

HSG-IMAT



Jahresbericht 2009

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

E-Mail info@hsg-imat.de
Internet 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

E-Mail info@izfm.uni-stuttgart.de
Internet www.uni-stuttgart.de/izfm

Sehr geehrte Damen und Herren,

trotz der wirtschaftlich schwierigen Zeit konnte der Betriebshaushalt des HSG-IMAT im Jahr 2009 dank einer guten Akquisitionssituation im öffentlichen Bereich insgesamt um 18% gegenüber 2008 wachsen. Bei den Industrieaufträgen betrug die Steigerung immerhin noch gut 5%. Als besonders fruchtbar hat sich die Kooperation mit dem Applikationszentrum MicroMountains Applications AG (MMAG) entwickelt. So ist es uns im April 2009 gelungen gemeinsam mit MMAG und der 2E mechatronic GmbH & Co. KG einen hoch genauen Neigungswinkelsensor in die Serie zu überführen. Der Sensor wird bei Leica Geosystems in den neuesten Laserlängenmesssystemen eingesetzt und ermöglicht die Höhenmessung mittels Triangulation.

Die MID-Technik, auf der wir seit über 10 Jahren arbeiten, hat den Einzug in die Industrie gefunden. Neue Produktentwicklungen in Deutschland wurden erfolgreich mit der Laser-Direktstrukturierung abgeschlossen. In Fernost erfreut sich die LDS-Technik sehr starker Zuwachsraten bei Antennen für die mobile Kommunikation, wo zweistellige Millionenstückzahlen pro Monat hergestellt werden. Im vergangenen Jahr war HSG-IMAT auch an vielversprechenden neuen Entwicklungen bei der Heißprägetechnik beteiligt. So wurden gemeinsam mit dem Forschungsinstitut Edelmetalle und Metallchemie neue Wege zur deutlichen Verbesserung der Stempelstandzeit gefunden.

Gemeinsam mit der Schlenk Metallfolien GmbH & Co. KG konnte gezeigt werden, dass Walzfolien zusammen mit einem Laser-Vorschnitt wesentliche Vorteile bei Stempelstandzeit, Feinheit der Leiterbahnen, Restfolienentfernung und Kosten gegenüber den bisherigen galvanisch hergestellten Folien ermöglichen.

Das ungebrochen steigende Interesse an MID-Techniken zeigte sich auch auf unserem Workshop 2009, wo wir trotz Krise wieder über 100 Teilnehmer aus der Industrie begrüßen konnten. Neben der guten Entwicklung der Projektarbeit durften wir dank der großzügigen Förderung des Landes Baden-Württemberg über das Konjunkturpaket 2 der Bundesregierung im vergangenen Jahr mit den Planungen für den Ausbau einer 180 m² großen Reinraumhalle im Erdgeschoß des Institutsgebäudes beginnen. In der Reinraumhalle werden ab 2011 Laserbearbeitung, Drucktechnik sowie Aufbau- und Verbindungstechnik betrieben. Bei der AVT werden wir dann als neuen Schwerpunkt die hoch genaue 3D Montage von technologisch heterogenen Mikrosystemen angehen. Hier stellt die automatisierte bzw. teilweise automatisierte Fertigung bei kleinen und mittleren Stückzahlen noch eine sehr große Herausforderung für die Anwender dar. Wir werden dazu eine flexibel anpassbare Pilotlinie aufbauen. Die neue Reinraumhalle wird künftig ein wesentlicher Bestandteil der „HSG-IMAT Transfer Fab

(HSG-ITF)“ sein. So nennen wir künftig unser Leistungsangebot für die Mikrosystemfertigung.

Neben Entwicklungsaufgaben wollen wir vor allem die Fertigung von Erst- und Kleinserien immer dann übernehmen, wenn die Fertigung bei einem Industrieunternehmen nicht oder noch nicht sinnvoll ist. Mit diesem Ansatz, mit dem wir auch am Spitzencluster MicroTEC Südwest beteiligt sind, werden wir künftig insbesondere für KMU einen wichtigen Beitrag leisten, die Markteintrittsbarrieren bei technologisch heterogenen Mikrosystemen zu überwinden.

So werden wir unsere Partner aus der Industrie künftig noch besser unterstützen können, die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren voran zu treiben. Deshalb laden wir Sie seitens HSG-IMAT ganz herzlich ein, uns auf Lösungen Ihrer Aufgaben anzusprechen.



Ihr Heinz Kück
Institutsleiter des HSG-IMAT und IZFM

Inhaltsverzeichnis

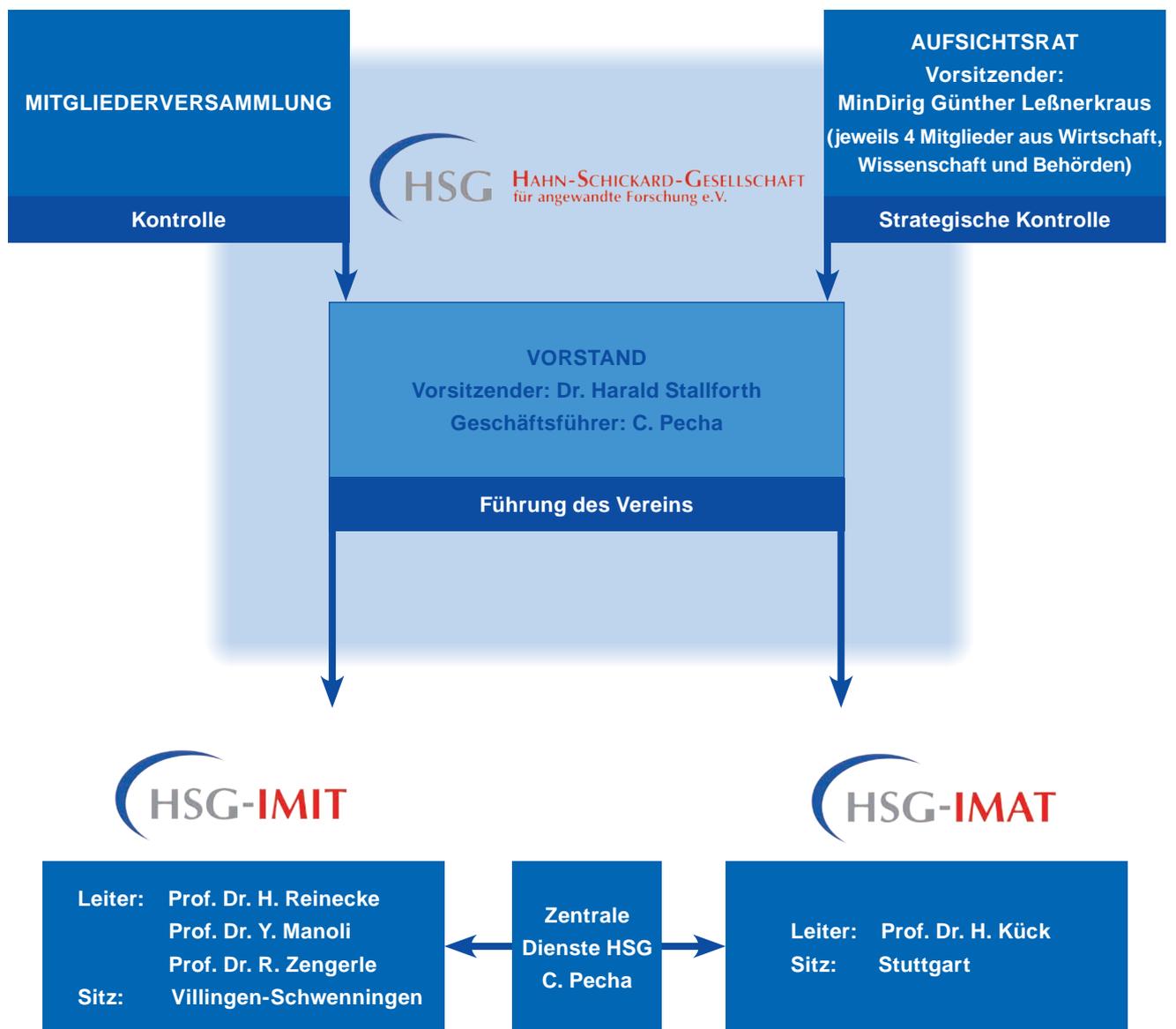
Kontakt	2
Grußwort	3
Inhaltsverzeichnis.....	4
Die Hahn-Schickard-Gesellschaft	5
Organe & Organisation der HSG.....	6
Aufsichtsrat & Vorstand	7
Mitglieder	8
Das HSG-IMAT	9
Struktur & Ansprechpartner.....	10
Das Institut in Zahlen	11
Die Abteilungen des HSG-IMAT	12
Technologie.....	13
Bauelemente und Systeme.....	14
Projektberichte	15
Hochauflösender optischer Drehgeber	16
Untersuchungen zur Verbesserung der Stempelstandzeit für die Heißpräge-MID-Technik.....	18
Kapazitive Neigungswinkelsensoren.....	20
Untersuchungen zur Stiftkontaktierung bei MID.....	22
Spritzgegossene Mikronadel-Arrays.....	24
Alternative Heißprägefolien für die MID-Technik.....	26
Publikationen & Marketing	29
Lehrveranstaltungen • Exkursionen	30
Studienarbeiten • Diplomarbeiten • Promotionen.....	31
Messebeteiligungen • Workshop • Mitwirkungen in Gremien • Patente	32
Vorträge & Veröffentlichungen	33
Impressum.....	35

Die Hahn-Schickard-Gesellschaft

Die Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V. (HSG) 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 in Baden-Württemberg.

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

Organe & Organisation der HSG



Stand: 01/2010

Aufsichtsrat & Vorstand

AUFSICHTSRAT

Vorsitzender:

**Ministerialdirigent
Günther Leßnerkraus**

Wirtschaftsministerium
Baden-Württemberg

Dr. Norbert Fabricius

Karlsruher Institut für Technologie

Dr. Georg Bischopink

Robert Bosch GmbH

Eckehardt Keip

LITEF GmbH

Dr. Rupert Kubon

Oberbürgermeister Große Kreisstadt
Villingen-Schwenningen

Dr. rer. nat. Mirko Lehmann

IST AG

Professor Dr. Johann Löhn

Steinbeis-Stiftung
Präsident der Steinbeis-Hochschule
Berlin

Professor Dr. Ulrich Mescheder

Hochschule Furtwangen

Professor Dr. Wolfgang Osten

ITO - Institut für Technische Optik
Universität Stuttgart

Dr.-Ing. Peter Post

Festo AG & Co. KG

Professor Dr. Jürgen Rühle

Institut für Mikrosystemtechnik
Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Ministerialrätin Susanne Ahmed

Ministerium für Wissenschaft,
Forschung und Kunst
Baden-Württemberg

Ständiger Gast:

Dr. Bernhard Rami

Bundesministerium für Bildung und
Forschung

VORSTAND

Vorsitzender:

Dr. Harald Stallforth
AESCULAP AG

Stellvertr. Vorsitzende:

Ernst Kellermann
Marquardt GmbH

Uwe Remer

2E mechatronic GmbH & Co. KG

Dr. Wolfgang Spreitzer

GRUNER AG

Schatzmeister:

Thomas Albiez

IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg

Stand: 01/2010

Mitglieder

AESCULAP AG Tuttlingen • **coHex - Technische Beratung** Donaueschingen
 • **Deutsche Bank AG** Stuttgart • **Deutsche Thomson OHG** Villingen-Schwenningen • **ECMTEC GmbH** Holzgerlingen • **Elbau Elektronik GmbH** Berlin • **Festo AG & Co. KG** Esslingen • **FORESTADENT Bernhard Förster GmbH** Pforzheim
 • **GMS Gesellschaft für Mikrotechnik und Sensorik mbH** Villingen-Schwenningen • **GRUNER AG** Wehingen • **Harman/Becker Automotive Systems (XSYS Division) GmbH** Villingen-Schwenningen • **Harting Mitronics AG** CH-Biel
 • **Helmut Fischer GmbH Institut für Elektronik und Messtechnik** Sindelfingen-Maichingen • **Hoerbiger-Holding AG** CH-Zug • **HOPF ELEKTRONIK** Lüdenscheid • **Hopp Elektronik GmbH & Co. KG**, Freiburg • **Hopt + Schuler GmbH & Co. KG** Rottweil • **IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg** Villingen-Schwenningen • **ISGUS GmbH** Villingen-Schwenningen • **KENDRION BINDER MAGNETE GmbH** Villingen-Schwenningen • **KUNDO System-Technik GmbH** St. Georgen • **Lotus Systems GmbH** Gutmadingen
 • **MADA Marx Datentechnik GmbH** Villingen-Schwenningen • **MARQUARDT GmbH** Rietheim-Weilheim • **MEAS Deutschland GmbH** Dortmund • **2E mechatronic GmbH & Co. KG** Kirchheim unter Teck • **Metec Ingenieur AG** Stuttgart • **Northrop Grumann LITEF GmbH** Freiburg • **Perpetuum Ebner GmbH & Co. KG** St. Georgen • **QUNDIS GmbH** St. Georgen • **Robert Bosch GmbH** Stuttgart • **SCHMIDT Technology GmbH** St. Georgen • **Schölly Fiberoptic GmbH** Denzlingen • **Schwarzwälder-Service Industrie- u. Gebäudereinigung GmbH + Co.** Villingen-Schwenningen • **Sparkasse Villingen-Schwenningen** Villingen-Schwenningen • **Steinbeis-Transferzentrum Infotek** 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 • **T.O.P. Technologie Organisation Projekte GmbH & Co. KG** Freiburg • **VDO Automotive AG - Ein Unternehmen des Continental Konzerns** Villingen-Schwenningen
 • **VISENSO GmbH** Stuttgart

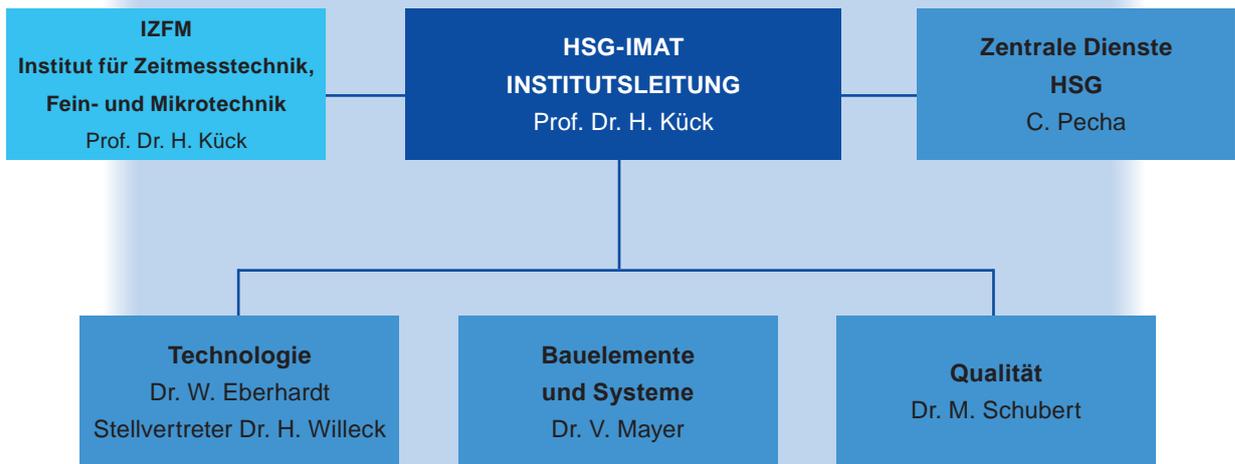
Stand: 01/2010

Das HSG-IMAT

Das HSG-IMAT wurde im Jahr 1955 als von der Industrie getragenes Forschungsinstitut unter dem Namen Forschungsinstitut für Uhren- und Feingerätetechnik gegründet.

Heute arbeitet das HSG-IMAT in enger Kooperation mit dem Institut für Zeitmesstechnik, Fein- und Mikrotechnik der Universität Stuttgart in der Gehäuse- und Verbindungstechnik für Mikrosysteme unter Einsatz von Kunststoffgehäusen und Molded Interconnect Devices (MID) sowie in der Entwicklung innovativer Sensor- und Aktorsysteme in hybrider Aufbautechnik mit mikrostrukturierten MID.

Struktur & Ansprechpartner



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

Sekretariat P. Hoffmann
Telefon +49 711 685-83711

Lehre / IZFM Dipl.-Ing. R. Mohr
Telefon +49 711 685-83713

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

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

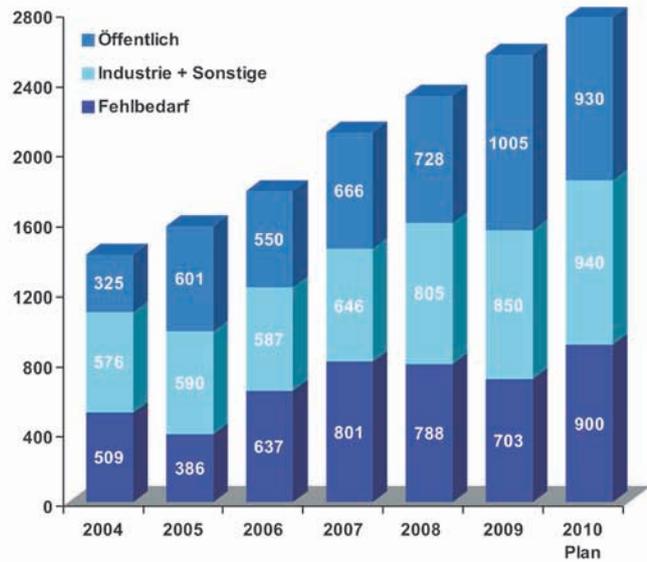
Abteilung Technologie Dr. W. Eberhardt
Telefon +49 711 685-83717
Dr. H. Willeck
Telefon +49 711 685-84780

Abteilung Bauelemente und Systeme Dr. V. Mayer
Telefon +49 711 685-84265

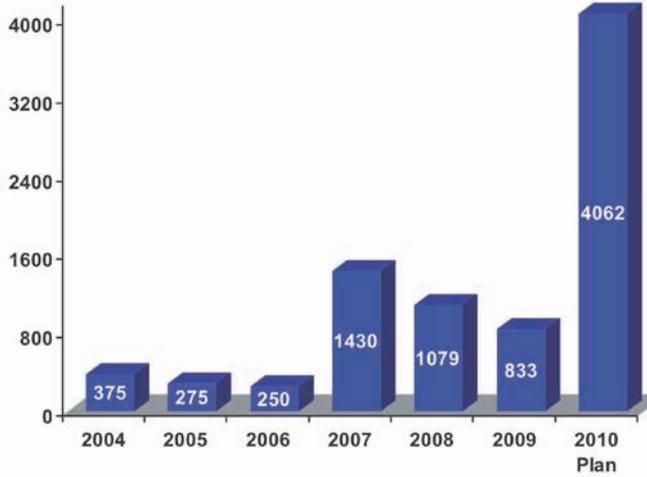
Stand: 01/2010

Das Institut in Zahlen

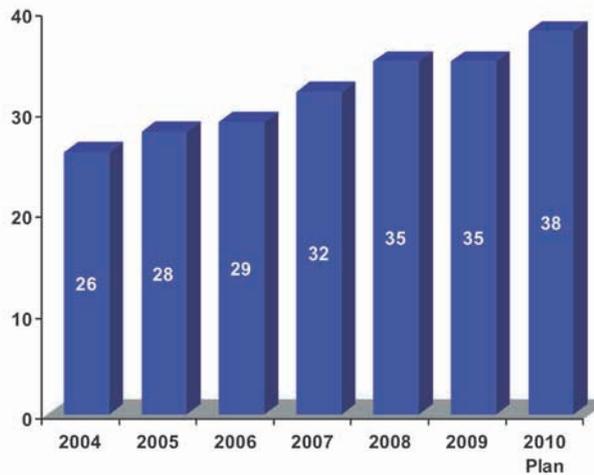
Entwicklung des Haushalts in T Euro



Entwicklung der Investitionen in T Euro



Entwicklung der Personalstärke



Die Abteilungen des HSG-IMAT

- Technologie
- Bauelemente und Systeme

Technologie

In der Abteilung Technologie liegen die Arbeitsschwerpunkte auf den Strukturierungs- und Metallisierungsprozessen für MID-Baugruppen sowie auf Montage- und Fügetechniken von mikrotechnischen Bauteilen, insbesondere SMD, Nackt-Chips und mikrooptischen Bauelementen. Unser F+E Angebot reicht von Beratung und Machbarkeitsstudien über Forschung und Entwicklung zu Verfahren und mikrosystemtechnischen Baugruppen bis zur Prototypen- und Kleinserienfertigung. Da wir im HSG-IMAT über eine komplette Prozesslinie für MID-Baugruppen verfügen, können wir unsere Partner und Kunden ganzheitlich zu Fragen der gesamten Prozesskette beraten. Unser interdisziplinäres Team von Wissenschaftlern und Technikern ist mit unseren modernen Geräten vertraut und kann für jeden Teilschritt in der MID-Fertigung Lösungen anbieten.

Unsere Kunden kommen bevorzugt aus den Branchen Automatisierungstechnik, Kfz-Technik, Medizintechnik und Life Sciences. Die Miniaturisierung und Funktionsintegration durch Nutzung von 3D MID-Baugruppen steht dabei im Vordergrund. Hierzu können feinste Leiterbahnen auf mikrospritzgießtechnisch hergestellten Kunststoffbauteilen erzeugt werden, indem die Lasertechnik mit der chemischen Abscheidung von Metallschichten kombiniert wird. Mit unserer semiadditiven LSA-Technik und der volladditiven Laserdirektstrukturierung (LPKF-LDS®-

Technologie) können wir eine breite Palette von Werkstoffen bearbeiten und für viele Anwendungen eine Lösung anbieten. Die LPKF-LDS®-Technologie hat in den letzten Jahren den Einzug in die industrielle Produktion geschafft. Die feinen Leiterbilder sind auch die Voraussetzung um Nacktchips auf thermoplastischen Schaltungsträgern zu montieren. Hierbei kommen Drahtbonden und Flip-Chip-Techniken zum Einsatz. Aber auch das bleifreie Löten von SMD-Bauelementen ist bei vielen Hochtemperaturthermoplasten problemlos möglich. Für die SMD-Montage stellt die Klebetechnik aber auch eine interessante Alternative dar.

Bei einfacheren Geometrien von Bauteil und Leiterbild ist die Heißprägetechnik ein effizientes Verfahren, da keine chemische Metallbeschichtung benötigt wird. Heißpräge-MID eignen sich besonders für die SMD-Montage. Gemeinsam mit Industriepartnern arbeiten wir derzeit daran, Walzfolien für das Heißprägen zu entwickeln, um die Verfügbarkeit der Folien sicherzustellen. Neben den spritzgegossenen Bauteilen untersuchen wir aktuell auch das Heißprägen auf geeigneten Kunststofffolien um neuartige flexible Schaltungsträger zu entwickeln.

Ein großes Potenzial zur Herstellung von funktionalen Mikrostrukturen auf MID und anderen Substraten sehen wir derzeit bei den Drucktechniken. Neben Leiterbahnsystemen sind besonders

passive elektronische Bauelemente wie Widerstände und Kondensatoren herstellbar und können auch für sensorische Aufgaben wie Temperatur- und Dehnungsmessung genutzt werden. Weiterhin ist es grundsätzlich möglich die Funktionsstrukturen der Polymerelektronik zu integrieren.

Neben modernsten Fertigungseinrichtungen verfügen wir am HSG-IMAT auch über umfangreiches Analyse- und Prüfequipment. Daher sind wir auch in der Lage, unseren Kunden geeignete Prüfungen 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. So können wir unsere Kunden während des gesamten Entwicklungsprozesses von neuen Produkten beraten und unterstützen, angefangen bei der Produktidee bis hin zu qualifizierten Prototypen und Kleinserien. Scheuen Sie es nicht, uns anzusprechen.

Kontakt: Dr. Wolfgang Eberhardt

Telefon: +49 711 685-83717

E-Mail: eberhardt@hsg-imat.de

Bauelemente und Systeme

In der Abteilung Bauelemente und Systeme liegen die Arbeitsschwerpunkte im Bereich neuartiger Sensor- und Aktorsysteme sowie hoch präziser Spritzgießwerkzeuge und der zugehörigen Mikrospritzgießtechnik.

Simulation, Konstruktion, Werkzeugbau und Spritzguss arbeiten am HSG-IMAT Hand in Hand unter einem Dach, um hochpräzise Werkzeuge und Kunststoffformteile mit feinsten Strukturabmessungen und -details anzufertigen. Mittels Spritzgussimulation werden u. a. das Füllverhalten und der Verzug vorab geklärt. Die Werkzeugkonstruktion erfolgt von erfahrenen Mitarbeitern mit Hilfe modernster CAD/CAM-Techniken. Zur Anfertigung der Spritzgießwerkzeuge stehen zwei Hochpräzisions-Fräsmaschinen zur Verfügung. Für optische Bauelemente sowie für Formeinsätze mit Oberflächenrauigkeiten Ra im einstelligen Nanometerbereich wird eine Ultrapräzisionsbearbeitungsmaschine eingesetzt.

So werden im HSG-IMAT eine Vielzahl von anspruchsvollen Mikrospritzgießbauteilen als Muster, Prototypen oder Kleinserie angefertigt. In unserer Abteilung Technologie entstehen daraus komplexe MID für neueste Aufbau-, Gehäuse- und Verbindungstechniken.

Neu angeschafft wurde eine Vertikal-Spritzgießmaschine zur Verarbeitung von Einlegeteilen. In einem IGF-Vorha-

ben werden damit beispielweise nackte Siliziumchips erfolgreich umspritzt. Weiterhin wurde das Verfahren des Film-Assisted-Transfer-Molding am Institut neu etabliert. Mit dieser Technologie können aus Duroplasten innovative Chip-Packages für widrige Bedingungen und mit sogenannter „Open-Cavity“ angefertigt werden.

Bei den Sensoren wird weiterhin intensiv an kapazitiven Sensoren gearbeitet. Nach der Serieneinführung des Neigungssensors im April 2009, steht nun ein zweiachsiges Neigungssensorsystem mit eingeschränktem Winkelbereich und wesentlich höherer Genauigkeit im Fokus der Untersuchungen. Parallel wird an einer drahtlos arbeitenden frequenzanalogen Auslesetechnik für kapazitive Sensoren gearbeitet. Die Arbeiten zu optischen Drehgebern mit mikrostrukturierten Kodierscheiben aus Kunststoff konzentrieren sich auf Plug and Play Montage für hochauflösende und absolut kodierte Systeme.

Unsere Aktivitäten zu fluidischen Aktorsystemen wurden kontinuierlich intensiviert. Hier stehen magnetisch und piezoelektrisch angetriebene Miniaturschaltventile und Miniaturpumpen im Mittelpunkt. Unsere neuartigen Lösungen zeichnen sich durch gute Medientrennung und geringen Energieverbrauch bei sehr guter Performance aus.

Für die Auslegung unserer z. T. kom-

plexen Systeme wurden unsere Aktivitäten in der Modellierung und Simulation deutlich verstärkt. Neueste Simulationswerkzeuge für mechanische, thermische, elektrische oder magnetische Fragestellungen stehen uns zur Verfügung. Aufbauend auf der Simulation der Spritzgießbauteile erarbeiten wir Modelle zur Zuverlässigkeit von bestückten MID-Baugruppen und sichern dabei die Rechnungen durch die Messung von kritischen Materialkenngrößen im HSG-IMAT ab.

Automatisierungstechnik, Kfz-Technik, Medizintechnik und Life Sciences sind für uns die wichtigsten Branchen, wo wir mit Partnern aus Industrie und Forschung viele herausfordernde und fächerübergreifende Projekte erfolgreich umsetzen konnten. Auch die enge Zusammenarbeit mit unserem Schwesterinstitut HSG-IMIT hat sich über viele Jahre bestens bewährt.

Ob es sich um Mikrospritzgießbauteile, um komplexe 3D-MID Packages für Mikrosysteme, um FEM-Simulationen oder um unsere neuartigen Sensoren und Aktoren handelt, die Abteilung Bauelemente und Systeme des HSG-IMAT unterstützt Sie gerne bei allen wichtigen Schritten zur Lösung Ihrer Problemstellung. Zögern Sie nicht, uns anzusprechen.

Kontakt: Dr. Volker Mayer

Telefon: +49 711 685-84265

E-Mail: mayer@hsg-imat.de

Projektberichte

- **Hochauflösender optischer Drehgeber**
- **Untersuchungen zur Verbesserung der Stempelstandzeit für die Heißpräge-MID-Technik**
- **Kapazitive Neigungswinkelsensoren**
- **Untersuchungen zur Stiftkontaktierung bei MID**
- **Spritzgegossene Mikronadel-Arrays**
- **Alternative Heißprägefolien für die MID-Technik**

Hochauflösender optischer Drehgeber

EINLEITUNG

Die Entwicklung optischer Drehgeber auf Basis von spritzgegossenen Kodierscheiben mit diffraktiven optischen Strukturen ist ein Hauptarbeitsgebiet der Gruppe Sensoren und Aktoren am HSG-IMAT.

In zahlreichen industriellen Anwendungen werden Drehgeber benötigt, beispielsweise für die präzise Erfassung der Winkelstellung von rotierenden Maschinenelementen oder für die Bestimmung des Lenkwinkels im Kraftfahrzeug. Grundsätzlich wird dabei zwischen inkremental und absolut kodierten Drehgebern unterschieden. Inkremental kodierte Drehgeber können lediglich Winkeländerungen erfassen und müssen daher zur Bestimmung eines absoluten Winkelwerts eine Referenzposition anfahren.

Drehgeber mit optischem Wirkprinzip zeichnen sich durch eine besonders hohe Auflösung und Genauigkeit aus. Als Maßverkörperung kommt bei herkömmlichen optischen Drehgebern in der Regel eine mikrostrukturierte Kodierscheibe aus Glas zum Einsatz, deren Herstellung mit lithographischen Verfahren erfolgt. Im Gegensatz dazu wird in den am HSG-IMAT entwickelten Drehgebern eine Kodierscheibe aus Kunststoff eingesetzt, die ähnlich wie eine CD hergestellt wird und optische Phasengitterstrukturen als Maßverkörperung enthält.

Der im Folgenden vorgestellte hochauflösende, inkrementale Drehgeber wurde im IGF-Vorhaben 219-ZN ge-

meinsam mit dem Institut für Technische Optik der Universität Stuttgart aufgebaut.

LAYOUT DER MASSSPUR

In Abb. 1 ist ein Ausschnitt der Maßspur mit den sich regelmäßig in Umfangsrichtung wiederholenden Gitterstrukturen schematisch dargestellt. Die Maßspur wird von einem Laserspot beleuchtet, dessen einfallender Strahl bei Drehung der Kodierscheibe periodisch auf vier Fotodioden (A, A', B, B') gebeugt wird.

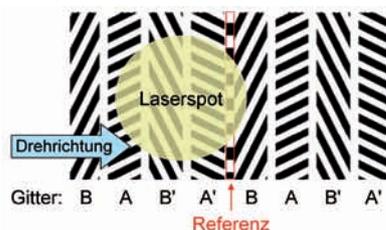


Abb. 1: Gitterstruktur des inkrementalen Drehgebers

Die Signale der vier Fotodioden werden zu zwei offsetkompensierten Ausgangssignalen verrechnet, die um eine viertel Periodenlänge zueinander verschoben sind. Dies entspricht dem Standard für inkremental kodierte Drehgeber.

Durch die raffinierte Anordnung der optischen Elemente des Strahlengangs kann eine axiale Verschiebung der Winkelscheibe bis zu $\pm 100 \mu\text{m}$ toleriert werden. Dadurch ist es möglich den Drehgeber zu montieren, ohne dass der Abstand zwischen Lichtquelle und Kodierscheibe aufwändig justiert werden muss, wie dies bei herkömmlichen

Sensoren der Fall ist.

KONSTRUKTION UND AUFBAU

Um die automatische Montage der Beleuchtungseinheit ohne einen zusätzlichen Justierschritt zu ermöglichen, muss der Abstand zwischen Laserdiode und Linse hochgenau toleriert werden. Das konnte mit einem spritzgegossenen MID-Optikmodul erreicht werden, welches mit einer ungehäuteten Laserdiode und 5 ungehäuteten Fotodioden sowie einer Mikrolinse und Blende aus Kunststoff bestückt ist. Die Platzierung der Laserdiode auf dem MID erfolgte mit einem speziellen Vakuumgreifer, wodurch eine Positioniergenauigkeit besser $\pm 20 \mu\text{m}$ in allen drei Richtungen sichergestellt wurde. Die Linse und Blende werden in einer Aufnahme im MID genau geführt. Abb. 2 zeigt ein aufgebautes Optikmodul.



Abb. 2: MID-Optikmodul

Über die Kontaktpads erfolgt die Verbindung des MID-Optikmoduls mit einer Systemplatine, welche die übrigen Komponenten zur Ansteuerung und Signalauswertung enthält. Der restliche mechanische Aufbau des Drehgebers

mit Gehäuse, Welle und Lagern ist an herkömmlichen Systemen orientiert. Abb. 3 zeigt eine CAD-Schnitt-darstellung des Gesamtaufbaus.

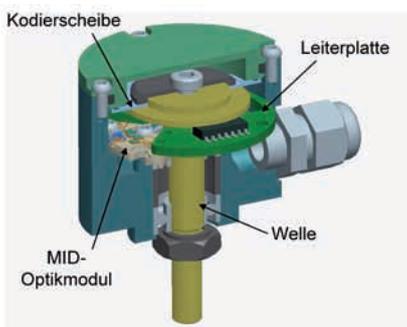


Abb. 3: Gesamtaufbau des Drehgebers

CHARAKTERISIERUNG DES DREH- GEBERS

Die Charakterisierung der aufgebauten Drehgeber erfolgte am Drehgeberprüfstand des HSG-IMAT. Dabei wurden insbesondere die Winkelfehler aufgrund der mechanischen Toleranzen, u. a. Abstandstoleranz der Kodierscheibe, sowie der Temperatureinfluss untersucht.

In Abb. 4 sind die offsetkompensierten Ausgangssignale des Drehgebers über einem Winkelbereich von 1° dargestellt.

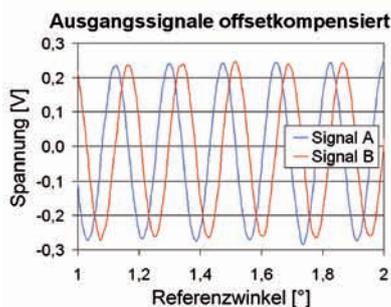


Abb. 4: Ausgangssignale

Zu erkennen ist der typische Phasenversatz von einer viertel Signalperiode. Für beide Signale A und B ergibt sich ein Klirrfaktor von $k < 3,5\%$, was eine mindestens 5-fache Interpolation bis zu einer Sensorauflösung von kleiner $\pm 0,0044^\circ$ ermöglicht.

Entscheidend für die Genauigkeit des optischen Drehgebers ist jedoch die Exzentrizität zwischen dem Mittelpunkt der Maßspur und der wirklichen Rotationsachse der Welle. In Abb. 5 ist der Winkelfehler des Drehgebers über eine Umdrehung dargestellt. Der ermittelte Winkelfehler beträgt ca. $\pm 0,1^\circ$. Daraus lässt sich auf eine Exzentrizität von ca. $e = 25 \mu\text{m}$ schließen.

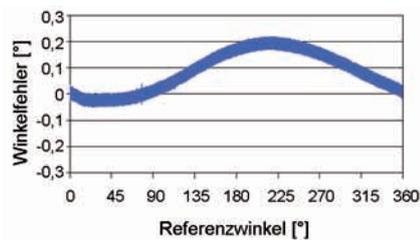


Abb. 5: Winkelfehler des Drehgebers

Die Untersuchung zur Empfindlichkeit des Sensoraufbaus gegenüber einer axialen Verschiebung der Kodierscheibe von bis zu $\pm 100 \mu\text{m}$ zeigte, dass die Signalamplitude und der Signaloffset sich nur um weniger als 5% ändern. Damit sind die Voraussetzungen für die signifikante Vereinfachung der Endmontage des Drehgebers gegeben, indem auf den entsprechenden Justageschritt für die Ausleseinheit verzichtet werden kann.

AUSBLICK

In einem Folgeprojekt wird das Drehgeberkonzept hinsichtlich der Genauigkeit sowie der grundsätzlich gegebenen Montage ohne zusätzliche Justageschritte optimiert. Weiter werden Möglichkeiten für einen absolut kodierten Drehgeber mit hoher Auflösung untersucht.

Das IGF-Vorhaben 219 ZN der Forschungsvereinigung Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e. V. - HSG, Wilhelm-Schickard-Straße 10, 78052 Villingen-Schwenningen wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Kontakt: Dr. Volker Mayer
Telefon: +49 711 685-84265
E-Mail: mayer@hsg-imat.de

Untersuchungen zur Verbesserung der Stempelstandzeit für die Heißpräge-MID-Technik

EINLEITUNG

Das Heißprägen ist ein schneller, kostengünstiger Prozess zur Herstellung von MID (**M**olded **I**nterconnect **D**evices). Dabei wird das Leiterbild aus einer verzinneten Kupferfolie mit einem entsprechenden beheizten Stempel ausgestanzt und auf einen Kunststoffträger aufgeprägt. Die eingesetzten Prägestempel müssen in der industriellen Fertigung derzeit alle 500 bis 1000 Prägezyklen aufgrund von Zinnablagerungen und anderen Verunreinigungen ausgebaut und gereinigt werden, welches zu unerwünschten Stillstandszeiten und Kosten beim Heißprägen führt. Daher wurde gemeinsam mit dem fem (Forschungsinstitut für Edelmetalle & Metallchemie) im Rahmen eines IGF-Vorhabens untersucht, wie die Standzeiten der Prägestempel durch Hartstoffbeschichtungen signifikant erhöht und so die Kosten bei der MID-Produktion reduziert werden können.

AUSWAHL DER HARTSTOFFSCHICHTEN

Auf Modellproben der Stempelstähle 1.2767 und Vanadis 6 wurden durch Magnetron-Sputtern und plasma-gestützte CVD (Plasma Enhanced Chemical Vapour Deposition) verschiedene Hartstoffsysteme abgeschieden. Anhand einer Entscheidungsmatrix, wo Haftfestigkeit, Mikrohärtigkeit, Reib- und Verschleißverhalten, Benetzbarkeit sowie chemische Beständigkeit berücksichtigt wurden, wurden die vier

Hartstoffsysteme TiN, CrN, NbC:H und a-C:H (DLC) ausgewählt. Anschließend wurden die beschichteten Stempel untersucht.

OPTIMIERUNG DER PRÄGEBEDINGUNGEN

Um Prägezyklen in der erforderlichen Anzahl in kurzer Zeit durchführen zu können, wurde die bisher manuell bediente Heißprägepresse des HSG-IMAT durch Integration eines Drehtellers, einer Be- und Entladevorrichtung, einer automatischen Folienszuführung sowie der Anpassung der Steuerung auf Automatikbetrieb umgerüstet (Abb. 1). Damit können bis zu 1000 Prägungen pro Stunde durchgeführt werden.

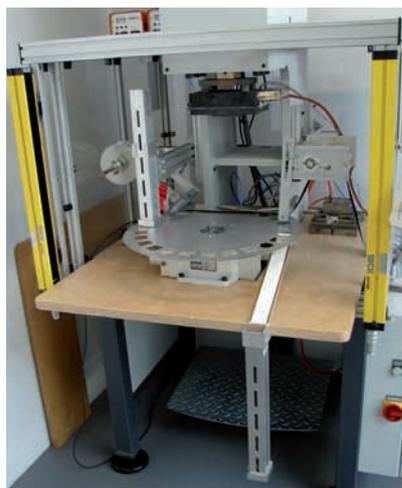


Abb.1: Automatisierte Heißprägepresse

Um für die benötigte hohe Anzahl von Prägungen die Zahl der MID-Substrate in Grenzen zu halten, wurde ein Stempel layout gewählt, womit auf einem

Substrat vier Prägungen durchgeführt werden können (Abb. 2).

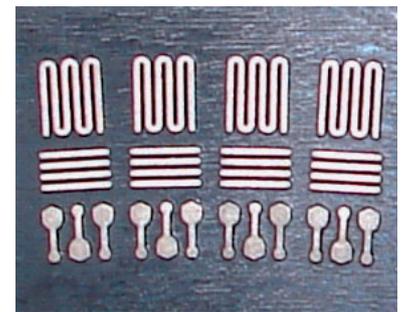


Abb. 2: Vierfachprägung auf Substrat

Die Herstellung von Heißprägestempeln erfolgt üblicherweise durch HSC-Fräsen, Härten und Feinschleifen der Prägeoberfläche, um eine hohe Planparallelität der Prägestrukturen und scharfe Schneidkanten zu erzielen. Dies führt allerdings zur Ausbildung von Graten (Abb. 3), was aber für die Hartstoffbeschichtung nicht geeignet ist. Für eine dichte Hartstoffbeschichtung sind gratfreie Kanten notwendig. Für die Entgratung wurden mehrere Verfahren erprobt. Am besten bewährte sich das Konturfräsen, bei welchem nach dem Fräsen der Prägestrukturen der Stempel auf der Apparatur aufgespannt bleibt und die Kontur nachbearbeitet wird. Wie in Abb. 3 zu sehen ist, können so fast gratfreie, scharfe Schneidkanten mit hoher Reproduzierbarkeit erzielt und mit den ausgewählten Hartstoffen beschichtet werden.

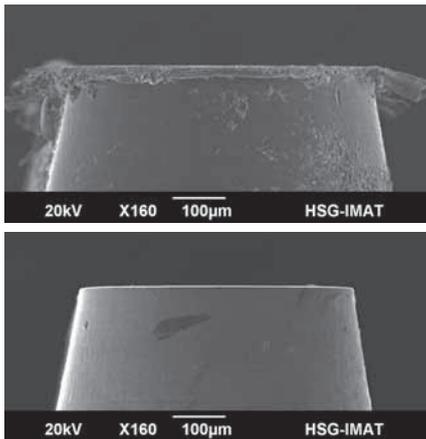


Abb. 3: Prägestruktur eines Stempels vor und nach der Entgratung

PRÄGEVERSUCHE UND CHARAKTERISIERUNG DER STEMPEL UND PRÄGESTRUKTUREN

Zur Bestimmung der Stempelstandzeit wurden zunächst geeignete Kriterien festgelegt. Das erste Kriterium ist der Abbruch des Prägeprozesses bei unzureichender Güte der Prägestrukturen. Dies ist der Fall, wenn die Leiterbahnen beschädigte Kanten oder Oberflächendefekte aufweisen. Das zweite Kriterium ist die Unterbrechung des Prägeprozesses durch Foliennriss. Der Auslöser hierfür sind verrundete Prägekanten, die zu einem unvollständigen Folienschnitt führen. Mit den beschichteten Prägestempeln wurden auf der automatisierten Heißprägepresse Prägungen durchgeführt und die Stempeloberfläche sowie die Prägestrukturen in bestimmten Intervallen (z. B. nach jeweils 1000 Prägungen) untersucht. Es zeigte sich, dass sich auf allen metallhaltigen Hart-

stoffschichten fest anhaftende und nur schwer entfernbare Deckschichten aus Zinndioxid bildeten. Mit Prägestempeln, die beispielsweise mit TiN oder CrN beschichtet wurden, ließen sich ca. 2000 Prägungen ausführen bis die Stempel gereinigt werden mussten. Ein geringfügig besseres Verhalten zeigte das Schichtsystem NbC:H, welches den metallhaltigen amorphen Kohlenstoffschichten zuzuordnen ist. Als das mit Abstand am besten geeignete Hartstoffsystem erwiesen sich metallfreie a-C:H-(DLC-) Schichten. Auf diesem Schichtsystem war eine sehr schlechte Haftung der Zinndioxidschichten zu beobachten. Diese lassen sich bei Bedarf durch eine nasschemische alkalische Reinigung vollständig entfernen. Mit DLC-beschichteten Heißprägestempeln verlängert sich die Standzeit auf etwa 3000 - 4000 Prägungen, bis eine Zwischenreinigung notwendig wird. Insgesamt können mit DLC-beschichteten Stempeln mindestens 15000 Prägungen mit ca. 4 - 5 Zwischenreinigungen durchgeführt werden. Anschließend müssen eine Entschichtung und eine erneute Beschichtung erfolgen. Abb. 4 zeigt exemplarisch einen Ausschnitt der Prägestruktur eines DLC-beschichteten Stempels sowie einen Ausschnitt des geprägten Leiterbildes nach 10000 Prägungen.

Die Ergebnisse zeigen das große Potenzial von Hartstoffschichten zur Verbesserung der Stempelstandzeit. Eine Kostenkalkulation auf Basis der

Kostenelemente einer Heißpräge-MID-Fertigung hat ergeben, dass durch DLC-Hartstoffbeschichtung die Stempelkosten um ca. den Faktor 2,5 gesenkt und damit die Herstellkosten für die Heißpräge-MID-Baugruppen insgesamt reduziert werden können.

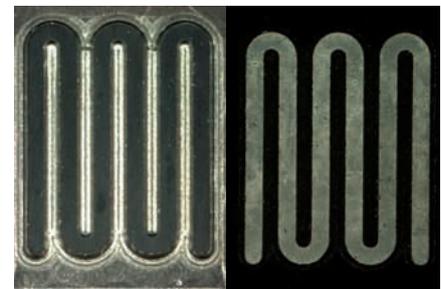


Abb. 4: Stempel und Leiterstruktur nach 10000 Prägungen

Das IGF-Vorhaben 15257N der Forschungsvereinigungen Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e. V. - HSG, Wilhelm-Schickard-Straße 10, 78052 Villingen-Schwenningen und Verein für das Forschungsinstitut für Edelmetalle & Metallchemie e.V. – fem, Katharinenstraße 17, 73525 Schwäbisch Gmünd, wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Kontakt: Dr. Horst Richter
Telefon: +49 711 685-83716
E-Mail: richter@hsg-imat.de

Kapazitive Neigungswinkelsensoren

EINFÜHRUNG

Neigungswinkelsensoren ermitteln den Lagewinkel eines Objektes in Bezug auf das Gravitationsfeld der Erde. Die am Markt erhältlichen Neigungswinkelsensoren lassen sich dabei in zwei Gruppen unterteilen: Zum einen sind dies Neigungswinkelsensoren auf der Basis von Beschleunigungssensoren in Silizium-Mikromechanik. Durch ihre kompakte Baugröße und Kosten von wenigen Euro, kommen sie häufig in Digitalkameras, Handys, Spielekonsolen oder anderen Consumer-Geräten zum Einsatz. Die Systeme sind hochdynamisch, weisen jedoch eine insgesamt eingeschränkte Genauigkeit auf. Die zweite Gruppe bilden hochgenaue feinwerktechnisch hergestellte Systeme, die meist auf optischen, konduktometrischen oder piezoresistiven Messprinzipien beruhen. Zur Anwendung kommen die Sensoren in sicherheitsrelevanten Anwendungen, industrieller Messtechnik, Bau- und Landmaschinen, etc.. Neben den dramatisch höheren Produktkosten von oft mehreren hundert Euro, haben diese Sensoren häufig einen eingeschränkten Messbereich und eine große Baugröße.

Der neuartige von HSG-IMAT und 2E mechatronic GmbH & Co. KG, Kirchheim (Teck) entwickelte Neigungswinkelsensor ordnet sich durch seine herausragende Performance bei gleichzeitig moderaten Fertigungskosten sowie Baugröße zwischen den beiden

genannten Gruppen ein und sichert sich damit Alleinstellungsmerkmale im Markt.

ENTWICKLUNG DER SENSOREN

Zunächst wurde im öffentlichen Vorhaben IGF 14742N die neuartige Neigungswinkelsensor-Technologie von HSG-IMAT grundlegend untersucht und ein Demonstrator in MID-Technik ausgelegt, aufgebaut und charakterisiert. Im Messbereich von $\pm 70^\circ$ wurde eine Messgenauigkeit von ca. $\pm 0,1^\circ$ erreicht.

Im Anschluss an dieses Vorhaben wurde von HSG-IMAT ein Konzept erarbeitet, die Neigungswinkelsensoren auf der Basis von Ultrafeinst-Pitch Leiterplatten vom Entwicklungsablauf flexibler und fertigungstechnisch kostengünstiger herzustellen. Diese neue Fertigungstechnologie wurde im Vorhaben FEMIKANES "Fertigungstechnologie für mikrotechnische kapazitiv ausgelesene Neigungswinkelsensoren" in einer Kooperation des HSG-IMAT mit der MicroMountains Applications AG, Villingen-Schwenningen, und 2E mechatronic, weiter entwickelt, um kundenspezifische Lösungen mit geringen Entwicklungskosten und kürzerer Entwicklungszeit sowie mit geringeren Herstellungskosten bei kleinen bis mittleren Stückzahlen erzielen zu können. Abb. 1 zeigt einen in der neuen Technik aufgebauten Neigungswinkelsensor.



Abb. 1: 360° Neigungswinkelsensor mit Elektronik

Für den Aufbau des flüssigkeitsdichten 3D-Package wurde eine auf Leiterplatten basierende Technik entwickelt. Durch umfangreiche Simulationsrechnungen und experimentelle Untersuchungen konnten die Zusammenhänge zwischen Geometrie, Aufbautechnik, Elektronik und den wesentlichen Eigenschaften des Neigungswinkelsensors ermittelt werden. Mit der hohen Flexibilität bei der Leiterplattenbeschaffung, dem modularen Aufbaukonzept und der Möglichkeit der Abschätzung der zu erwartenden Sensorparameter können binnen kürzester Zeit Neigungswinkelsensoren für kundenspezifische Anforderungen optimiert werden. Dies betrifft vor allem die Anpassung hinsichtlich Auflösung, Genauigkeit, Dynamik und zur Verfügung stehendem Bauraum.

MESSBEREICH 360°

Mit der Umstellung auf die leiterplattenbasierte Fertigungstechnologie wurde die Möglichkeit geschaffen, ein zweites um 90° verdrehtes Elektrodenpaar in

die Sensorkavität zu integrieren, wie in Abb. 2 schematisch dargestellt ist.

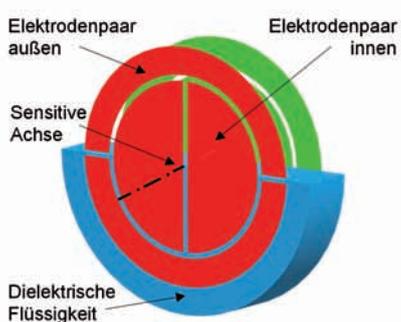


Abb. 2: Elektrodenanordnung des 360° Neigungswinkelsensors

Auf diese Weise können mit einem Sensor zwei um 90° phasenversetzte Ausgangssignale aufgenommen werden, die sich zu einem kontinuierlichen Sensorsignal über den vollen Messbereich von 360° kombinieren lassen. Für die Bestimmung des Winkels wird dabei immer derjenige Messkanal herangezogen, der die höchste Genauigkeit und Linearität aufweist.

Die Charakterisierung der Sensoren auf dem Neigungswinkelsensor-Prüfstand zeigt ein Ausgangssignal mit sehr hoher Linearität und sehr geringem Eigenrauschen.

Weitere Merkmale sind die hohe Auflösung, ein gut kontrollierbarer Temperaturgang sowie eine geringe Querempfindlichkeit, was letztlich zu einer sehr hohen Genauigkeit des kalibrierten Sensorsystems führt.

TRANSFER IN DIE SERIE

Im Vorhaben SEMIKANES wurde von HSG-IMAT, MicroMountains Applications AG und 2E mechatronic die "Serienfertigungstechnologie für mikrotechnische kapazitiv ausgelesene Neigungswinkelsensoren" entwickelt, sowie das Sensorsystem intensiv qualifiziert. Die Genauigkeit des Sensors von $\pm 0,1^\circ/\pm 0,2^\circ$ über 360° und unter Betriebsbedingungen wurde in umfangreichen Umwelttests nachgewiesen. Seit April 2009 wird eine ungehäuste Variante der Neigungswinkelsensoren bei 2E mechatronic in Serie produziert. Diese maßgeschneiderte OEM-Variante wurde gemeinsam mit der Firma Leica Geosystems AG, CH-Heerbrugg speziell auf die Anforderungen im neuen High-End Laser-Längenmessgerät Leica Disto D8 abgestimmt (Abb. 3).

AUSBLICK

HSG-IMAT und 2E mechatronic arbeiten derzeit an einer gehäuseten Variante des Neigungswinkelsensors, welcher als kalibrierter Sensor von 2E mechatronic auf den Markt gebracht wird. Weitere gemeinsame Untersuchungen konzentrieren sich darauf, das Potential der fluidischen, kapazitiven Neigungswinkelsensoren im Hinblick auf Genauigkeiten von wenigen $10 \mu\text{m} / \text{m}$ für einen kleinen Winkelbereich zu erschließen. Dabei soll ein zweiachsiges System entstehen, welches z. B. zur Überwachung der horizontalen Ausrichtung von Werkzeugmaschinen und Anlagen genutzt werden kann.



Abb. 3: Laserlängenmessgerät Leica Disto D8 mit 360° Neigungswinkelsensor von 2E mechatronic (Quelle: Leica Geosystems AG)

Kontakt: Dipl.-Ing. Adrian Schwenck

Telefon: +49 711 685-84790

E-Mail: schwenck@hsg-imat.de

Untersuchungen zur Stiftkontaktierung bei MID

EINLEITUNG

Multifunktionale 3D-Bauelemente aus selektiv metallbeschichteten Thermoplasten (MID) bieten hervorragende Möglichkeiten für den Aufbau mechatronischer Baugruppen mit hohem Miniaturisierungsgrad. Eine große technologische Herausforderung stellt dabei die Verbindung des MID zum peripheren System dar, weil die Kosten und Zuverlässigkeit der kompletten Systeme wesentlich durch die Kontaktierung bestimmt werden. Wegen der guten Automatisierbarkeit, der kurzen Prozesskette und der weiteren Verbreitung bei Leiterplatten bietet sich das Einpressen von Kontaktstiften an. Im Rahmen des InnoNet-Projekts „MOSKOM“ wurde die Stiftkontaktierung von MID in Zusammenarbeit mit dem IMTEK (Institut für Mikrosystemtechnik der Universität Freiburg) untersucht. Weiter waren die Firmen Buss Werkstofftechnik GmbH & Co. KG, Festo AG & Co. KG, Häcker Automation GmbH, Harting Mitronics AG, SBS Stanzprodukte GmbH und 2E mechatronic GmbH & Co. KG am Projekt beteiligt.

STIFT- UND SUBSTRATAUSWAHL

Substratseitig wurden zwei MID-Strukturierungsverfahren untersucht, die LPKF-LDS[®]-Technologie (LDS) und das Heißprägen (HP). Für die HP-Variante wurden ebene Substrate (37x37x1,5mm³) aus PA6/6T Grivory HT2V-3H mit 35 µm Cu/Sn-Heißprägefolie eingesetzt und für die LDS-

Variante Substrate aus LCP Vectra 840i LDS mit Cu/NiP/Au-Metallisierung. Aus der großen Palette möglicher Stifte wurden C-Profilstifte aus CuSn6 mit Au-Finish (Durchmesser: 1,0 mm) ausgewählt, da die runde Form und die niedrigen Einpresskräfte eine Kontaktierung ohne Schädigung von MID-Metallisierung und Thermoplast ermöglichen können. Die Stifte wurden von SBS Stanzprodukte GmbH bereitgestellt (Abb. 1).

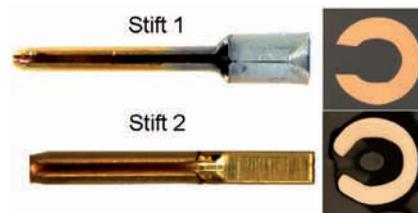


Abb. 1: C-Profilstifte mit Schliffbild

Stift 1 ist ein Prototyp mit gefrästem Spalt, während der Spalt bei Stift 2 industriell im Rollvorgang erzeugt wird.

CHARAKTERISIERUNG DER MID-STIFT-KONTAKTIERUNG

Zur Erfassung der Ein- und Auspresskräfte (Abb. 2) entsprechend DIN EN 60352-5 wurde eine Zugprüfmaschine der Firma Zwick eingesetzt. Elektrisch charakterisiert wurden die Einpressverbindungen mit Widerstandsmessung in 4-Leitertechnik. Zur zerstörungsfreien Visualisierung der Stiftkontaktierungen wurde ein Röntgentomograf verwendet.

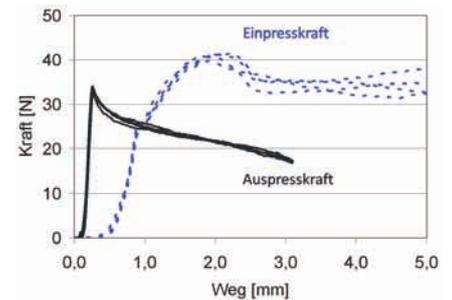


Abb. 2: Typische Ein- und Auspresskräfte für die LDS-Variante

AUFBAU VON DEMONSTRATOREN

An Demonstratoren wurde bei der HP-Variante der Einfluss von Lochgeometrie, Prozessführung und Stiftgeometrie untersucht, wobei die Bohrungen beim Spritzgießen des Substrats mit einer Entformungsschräge von 1,5° und einem Durchmesser von 0,96 mm am Bohrungseingang erzeugt wurden. Da im Prägeprozess nur eine partielle Metallbeschichtung des Vias erreicht werden kann, war die wichtigste Frage, ob eine lötfreie Kontaktierung mit dem Stift möglich ist. Daher wurde zusätzlich zu lötfreien Varianten auch eine gelötete Variante aufgebaut. Abb. 3 zeigt einen bestückten HP-Demonstrator im ungelöteten Zustand. Bei der LDS-Variante wurden Lochgeometrie, Lochmetallisierung und Lochdurchmesser variiert, wobei die Vias während der Leiterbahnstrukturierung mit IR-Laserbohren erzeugt wurden.

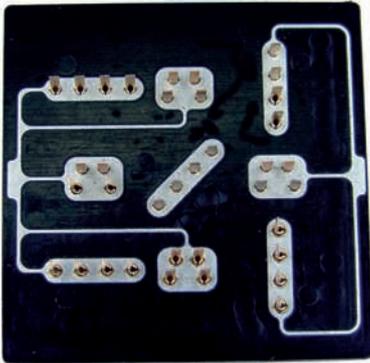


Abb. 3: Heißpräge-Demonstrator

Dies führt ebenfalls zu einer konischen Lochform mit einem Öffnungswinkel von ca. 1,5°. Zur Optimierung der Auspresskräfte wurde der Durchmesser auf der Eintrittseite von 0,91 mm bis 1,01 mm variiert. Die Auspresskraft steigt zu kleineren Lochdurchmessern von 1,01 mm bis 0,95 mm an und bleibt dann praktisch konstant.

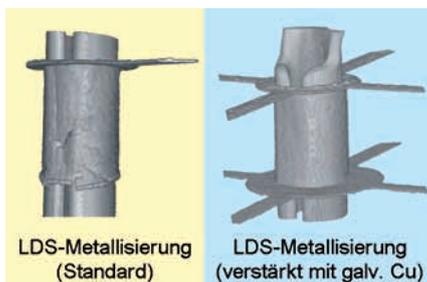


Abb. 4: Röntgentomografie einer Stiftkontaktierung mit LDS-Standardmetallisierung und verstärkt mit galvanisch Kupfer

Der C-Profilstift kann somit durch den Spalt unterschiedliche Via-Durchmesser kompensieren. Bei kleineren Durchmessern kommt es allerdings zu Rissen in der spröden Metallschicht im

engeren Bereich der konischen Bohrung (Abb. 4, links). Aufgrund dieser Ergebnisse wurde für die Zuverlässigkeitstests eine weitere LDS-Variante aufgebaut, bei der die außenstromlos abgeschiedene Kupferschicht wie bei Leiterplatten mit 20 µm Kupfer galvanisch verstärkt wurde. Wie Abb. 4 (rechts) zeigt, ermöglicht diese Variante völlig rissfreie Stiftkontaktierungen.

ZUVERLÄSSIGKEITSUNTERSUCHUNGEN

Die Zuverlässigkeitsbewertung von Stiftkontaktierungen ist in der DIN EN 60352-5 enthalten. Die Norm beschreibt die Abfolge der Umwelttests sowie die zulässige Durchgangswiderstandsänderung, weitere Kriterien sind vom Anwender festzulegen. In Anlehnung an die Norm wurde folgendes Anforderungsprofil definiert:

- Durchgangswiderstandsänderung $\Delta R_D < 0,5 \text{ m}\Omega$
- Mindestauspresskraft $> 10 \text{ N}$
- Maximal zulässiger Durchgangswiderstand $R_D < 1 \text{ m}\Omega$

Mit den aufgebauten Demonstratoren wurden Umwelttests nach dem Plan in Abb. 5 durchgeführt. Anschließend wurden die getesteten Demonstratoren einem verschärften Temperaturschocktest von -40°C ... +125°C über 1000 Zyklen unterworfen.

Die Ergebnisse der Umwelttests zeigen, dass bei der HP-Variante auf-

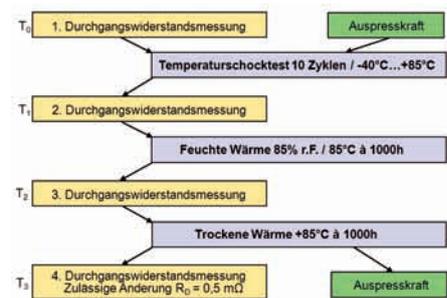


Abb. 5: Umwelttestprogramm in Anlehnung an DIN EN 60352-5

grund der verfahrensbedingt partiellen Metallbeschichtung im Via nur die gelötete Variante alle Tests besteht. Bei den LDS-Demonstratoren wurden beide Varianten erfolgreich getestet, wobei die Standard LDS-Variante trotz Rissbildung im unteren Bereich der Lochmetallisierung das Anforderungsprofil ohne Verlöten erfüllt. Mit der galvanisch verstärkten Variante lassen sich zuverlässige löt- und rissfreie Stiftkontaktierungen herstellen.

Das Forschungsvorhaben wurde aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) im Rahmen des Programms „Förderung von innovativen Netzwerken“ (InnoNet) unter dem Förderkennzeichen 16IN0507 gefördert.

Kontakt: Dipl.-Ing. Peter Buckmüller

Telefon: +49 711 685-84784

E-Mail: buckmueller@hsg-imat.de

Spritzgegossene Mikronadel-Arrays

EINLEITUNG

Bei der transdermalen Verabreichung von Medikamenten, z. B. bei Salben, spielt die reproduzierbare Überwindung der natürlichen Barrierefunktion der Haut eine Schlüsselrolle. Die Medikation soll dabei möglichst schmerzfrei und über einen längeren Zeitraum mit gesteuerter Dosierung erfolgen. Eine Lösung für diese Problemstellung können Mikronadel-Arrays darstellen, mit denen die oberste Hautschicht (Stratum Corneum) mechanisch aber nahezu schmerzfrei durchdrungen wird. Mit einer Kapillare als Kanüle ermöglichen sie dann den Flüssigkeitstransport in die unteren Hautschichten. Dort werden die Wirkstoffe vom Kapillarbett der Dermis absorbiert und direkt in den Blutkreislauf transportiert.

Im Rahmen des IGF-Vorhabens 15516N „Microneedles“ werden von den Projektpartnern HSG-IMIT und HSG-IMAT die spritzgießtechnische Herstellung und die Systemintegration von derartigen Mikronadel-Arrays untersucht.

GEOMETRIE DES MIKRONADEL-ARRAYS

Untersuchungen am HSG-IMIT mit klassischen Kanülen und Schweinehaut ergaben, dass bereits vier Nadeln im Abstand von ca. 5 mm die erwünschte Hautfläche von 1 cm² ausreichend mit Wirkstoffen versorgen können. Für Vorversuche wurden verschiedene Mikronadel-Geometrien als

Funktionsmuster durch Fräsen mit der Ultrapräzisionsbearbeitungsmaschine des HSG-IMAT angefertigt. In Abb. 1 sind REM-Aufnahmen verschiedener Nadelspitzen-Geometrien dargestellt. Für den einfachen Schrägschliff (Abb. 1, links) ergibt sich bei ca. 600 µm Höhe und ca. 300 µm Dicke der Mikronadel ein Schliffwinkel von max. 50°, um die Abdichtung zur Haut noch zu gewährleisten. Als weitere Nadelspitzen-Geometrie wurde der Facettenschliff einer klassischen Injektionsnadel nachempfunden (Abb. 1, mitte). Die dritte Nadelspitzen-Geometrie (Abb. 1, rechts) weist im Anschnittbereich eine Ausstülpung auf, durch die der schneidende Nadeldurchmesser auf ca. 80 µm reduziert wird. Die Ausstülpung kann im späteren Spritzgusswerkzeug einfach durch zwei überlappende Bohrungen realisiert werden und wird deshalb als Typ „Doppelbohrung“ bezeichnet.

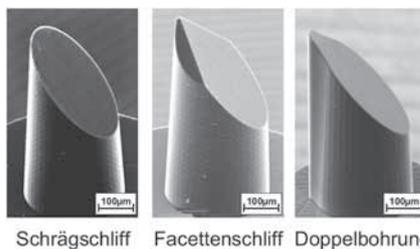


Abb. 1: Gefräste Nadelspitzen

Anhand der Funktionsmuster wurden vom HSG-IMIT die Einstechkräfte der Nadelspitzen in Agarosegel experimentell ermittelt. Abb. 2 zeigt die gemessenen Einstechkräfte.

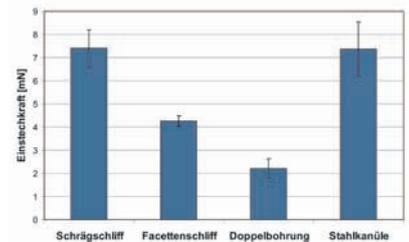


Abb. 2: Einstechkräfte verschiedener Nadelspitzen-Geometrien

Die am HSG-IMAT entwickelte Nadelspitze „Doppelbohrung“ erreicht die geringsten Einstechkräfte und sollte deshalb im Spritzguss umgesetzt werden.

Die Vorversuche zeigten auch, dass sich die Haut beim Einstechen durch ihre Elastizität zunächst an die Mikronadeln anschmiegt und die Mikronadeln deshalb auf erhabenen Sockeln platziert werden sollten. Das Aufliegen der Haut auf der Grundplatte des Mikronadel-Arrays wird damit wirkungsvoll unterbunden.

PROTOTYPEN MIT FLUIDIK-FUNKTION

Um auch die fluidische Funktion des entwickelten Mikronadel-Arrays testen zu können, wurden zudem erste Funktionsmuster durch Präzisionsfräsen aus Messing gefertigt (Abb. 3) und am HSG-IMIT erprobt. Die Mikronadeln sind dabei bereits auf Sockeln platziert.

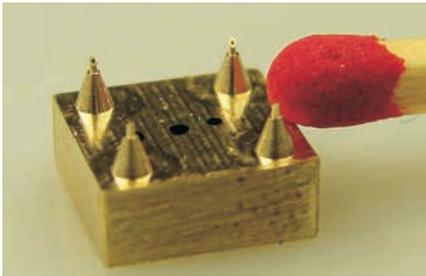


Abb. 3: Funktionsmuster aus Messing

SPRITZGUSSWERKZEUG

Nach Abschluss der Vorversuche wurde ein Spritzgusswerkzeug für das Mikronadel-Array konzipiert und konstruiert. Spritzgussimulationen zeigten, dass nur mit einem zentralen Angusspunkt und sehr guter Formentlüftung eine ideale Abformung aller vier Mikronadeln möglich ist. Den Werkzeugaufbau zeigt Abb. 4.

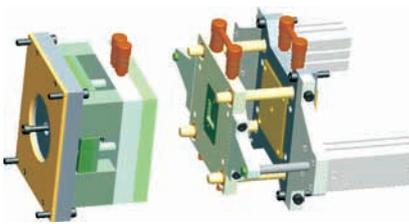


Abb. 4: Konstruktion Spritzgießwerkzeug

Der anschließende Werkzeugbau erfolgte vollständig am HSG-IMAT durch Hochpräzisionsfräsen in Stahl, wobei insbesondere die Formeinsätze und Führungen höchsten Genauigkeitsanforderungen im Mikrometerbereich unterlagen. Die Fluidikkanäle mit 120 µm Durchmesser werden im Werkzeug durch ca. 2 mm lange, eintauchende Vollhartmetallstifte abgebildet, die von

der Fa. schreurs tools GmbH bereitgestellt wurden.

MIKROSPRITZGUSS

Der Spritzguss der Mikronadel-Arrays erfolgte auf einer Battenfeld Microsystem 50 am HSG-IMAT mit dem Kunststoff SAN Luran. Abb. 5 zeigt erste spritzgegossene Mikronadel-Arrays.



Abb. 5: Spritzgegossene Mikronadel-Arrays

Abb. 6 zeigt die stark vergrößerte REM-Aufnahme einer spritzgegossenen Mikronadel. Dabei sind die Doppelbohrungsform, der Sockel, die scharfe Abformung der Nadelspitze wie auch die durchgehende Kanüle mit Ø120 µm zu erkennen.

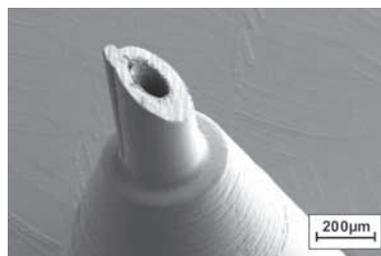


Abb. 6: Spritzgegossene Mikronadel

Ein erster Versuch zur Standzeit des Spritzgießwerkzeugs wurde nach über 3.000 Schuss ohne erkennbare Werk-

zeugbeschädigung abgebrochen.

AUSBLICK

Derzeit wird am HSG-IMAT das Werkzeug für die Mikronadel-Arrays überarbeitet, da im ersten Werkzeug bei der Anfertigung nur zwei der vier Mikronadeln optimal ausgebildet wurden. Mit dem optimierten Werkzeug sind dann Spritzguss-Versuche mit anderen Werkstoffen, u. a. PEEK, geplant.

Das IGF-Vorhaben 15516 N der Forschungsvereinigung Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e. V. - HSG, Wilhelm-Schickard-Straße 10, 78052 Villingen-Schwenningen wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Kontakt: Dr. Volker Mayer
Telefon: +49 711 685-84265
E-Mail: mayer@hsg-imat.de

Alternative Heißprägefolien für die MID-Technik

EINLEITUNG

Gewalzte Folien bieten gegenüber den in der Heißprägetechnik üblicherweise eingesetzten ED-Folien (ED = electro deposited) eine ganze Reihe technischer Vorteile. So können Walzfolien mit Dicken ab ca. 8 µm hergestellt werden. Ihre mechanischen Eigenschaften wie Härte, Zugfestigkeit und Dehnung lassen sich durch geeignete Wärmebehandlungen in weiten Bereichen einstellen. Weiterhin können verschiedene Legierungen zu Folien ausgewalzt und Plattierverbunde hergestellt werden. Darüber hinaus lassen Walzfolien einen deutlichen Kostenvorteil erwarten. In Zusammenarbeit mit den Firmen Schlenk Metallfolien GmbH & Co. KG und MicroMountains Applications AG wurde daher untersucht, ob sich Walzfolien auch für den Einsatz in der Heißpräge-MID-Technik eignen.

CHARAKTERISIERUNG DER WALZ-FOLIEN FÜR DIE HEISSPRÄGE-TECHNIK

Beim Heißprägen werden Leiterstrukturen erzeugt, indem eine kupferbasierte Metallfolie mit einem geeigneten Prägestempel ausgestanzt und unter Hitze und Druck auf einen thermoplastischen Schaltungsträger aufgeprägt wird. Um hierbei zu guten Prägeergebnissen zu kommen, muss die Folie im Wesentlichen zwei Anforderungen erfüllen: sie muss gut prägbar sein und eine gute Haftung zum thermoplastischen Schaltungsträger aufweisen. ED-Folien werden im Hinblick auf

Prägbarkeit durch ihre Bruchdehnung und Zugfestigkeit charakterisiert. Die Haftung der Leiterbahnen ist durch die Rauheit der Folienrückseite gegeben. Obwohl Walzfolien ein deutlich feineres Rückseiten-Treatment als ED-Folien aufweisen (Abb. 1), zeigen auch sie eine gute Haftung. Abb. 2 zeigt die Haftfestigkeit von Leiterstrukturen einer 35 µm dicken Walzfolie auf den Thermoplasten PA Grivory HT2V-3H (links), PET-Folie (Mitte) und PA Ultramid A3X2 G5 (rechts) jeweils längs und quer zur Walzrichtung.

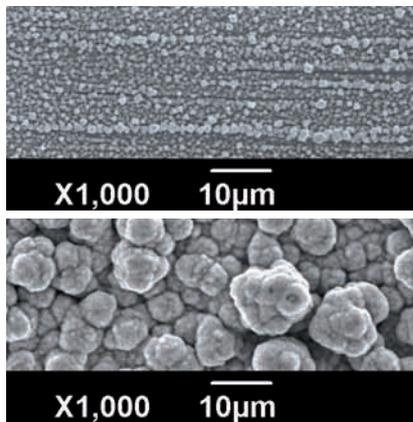


Abb. 1: Rückseiten-Treatment von Walzfolien (oben) im Vergleich zu ED-Folien (unten)

Anders sieht es jedoch bei der Prägbarkeit aus. Obwohl die Werte für Bruchdehnung und Zugfestigkeit denen von ED-Folien durchaus vergleichbar sind, lassen sich Walzfolien ohne Folienvorschnitt nicht oder nur sehr schlecht heißprägen. Geringe Werte der Bruchdehnung reichen alleine nicht aus, um die Prägbarkeit zu bewerten. Zur Prüfung der

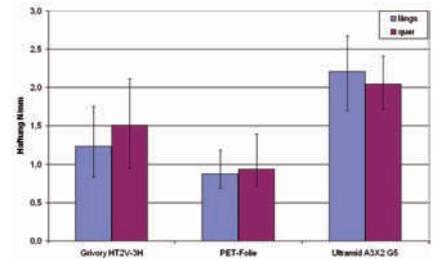


Abb. 2: Haftfestigkeiten von Leiterstrukturen aus Walzfolie

Prägbarkeit ist bisher der pragmatische Knicktest gebräuchlich, wobei gezählt wird, wie oft die Folien scharf geknickt werden müssen bis sie brechen. Als weitere Methode zur Charakterisierung des Trennverhaltens beim Prägevorgang wurde im HSG-IMAT der Reißtest in Anlehnung an EN ISO 6383-1:2004 untersucht. Abb. 3 zeigt gemessene Reißkräfte an 35 µm dicken Kupferfolien. Dabei weist die Walzfolie deutlich höhere Werte auf, die sich zudem längs und quer zur Walzrichtung unterscheiden.

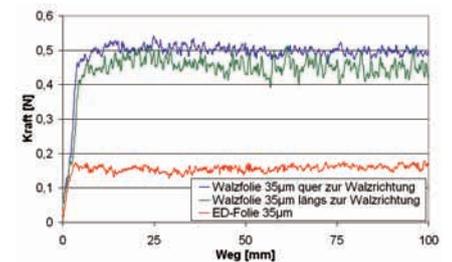


Abb. 3: Reißstest an Walzfolien (oben) und ED-Folien (unten) im Vergleich

Tab. 1 zeigt die mechanischen Kennwerte sowie die Rauigkeits- und Haftfestigkeitswerte einer jeweils 25 µm dicken kupferbasierten Walzfolie im Vergleich mit der entsprechenden

ED-Folie. Was das Trennverhalten beim Prägen angeht, so zeigen sich die Unterschiede neben dem Knicktest auch deutlich im Reißtest.

FOLIENVORSCHNITT

Damit Walzfolien heißgeprägt werden können, kann das Leiterbild in der Folie mittels Lasertechnik vorgeschritten werden. Hierbei muss das Schnittbild optimiert werden. Voruntersuchungen haben ergeben, dass es für den Prägeprozess vorteilhaft ist, wenn der Vorschnitt in der Weise geführt wird, dass die Cu-Folie nicht perforiert sondern in weiten Bereichen komplett durchgeschnitten wird. Zur Fixierung der Schnittbilder im Folienverbund sind möglichst wenige Stege mit kleinen Stegbreiten und langen Stegabständen anzustreben.

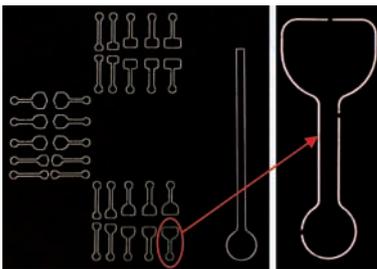


Abb. 4: Laservorschnitt an Layout mit Detailausschnitt

Abb. 4 zeigt das Layout einer Teststruktur für den Laservorschnitt mit einem Detailausschnitt. Darauf ist erkennbar, dass das Strukturelement an nur noch drei Stegen mit Stegbreiten von je 60 µm im Folienverbund fixiert ist. Wird der Laservorschnitt wie beschrieben optimiert, sind gute

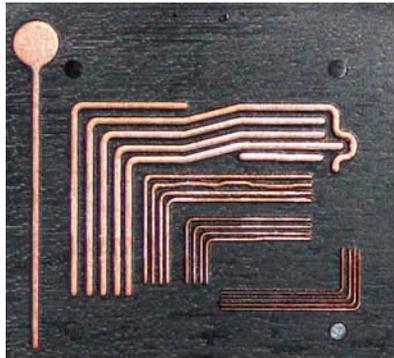


Abb. 5: Heißprägestruktur mit Leiterbahnbreiten / -abständen von 150 – 600 µm

Prägeergebnisse zu erzielen. Dies äußert sich beispielsweise durch eine sehr leichte Entfernbarkeit der Restfolie und durch geringere Prägekräfte. Der Laservorschnitt ermöglicht es darüber hinaus, die bisherigen Layoutregeln beim Heißprägen neu zu definieren. Beispielsweise können jetzt kleinere Leiterbahnradien und sehr feine Leiterstrukturen geprägt und dadurch der Gestaltungsspielraum bei

der Layouterstellung erhöht werden. Abb. 5 zeigt Leiterbahnstrukturen mit Leiterbahnbreiten und -abständen im Bereich von 150 µm bis 600 µm, die mit Heißprägen aus Walzfolien mit Laservorschnitt hergestellt wurden. Weiter führen kleinere Prägekräfte und sehr kleine Schnittkantenlängen zu einer deutlichen Reduzierung des Stempelverschleißes oder umgekehrt zu längeren Stempelstandzeiten. Die Kosten der Laserbearbeitung sind von der Foliendicke und der Komplexität des Leiterbildes abhängig und müssen bei der Wirtschaftlichkeit mit berücksichtigt werden. Erste Abschätzungen zeigen, dass mit leistungsfähigen Laseranlagen vom Stand der Technik und geeignetem Handling der Folien, z. B. als Rolle-zu-Rolle Prozess, wie er auch beim Prägen selbst eingesetzt wird, mit Walzfolien deutliche Vorteile gegenüber ED-Folien erreicht werden können.

Eigenschaft	ED-Folie	Walzfolie
Bruchdehnung (%)	2-4	0-4
Zugfestigkeit (N/mm²)	400-600	300-500
Knicktest	1x	3x – 6x
Reißtest (N)	0,15	0,3
Prägbarkeit	gut	schlecht
Treatment Folienrückseite	Cu/CuO	Cu/Zn
Rauhigkeit R _a (µm)	40300	0,2-0,5
Rauhigkeit R _z (µm)	20-30	40300
Haftung (N) auf PA6T/66Grivory HT2V -3H	> 2	1,1

Tabelle 1: Eigenschaften von Walzfolien im Vergleich zu ED-Folien

Kontakt: Dr. Horst Richter
Telefon: +49 711 685-83716
E-Mail: richter@hsg-imat.de

Messen & Veranstaltungen



Sensor & Test
26.-28.05.2009, Nürnberg



MOTEK
21.-24.09.2009, Stuttgart



FAKUMA
13.-17.10.2009, Friedrichshafen



Workshop
Innovative Anwendungen der MID-Technik
07.10.2009, Stuttgart



Productronica
10.-13.11.2009, München

Publikationen & Marketing

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

Lehrveranstaltungen • Exkursionen

VORLESUNGEN

H. Kück

Grundlagen der Mikrotechnik mit Übungen

H. Kück

Aufbau- und Verbindungstechnik für Mikrosysteme 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, M. Schober

Modellierung und Simulation in der Mikrosystemtechnik

SEMINAR

Seminar der Mikrosystemtechnik

KOLLOQUIUM

Kolloquium der Mikrosystem- und Feinwerktechnik

PRAKTIKA

Hauptfachpraktikum Mikrosystemtechnik

APMB Allgemeines Praktikum
Maschinenbau

Elektronikpraktikum

EXKURSIONEN

Ziel: Robert Bosch GmbH, Reutlingen
04.02.2009, 25 Teilnehmer

Ziel: Festo AG & Co. KG, Esslingen
25.06.2009, 21 Teilnehmer

Studienarbeiten • Diplomarbeiten • Promotionen

IN 2009 ABGESCHLOSSENE STUDIENARBEITEN

Cukur, Eda

Simulation und Bewertung von Fehlerinflüssen auf das Mess-Signal eines kapazitiven Neigungssensors
Betreuer: Dipl.-Ing. K.-P. Fritz

Ghabri, Rachaa

Herstellung und Charakterisierung von siebgedruckten Widerständen
Betreuer: Dipl.-Ing. B. Polzinger

Häußler, Johannes

Rechnerische Auslegung und Konstruktion eines kapazitiven Kraftsensors
Betreuer: Dipl.-Ing. K.-P. Fritz

Liu, Xuefeng

Untersuchungen zu reflektierenden Metallschichten auf Kunststoffsubstraten
Betreuer: Dipl.-Ing. T. Botzelmann

Shen, Jie

Charakterisierung des ECF-Prozesses für die Stähle 1.4301 und 1.2767 und Bestimmung wichtiger Einflussgrößen
Betreuer: Dipl.-Ing. K. Hofmann

Sterns, Frank

Auslegung, Konstruktion und Aufbau eines elektronischen Seifenspenders
Betreuer: Dipl.-Ing. K.-P. Fritz

Wolfer, Raphael

Auslegung und Charakterisierung von Aufbaukonzepten für einen kapazitiven 360°-Neigungssensor
Betreuer: Dipl.-Ing. K.-P. Fritz

Yu, Kejian

Untersuchungen zum Einfluss der Bondkraft auf die Zuverlässigkeit von Flip-Chip-Verbindungen auf MID-Bumps
Betreuer: Dipl.-Ing. U. Keßler

Zhu, Baotian

Untersuchungen zur Haftfestigkeit von Leiterbahnen auf MID-Substraten
Betreuer: Dr.-Ing. H. Willeck

IN 2009 ABGESCHLOSSENE DIPLOMARBEITEN

Burger, Florian

Entwicklung und Charakterisierung eines DRIE-Strukturierungsprozesses für mikromechanische Drehratensensoren mit Optimierung multipler Zielgrößen
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück, Dr. M. Kuhnke (Robert Bosch GmbH)

Grözinger, Tobias

Modellierung eines fluidischen Pumpensystems über ein Netzwerkmodell
Betreuer: Dipl.-Ing. M. Schober, Dipl.-Ing. R. Mohr, Dipl.-Ing. K.-P. Fritz

Konstantin, Georg

Systemdynamische FEM-Analyse und Optimierung eines Inertialsensorsystems mit einem Drehratensensor und einem zweiaxialen Beschleunigungssensor
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück, H. Oechsner (Robert Bosch GmbH, Abstatt)

Matic, Vladimir

Porenuntersuchung in Lötstellen
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück, Dr.-Ing. N. Holle (Robert Bosch GmbH, Schwieberdingen)

Yu, Kejian

Auslegung, Konstruktion und Aufbau eines Dosiersystems für kleine Fluidvolumina
Betreuer: Dipl.-Ing. K.-P. Fritz, Dipl.-Ing. F. Wolter

PROMOTIONEN

H. Willeck

Aufbau und Charakterisierung eines neuen Messgeräts zur direkten Bestimmung der Haftfestigkeit von strukturierten Metallschichten

Messebeteiligungen • Workshop • Mitwirkungen in Gremien • Patente

MESSEBETEILIGUNGEN

SMT/HYBRID/PACKAGING,
Nürnberg, 05.-07.05.2009

SENSOR+TEST, Nürnberg,
26.-28.05.2009

Tag der Wissenschaft,
Universität Stuttgart, 27.06.2009

MOTEK, Neue Messe Stuttgart,
21.-24.09.2009

FAKUMA, Messe Friedrichshafen,
13.-17.10.2009

productronica, Messe München,
10.-13.11.2009

WORKSHOP

**Innovative Anwendungen der MID-
Technik**,

Veranstalter: Hahn-Schickard-Ge-
sellschaft - Institut für Mikroaufbau-
technik (HSG-IMAT) zusammen mit
dem Wirtschaftsministerium Baden-
Württemberg, Stuttgart, 07.10.2009

MITWIRKUNGEN IN GREMIEN

W. Eberhardt
Stellvertretender Vorsitzender Fach-
ausschuss 5.5 „Aufbau- und Verbin-
dungstechnik“ der GMM

H. Kück
Mitglied im Kuratorium der Steinbeis-
Stiftung

Mitglied im Aufsichtsrat der Micro-
Mountains Applications AG

Mitglied im Fachausschuss 4.8 „Mikro-
fertigung und Werkstoffe“ der GMM

Mitglied im Fachausschuss 5.5 „Auf-
bau- und Verbindungstechnik“ der
GMM

Mitglied im Wissenschaftlichen Rat der
AiF

PATENTE

W. Eberhardt, H. Kück, V. Mayer,
**„Verfahren zur Herstellung eines
Verbundbauteils, Verbundbau-
teil“**, Deutsche Patentanmeldung am
16.11.2009

H. Kück, D. Benz, F. Wolter, **„Pump-
element und Pumpe mit einem
solchen Pumpelement“**, Europä-
isches Patent EP 2010784 erteilt am
30.09.2009

H. Kück, A. Bülau, V. Mayer,
M. Schober, M. Kurth, **„Kupplung für
eine Fluidleitung“**, Deutsche Pa-
tentanmeldung gemeinsam mit
A. Raymond am 18.02.2009



**Wir sind Mitglied der Innovationsallianz
Baden-Württemberg.**
Die Innovationsallianz Baden-Württemberg
ist ein Zusammenschluss von wirtschafts-
nahen außeruniversitären Forschungs-
einrichtungen im Land, die als Brücken
zwischen der Grundlagenforschung etwa
der Hochschulen und der technischen Ent-
wicklung in den Betrieben fungieren.

Mitglied der



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

Vorträge & Veröffentlichungen

- T. Botzelmann, V. Mayer, H. Kück, „**Injection moulding of micro patterned polymer discs for optical rotary encoders**“, Proceedings of the 5th International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Karlsruhe, 23.-25.09.2009
- P. Buckmüller, H. Richter, „**Untersuchungen zur MID-Kontaktierung mit Rundkontaktstiften**“, Proceedings MID-Workshop „Innovative Anwendungen der MID-Technik“, Stuttgart, 07.10.2009, S. 121-132
- W. Eberhardt, „**Laser MID Technology**“, Innovation Forum Microtechnology, Villingen-Schwenningen, 21.01.2009
- W. Eberhardt, H. Kück, V. Mayer, „**Neue Sensoren auf der Basis von MID-Technik**“, PLUS – Fachzeitschrift für Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik, Eugen G. Leuze Verlag KG, Bad Saulgau, Ausgabe 08/2009, S. 1810-1814
- W. Eberhardt, V. Mayer, H. Kück, „**New Sensors Based on Multifunctional 3D Packages**“, mstnews, VDI/VDE/IT, Berlin, Ausgabe 02/2009, S. 22-23
- A. Fischer, D. Ahrendt, W. Eberhardt, U. Keßler, M. Schubert, S. Weser, H. Willeck, H. Kück, „**Fabrication of modules for an interactive braille display with integrated touch sensor by laser MID technology**“, Proceedings of the 5th International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Karlsruhe, 23.-25.09.2009
- K.-P. Fritz, T. Grözinger, H. Kück, V. Mayer, R. Mohr, M. Schober, F. Wolter, „**Dosiersystem zur kontaminationsfreien Handhabung von Flüssigkeiten**“, VDE MikroSystem-Technik Kongress, Berlin, 12.-14.10.2009
- K.-P. Fritz, C. Mannal, V. Mayer, M. Schober, F. Wolter, H. Kück, „**A new technology for contamination free dispensing**“, Proceedings of the 5th International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Karlsruhe, 23.-25.09.2009
- D. Hopp, H. Kück, V. Mayer, W. Osten, C. Pruss, J. Seybold, „**Optical Incremental Rotary Encoder in Low Cost Design**“, Sensor und Test Kongress, 26.-28.05.2009
- U. Keßler, „**Kleben von elektronischen Bauteilen auf 3D-MID**“, OTTI-Seminar „Kleben in der Mikrofertigung“, Regensburg, 22.-23.09.2009
- H. Kück, „**Effiziente Prüfung bei der Fertigung von zuverlässigen 3D-MID-Baugruppen**“, Deutsches IMAPS-Seminar „Ist Zuverlässigkeit noch bezahlbar“, Ilmenau, 17.03.2009
- H. Kück, „**Spritzgussbasiertes Packaging - MID-Technologie**“, 1. GMM Workshop „Packaging von Mikrosystemen“, Stuttgart, 23.06.2009
- H. Kück, „**Adaptive Produktion technologisch komplexer Mikrosysteme**“, MST BW Workshop „Mitglieder treffen Mitglieder“, Esslingen, 09.07.2009
- H. Kück, „**Aufbau von komplexen Mikrosystemen und miniaturisierten mechatronischen Komponenten mittels MID-Technologie**“, Motek-Kongress, „Mit Blick in die Zukunft - Mikrosystemtechnik“, Messe Stuttgart, 24.09.2009
- H. Kück, „**Aktuelle und künftige Entwicklungen zur MID-Technik im HSG-IMAT**“, Workshop „Innovative Anwendungen der MID-Technik“, Stuttgart, 07.10.2009
- H. Kück, „**Wie wichtig sind Kunststoffe beim Packaging?**“, Expertentreffen „Stressarme MST Packages - Materialien“, ZVEI-Fachabteilung Aufbau- und Verbindungstechnik, Frankfurt/Main, 04.-05.11.2009
- M. Kurth, A. Bülau, „**Intelligente Montagesensoren für Kupplungen in Kraftstoffleitungen mit Aufbau in MID-Technik**“, Proceedings MID-Workshop „Innovative Anwendungen der MID-Technik“, Stuttgart, 07.10.2009, S. 17-23

Vorträge & Veröffentlichungen

M. Kurth, A. Bülau, H. Kück, O. Laux, V. Mayer, „**Energieautarker Montagesensor für fluidische Schnellkupplungen**“, VDE MikroSystemTechnik Kongress, Berlin, 12.-14.10.2009

V. Mayer, „**New Optical Rotary Encoders**“, Innovation Forum Microtechnology, Villingen-Schwenningen, 21.01.2009

V. Mayer, „**Capacitive Inclination Sensor**“, Innovation Forum Microtechnology, Villingen-Schwenningen, 21.01.2009

C. Moosmann, A. Bülau, „**MID basiertes Systemgehäuse für intelligente Kupplungen**“, Proceedings MID-Workshop „Innovative Anwendungen der MID-Technik“, Stuttgart, 07.10.2009, S. 25

C. Neugebauer, T. Graf, V. Mayer, H. Kück, C. Pruss, W. Osten, „**Thermao – Thermisch aktivierte Bauelemente für die adaptive Optik**“, Forschungstag 2009 – Hochtechnologieforschung, Landesstiftung Baden Württemberg, Stuttgart, 07.07.2009

B. Polzinger, H. Willeck, R. Ghabri, J. Keck, P. Müller, W. Eberhardt, H. Kück, „**Printing of resistors on polymer packages**“, Proceedings of the 5th International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Karlsruhe, 23.-25.09.2009

F. Schüssler, J. Franke, H. Richter, P. Buckmüller, M. Schober, S. Lapper, W. Eberhardt, A. Gardocki, Z. Brocka-Krzeminska, D. Drummer, „**Heißgeprägte MID-Baugruppen für erhöhte thermische Anforderungen**“, Kunststoffe 11/2009, S. 96-101

F. Schüssler, J. Franke, H. Richter, P. Buckmüller, M. Schober, S. Lapper, W. Eberhardt, A. Gardocki, Z. Brocka-Krzeminska, D. Drummer, „**Hot-Embossed MID Modules for Enhanced Thermal Requirements**“, Kunststoffe international 11/2009, pp. 72–76

A. Schwenck, A. Fries, K.-P. Fritz, H. Kück, V. Mayer, A. Pojtinger, U. Remer, „**Hochauflösender flüssigkeitsbasierter kapazitiver Neigungssensor**“, VDE MikroSystemTechnik Kongress, Berlin, 12.-14.10.2009

A. Schwenck, V. Mayer, H. Kück, „**Kapazitiver 360° Neigungssensor**“, 16. Innovationstag Mittelstand des BMWi, Berlin, 01.07.2009

J. Seybold, D. Hopp, H. Kück, V. Mayer, W. Osten, C. Pruss, „**Hochauflösender optischer Drehgeber mit MID-Optikmodul**“, 6. Paderborner Workshop „Entwurf mechatronischer Systeme“, Paderborn, 02.-03.04.2009

H. Willeck, „**A new measuring tool for determining the adhesive strength of micro structured metal layers and conductors directly on polymer micro devices**“, 7th International Symposium on Polymer Surface Modification: Relevance to Adhesion, University of Maine, Orono, 12.-15.07.2009

H. Willeck, „**Drucken von funktionalen Mikrostrukturen auf thermoplastischen Bauteilen**“, 1. GMM Workshop „Packaging von Mikrosystemen“, Hahn-Schickard Gesellschaft - Institut für Mikroaufbautechnik, Stuttgart, 23.06.2009

H. Willeck, J. Keck, W. Eberhardt, B. Polzinger, H. Kück, „**Drucken von funktionalen Strukturen auf polymerbasierten mikromechatronischen 3D-Packages**“, Proceedings Mikrosystemtechnik Kongress 2009, Berlin, 12.-14.10.2009

Redaktion Ulrich Allgeier
Mitarbeiter der Abteilungen
Moritz Faller

Gestaltung Monika Teichner
Moritz Faller

Druck Müller Offset Druck
Villingen-Schwenningen

© Copyright HSG-IMAT 2010
ISSN 1861-7220

