigung von Linsen, Wellenleitern etc. sollen insbesondere Spritz-

gießformen für optische und fluidische Elemente angegangen werden. Darüber hinaus wird die Untersuchung und Modellierung der Zuverlässigkeit von Systemen auf der Basis thermoplastischer 3D-Packages künftig größeren Raum bei den Arbeiten im HSG-IMAT einnehmen. Für die experimentellen Untersuchungen sind eine hoch auflösende Röntgentomographieanlage und ein Rasterelektronenmikroskop geplant. Schließlich ist für die Metallbeschichtung von Kunststoffbauteilen für Leiterbahnen und optische Schichten eine flexible PVD-Anlage vorgesehen.

Der Weg führt uns also in eine spannende Zukunft mit vielen neuen Ideen für zukunftsweisende Forschungs- und Entwicklungsarbeiten.



## Impressionen vom Neubau



# Publikationen & Marketing

- Lehrveranstaltungen
- Studienarbeiten · Diplomarbeiten
- Messebeteiligungen · Workshop  
Mitwirkung in Gremien
- Vorträge & Veröffentlichungen
- Patente & Gebrauchsmuster

# Lehrveranstaltungen

## VORLESUNGEN

### H. Kück

Grundlagen der Mikrotechnik mit  
Übungen

### H. Kück

Aufbau- und Verbindungstechnik mit  
Übungen

### B. Martin

Ausgewählte Messverfahren der Fein-  
und Mikrotechnik

### R. Mohr

Elektronik für Mikrosystemtechniker

### R. Mohr

Elektronische Bauelemente in der  
Mikrosystemtechnik

### B. Bertsche, E. Göde, H. Kück, E. Laurien, E. Westkämper

Einführung in den Maschinenbau

### H. Kück, R. Mohr, D. Warkentin

Modellierung und Simulation in der  
Mikrosystemtechnik

## SEMINAR

Seminar der Mikrosystemtechnik

## KOLLOQUIUM

Kolloquium der Mikrosystem- und  
Feinwerktechnik

## PRAKTIKA

Hauptfachpraktikum  
Mikrosystemtechnik

Allgemeines Praktikum des  
Maschinenbaus

Elektronik-Praktikum für  
Mikrosystemtechniker

## EXKURSIONEN

Ziel: HSG-IMIT, Villingen-  
Schwenningen,  
16.02.2006, 19 Teilnehmer

Ziel: Robert Bosch GmbH, Immenstadt  
im Allgäu,  
14.07.2006, 18 Teilnehmer



# Studienarbeiten

## Diplomarbeiten

### IN 2006 ABGESCHLOSSENE STUDIENARBEITEN

#### **Eisenmann, Björn**

Konzeption, Auslegung und Inbetriebnahme einer Ansteuer- und Auswerteschaltung für einen inkrementellen optischen Drehwinkelsensor  
Betreuer: Dipl.-Ing. V. Mayer, Dipl.-Ing. R. Mohr

#### **Fritz, Karl-Peter**

Auslegung, Konstruktion und Aufbau eines Demonstrators zur Verifikation der Absolutcodierung eines optischen Drehwinkelsensors  
Betreuer: Dipl.-Ing. V. Mayer, Dr.-Ing. D. Warkentin

#### **Hirsch, Thorsten**

Untersuchungen zum Einfluss der Substrattemperatur auf die Laser-Direkt-Strukturierung  
Betreuer: Dipl.-Ing. D. Ahrendt

#### **Hönle, Jan**

Herstellung einer Mikrostruktur mit Hilfe der ECF-Technik für einen Formeinsatz  
Betreuer: Dipl.-Ing. K. Hofmann

#### **Kliche, Kurt**

Grundlegende Untersuchungen zum Zwei-Ebenen-Heißprägen  
Betreuer: Dipl.-Ing. D. Benz

#### **Lapper, Sven**

Untersuchungen zum Delaminationsverhalten und zur Haftfestigkeit von durch Laserdirektstrukturierung (LDS) hergestellten Leiterbahnen  
Betreuer: Dipl.-Ing. H. Willeck

#### **Lauxmann, Michael**

Konstruktion einer Abschäl- und Sensoreinheit zur Haftfestigkeitsmessung  
Betreuer: Dipl.-Ing. H. Willeck

#### **Liu, Jiaxin**

Lebensdaueruntersuchungen an MID-Neigungssensoren  
Betreuer: Dipl.-Ing. D. Benz

#### **Schwenck, Adrian**

Modellierung des Verformungsverhaltens von Polymerbumps zur Flipchipmontage auf MID  
Betreuer: Dipl.-Ing. U. Keßler

### IN 2006 ABGESCHLOSSENE DIPLOMARBEITEN

#### **Isringhausen, Ulrike**

Integration von elektronischen Bauteilen in gemoldete Schaltungsträger  
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück, H. Rohde (Robert Bosch GmbH)

#### **Otto, Peter**

Erarbeitung von konstruktiven Konzepten für die Implementierung von Infrarot-Halbleiter-Lichtquellen in ein Kraftfahrzeug-Nachtsichtsystem  
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück, Dr. R. Ackermann (Automotive Lighting Reutlingen GmbH)

#### **Seybold, Jonathan**

Auslegung und experimenteller Nachweis von Strahlengang und Codierung für einen optischen Drehwinkelsensor  
Betreuer: Dipl.-Ing. V. Mayer

#### **Schwenck, Adrian**

Optimierung eines kapazitiven Neigungssensors  
Betreuer: Dipl.-Ing. D. Benz

#### **Kliche, Kurt**

Charakterisierung thermischer Strömungssensoren mit integriertem Strömungskanal  
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück, Dr. S. Billat (HSG-IMIT)

#### **Wolter, Frank**

Aufbau eines Prüfstands zur Messung der Leckagerate von verschlossenen Micro-Vias in MID  
Betreuer: Dipl.-Ing. D. Ahrendt

# Messebeteiligungen · Workshop

## Mitwirkung in Gremien

### MESSEBETEILIGUNGEN

SMT Hybrid & Packaging, Nürnberg,  
30.05.-01.06.2006

Tag der Wissenschaft, Stand im  
Pfaffenwaldring 9, Universität  
Stuttgart, 07.07.2006

7. Internationaler Kongress MID 2006,  
Fürth, 27.-28.09.2006

Tag der offenen Tür, HSG-IMIT,  
Villingen-Schwenningen, 29.10.2006

Electronica, München, 14.-17.11.2006

### WORKSHOP

"Innovative Fabrication and Assembly  
Technologies for Sensors and  
Actuators", Veranstalter: IZFM und  
HSG-IMAT im Rahmen des EU 4M  
Network of Excellence "Multi-Material  
Micro Manufacture", Stuttgart,  
24.03.2006, ca. 60 Teilnehmer

### MITWIRKUNG IN GREMIEN

**U. Keßler**  
Mitglied der DVS AG A2.4 Bonden

**H. Kück**  
Mitglied im Fachausschuss 4.8  
"Mikrofertigung und Werkstoffe" der  
GMM

**H. Kück**  
Mitglied im Wissenschaftlichen Rat  
der AiF

**H. Kück**  
Mitglied im Fachbeirat des  
"Kompetenznetz MAHREG  
Automotive"

**W. Eberhardt**  
Deputy Head of Division bei WP6  
"Assembly and Packaging" im Network  
of Excellence: "Multi-Material Micro  
Manufacture: Technology and applica-  
tions (4M)"

### D. Warkentin

Sub Task Leader bei WP11 "Sensors  
and Actuators" im Network of  
Excellence: "Multi-Material Micro  
Manufacture: Technology and applica-  
tions (4M)", Sub Task 11.1b: Low cost  
non-silicon physical sensors (bis Juni  
2006)

### D. Benz

Sub Task Leader bei WP11 "Sensors  
and Actuators" im Network of  
Excellence: "Multi-Material Micro  
Manufacture: Technology and applica-  
tions (4M)", Sub Task 11.1b: Low cost  
non-silicon physical sensors (ab Juli  
2006)

Wir sind Mitglied der  
Arbeitsgemeinschaft industrieller  
Forschungsvereinigungen  
"Otto von Guericke" e.V. (AiF)





## Vorträge & Veröffentlichungen

- D. Ahrendt, **"Prozesscharakterisierung bei der Abscheidung von Chemisch-Kupfer auf LDS-MID"**, 1. Cluster-Meeting: Mess- und Prüftechnik für den Test von Mikrosystemen, Nürnberg, 01.06.2006
- D. Ahrendt, W. Eberhardt, U. Keßler, S. Weser, H. Kück, **"Micro Vias in MID Fabricated by Laser Techniques"**, Proceedings 7. International Congress Molded Interconnect Devices MID 2006, Fürth, 27.-28.09.2006
- M. Arnold, **"Fabrication and Measurement of an Electrostatic Miniature Valve"**, Workshop **"Innovative Fabrication and Assembly Technologies for Sensors and Actuators"**, IZFM and HSG-IMAT, Stuttgart, 24.03.2006
- M. Arnold, **"Mikrodispenser in Kunststoffmikrospritzguss als kostengünstiges Einwegbauteil"**, Abschlusspräsentation AiF Projekt 151 ZN, Freiburg, 23.05.2006
- D. Benz, T. Botzelmann, H. Kück, D. Warkentin, **"Low Cost Inclination Sensor based on MID technology"**, Proceedings of the 2nd International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Grenoble, 20.-22.09.2006
- D. Benz, H. Kück, D. Warkentin, **"Low Cost Inclination Sensor based on MID technology"**, Workshop **"Innovative Fabrication and Assembly Technologies for Sensors and Actuators"**, IZFM and HSG-IMAT, Stuttgart, 24.03.2006
- W. Eberhardt, **"Technologien zum Aufbau von Mikrodrehgebern mittels Laser-MID-Technik"**, 2. Öffentliches Statusseminar IMDAKT, HSG-IMAT, Stuttgart, 11.05.2006
- W. Eberhardt, D. Ahrendt, U. Keßler, D. Warkentin, H. Kück, **"Polymer Based Multifunctional 3D-Packages for Microsystems"**, Proceedings of the 2nd International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Grenoble, 20.-22.09.2006
- W. Eberhardt, H. Kück, **"Multifunktionale 3D MID Packages für die Mikrosystemtechnik"**, Potenziale und Trends der Mikro- und Nanotechnik, GMM - VDE/VDI-Gesellschaft Mikroelektronik, Mikro- und Feinwerktechnik, VDE Verlag, Berlin, 2006
- K. Hofmann, L. Staemmler, H. Kück, **"Manufacturing of micromolds using hybridtooling with ECF"**, 4&2M Workshop and Conference, Budapest, 23.-24.03.2006
- U. Keßler, W. Eberhardt, A. Schwenck, D. Warkentin, H. Kück, **"Properties of Polymer Bumps for Flip Chip Mounting on Moulded Interconnect Devices (MID)"**, ESTC 2006, Proceedings 1st Electronics Systemintegration Technology Conference, Dresden, 05.-07.09.2006
- H. Kück, **"Aufbau von Mikrosystemen mit innovativen Kunststoffelementen"**, Kooperationsforum Mikro- und Nanotechniken der MST Aerospace GmbH, Köln, 08.03.2006
- H. Kück, **"Hinweise zur problemgerechten Auswahl der MID Technologie"**, Tutorial **"3-Dimensional Molded Interconnect Devices (3D MID) - die dreidimensionale Leiterplatte auf dem Weg vom Labor in die Serienproduktion"**, SMT/HYBRID/PACKAGING 2006, Nürnberg 30.05.2006
- H. Kück, **"MID - eine Technologie für innovative Systeme der Kfz- und Medizintechnik"**, Viscom Technologie-Forum, Hannover, 15.-16.02.2006
- H. Kück, **"Perspektiven der MST durch MID basierte Aufbau- und Verbindungstechniken"**, Festkolloquium "10 Jahre MST am IWE1 der RWTH Aachen", 09.06.2006

# Vorträge & Veröffentlichungen

## Patente & Gebrauchsmuster

### VORTRÄGE & VERÖFFENTLICHUNGEN

H. Kück, D. Benz, V. Mayer, **"Polymere in leitender Position"**, Mikroproduktion 4/2006, Carl Hanser Verlag, München

V. Mayer, H. Kück, D. Warkentin, **"Innovative Angular Encoder System"**, Workshop **"Innovative Fabrication and Assembly Technologies for Sensors and Actuators"**, IZFM and HSG-IMAT, Stuttgart, 24.03.2006

V. Mayer, D. Warkentin, H. Kück, **"High resolution low cost optical angular resolver"**, Proceedings of the 2nd International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Grenoble, 20.-22.09.2006

L. Staemmler, K. Hofmann, M.-H. Kim, D. Warkentin, H. Kück, **"Adapting ECF to steels used for micro mould inserts"**, Proceedings of the 2nd International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Grenoble, 20.-22.09.2006

L. Staemmler, K. Hofmann, H. Kück, **"ECF Processing of Tool Steels"**, Third International Symposium on Electrochemical Machining Technology INSECT 2006, Dresden, 26.-27.10.2006

L. Uriarte, A. Herrero, A. Ivanov, H. Oosterling, L. Staemmler, P. Torben Tang, D. Allen, **"Comparison between microfabrication technologies for metal tooling"**, Proc. IMechE Vol. 220 Part C: J. Mechanical Engineering Science, 220(C11), 1665-1676

B. Wang, W. Eberhardt, H. Kück, **"Plasma Pretreatment of Liquid Crystal Polymer and Subsequent Metallization by PVD"**, Vacuum, Vol. 81, Nr. 3, 2006, 325-328

B. Wang, W. Eberhardt, S. Tian, H. Kück, **"Metallization of a Liquid Crystal Polymer by PVD Using a Nickel Interlayer"**, Journal of Adhesion Science and Technology, Vol. 20, Nr. 2-3, 2006, 175-182

H. Willeck, **"Haftfestigkeitsprüfung von mikrostrukturierten Metallschichten auf MID"**, 1. Cluster-Meeting: Mess- und Prüftechnik für den Test von Mikrosystemen, Nürnberg, 31.05.2006

### PATENTE

D. Benz, T. Botzelmann, H. Kück, D. Warkentin, **"Kapazitiver Sensor zum Messen einer Messgröße"**, DE 10 2005 025 908 B3, 06.03.2006, International PCT /EP 2006 / 005293, 02.06.2006

V. Mayer, H. Kück, T. Botzelmann, D. Warkentin, **"Codierungselement für einen Positionsgeber"**, 10 2006 009 747.5, International PCT /EP 2006 / 010337, 26.10.2006

D. Ahrendt, D. Benz, W. Eberhardt, U. Kessler, H. Kück, D. Warkentin, S. Weser, **"Verfahren zum Herstellen einer elektronischen Baueinheit, zugehörige Baueinheit und Baugruppe mit mindestens einer solchen Baueinheit"**, DE 10 2006 025 553.4, 01.06.2006

### GEBRAUCHSMUSTER

H. Kück, D. Benz, **"Ventil zur Steuerung von Fluiden"**, 20 2006 010 727.4

H. Kück, D. Benz, **"Pumpeinheit für Fluide"**, 20 2006 010 726.6

**Redaktion** Ulrich Allgeier  
Mitarbeiter der Bereiche

**Gestaltung** Iris Schmalhoff  
Monika Teichner

**Druck** Revellio Druck & Medien GmbH  
Villingen-Schwenningen

© Copyright HSG-IMAT 2007  
ISSN 1861-7220

