

HSG-IMAT



Jahresbericht 2005

mit IZFM - Universität Stuttgart

Sehr geehrte Damen und Herren,

im vergangenen Jahr war die Grundsteinlegung für den Neubau auf dem Campus der Universität in Stuttgart-Vaihingen unter Mitwirkung von Herrn Wirtschaftsminister Ernst Pfister das herausragendste Ereignis für unser Institut. Mit Fertigstellung des Rohbaus und Richtfest Anfang November ging das Bauvorhaben zügig voran, so dass wir den Umzug für Ende 2006 planen. Der Umzug in den Neubau markiert den Abschluss des Jubiläumsjahrs der Hahn-Schickard-Gesellschaft (HSG), die ihr 50-jähriges Bestehen im November 2005 feierte.

Auch im vergangenen Jahr konnten wir das kontinuierliche Wachstum des HSG-IMAT beibehalten. Dabei lagen die Erlöse aus Förderprojekten und Industrieaufträgen zusammen bei über 70%. Knapp die Hälfte unserer Industrieerlöse stammen von kleinen und mittelständischen Unternehmen. Die von uns verfolgten MID-Techniken erfreuen sich eines immer stärkeren Interesses seitens der industriellen Anwender insbesondere aus den Bereichen Automatisierungstechnik, Kfz-Technik und Life Sciences. Dabei profitieren die Anwender in erster Linie von dem Potenzial, mittels MID-basierter Gehäuse und Substrate einen extrem hohen Miniaturisierungsgrad der Systeme zu erreichen. Als wichtiges Ergebnis für die Kfz-Technik konnte in einer Kooperation mit einem renommierten Automobilzulieferunternehmen auch gezeigt werden, dass Laser-MID-Bausteine

mit aufgebauten Nackt-Chip-Bauelementen die harten Zuverlässigkeitsanforderungen für den Einsatz im Motorraum erfüllen.

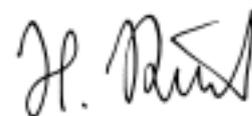
Für die Mikrofluidik bieten Kunststoffbaugruppen gegenüber Silizium und Glas sehr große Kostenvorteile. Darüber hinaus lassen sich völlig neue Konzepte für Dosiersysteme realisieren. Faszinierend ist dabei, welche Präzision und Bauteilkomplexität wir mit der mechanischen Präzisionsbearbeitung erzielen können und dass eine ähnliche Systemperformance wie bei den kostspieligen Silizium-Bauteilen erreicht wird.

Nachdem der Folien-Herstellungsprozess sicher beherrscht ist, konzentrieren sich unsere Aktivitäten bei der Heißspräge-MID-Technik jetzt auf dünnste Folien und insbesondere auf die Optimierung der Handhabung und Konfektionierung der Heißsprägefolien sowie der Bereitstellung einer breiten Palette von funktionellen Folienoberflächen.

Besonders viel versprechend sind auch die neuesten Ergebnisse unserer Arbeiten zu Sensoren. Bei unseren flüssigkeitsbasierten kapazitiven low cost Neigungssensoren, die aus zwei MID-Bausteinen aufgebaut sind, konnten wir erste erfolgreiche Schritte im Hinblick auf eine automatisierte Montage mit guter Ausbeute tun. Erste Untersuchungen zur Kennlinie und Auflösung sowie zum Verhalten in einem weiten Betriebstemperaturbereich und zur Zuverlässigkeit zeigen hervorragende Ergebnisse.

Bei unseren optischen Drehwinkelsensoren, welche mit Encoderscheiben arbeiten, die ähnlich wie CDs hergestellt werden, und die einen vergleichsweise einfachen optischen Aufbau haben, konnten wir höchste Auflösungen für inkrementelle Sensoren zeigen. Darüber hinaus haben wir auch viel versprechende Konzepte für hochauflösende absolut kodierte Sensoren erarbeitet. Sowohl bei den Neigungssensoren als auch bei den Drehwinkelsensoren erkennen wir ein sehr großes Interesse seitens der Industrie.

So war das Jahr 2005 wieder ein gutes und erfolgreiches Jahr für unser Institut. Wir verspüren erfreulicherweise auch immer deutlicher, dass sich unsere Auftraggeber mehr und mehr zu Stammkunden entwickeln. Auch unser Workshop, den wir turnusgemäß im vergangenen Oktober zusammen mit dem Wirtschaftsministerium Baden-Württemberg im Haus der Wirtschaft veranstaltet haben, war wieder ein voller Erfolg. Unsere Veranstaltung hat sich zu dem Treffpunkt in der Fachwelt entwickelt, wo die Anwender der MID-Techniken für Aufbau und Packaging von Mikrosystemen und miniaturisierten Systemen ihre Erfahrungen austauschen und diskutieren. Lassen Sie sich ermutigen, unser Leistungsspektrum kennen zu lernen, in Anspruch zu nehmen und Stammkunde unseres Instituts zu werden.



Ihr Heinz Kück
Institutsleiter HSG-IMAT

HSG-IMAT

Adresse Hahn-Schickard-Gesellschaft
Institut für Mikroaufbautechnik
Breitscheidstr. 2 b
70174 Stuttgart

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

eMail info@hsg-imat.de
Internet www.hsg-imat.de

IZFM

Adresse Universität Stuttgart
Institut für Zeitmesstechnik, Fein- und Mikrotechnik
Breitscheidstr. 2 b
70174 Stuttgart

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

eMail info@izfm.uni-stuttgart.de
Internet www.uni-stuttgart.de/izfm



Inhalt

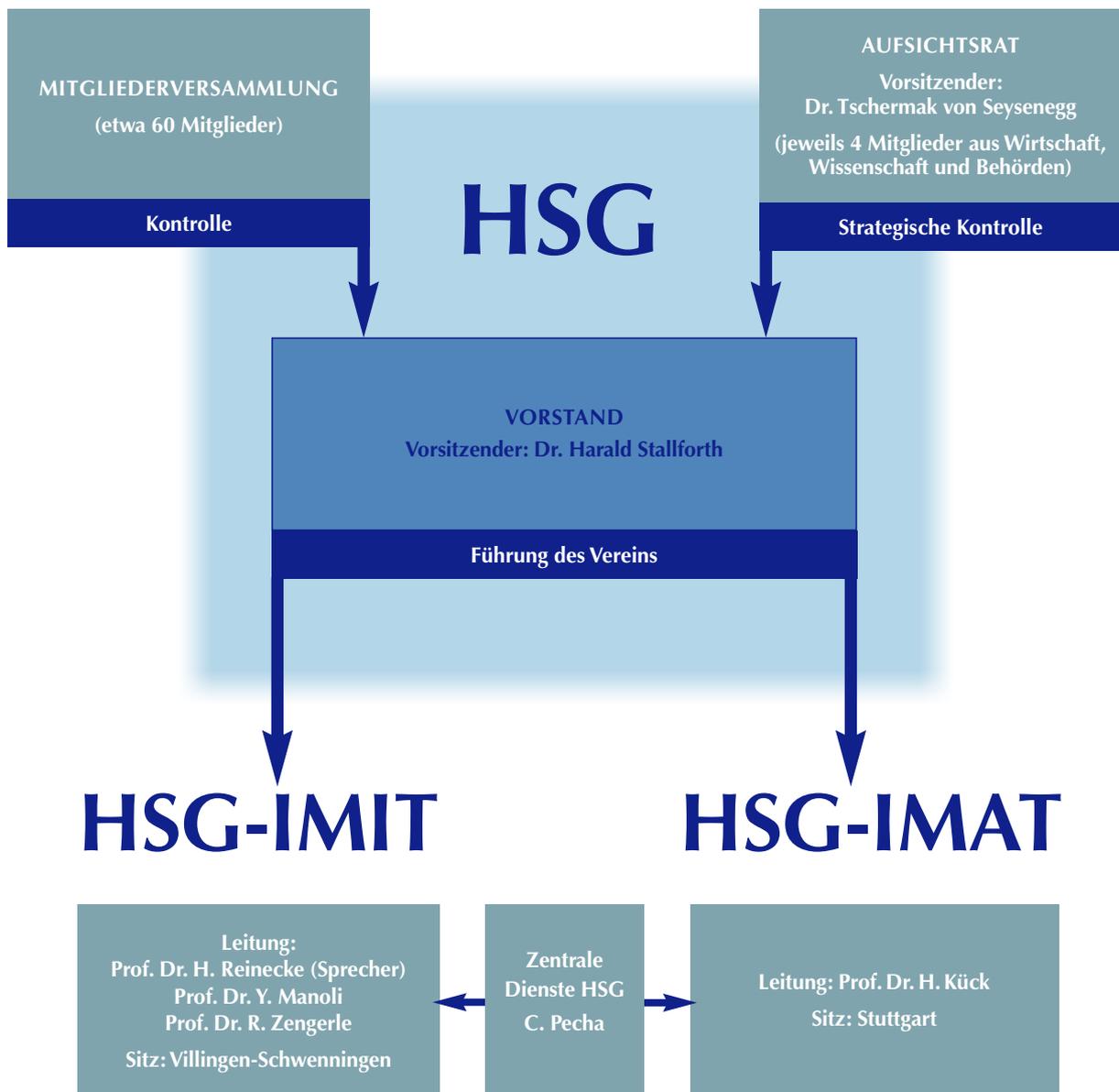
Grußwort	3
Kontakt	4
Inhaltsverzeichnis	5
Die Hahn-Schickard-Gesellschaft	6
Organe und Organisation der HSG	7
Aufsichtsrat und Vorstand	8
Mitglieder	9
HSG-IMAT und IZFM: Struktur und Ansprechpartner	10
HSG-IMAT in Zahlen	11
Die Abteilungen des HSG-IMAT	12
Technologie.....	13
Bauelemente	14
Projektberichte	15
Flipchip-Montage auf MID mit spritzgegossenen Polymerbumps	16
Hochauflösende optische Drehwinkelsensoren	18
Heißprägefolien für die MID-Technik	20
Kunststoff- und MID-Technologie für Life Sciences	22
Mess- und Prüftechnik für die laserbasierte Fertigung von multifunktionalen 3D-Packages	24
Micro-Vias bei Laser-MID aus LCP	26
Publikationen & Marketing	29
Lehrveranstaltungen	30
Studienarbeiten, Diplomarbeiten und Promotionen	31
Messebeteiligungen, Mitwirkung in Gremien	32
Vorträge und Veröffentlichungen	33
Patente und Gebrauchsmuster	35
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), beides Vorreiter in der Forschung und 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 und Organisation der HSG



Um das Gesamtkonzept der HSG wirkungsvoller zu gestalten, wurden ab Mai 2005 die Verwaltungen beider Institute zu den Zentralen Diensten der HSG zusammengefasst. Die Aufgaben sind Verwaltung und Marketing für beide Institute.

Aufsichtsrat und Vorstand

AUFSICHTSRAT

Vorsitzender:

**MinDirig Dr. Armin
Tschermak von Seysenegg**
Wirtschaftsministerium
Baden-Württemberg

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

Franz Effenberger
Institut für organische Chemie
und Isotopenforschung
Universität Stuttgart

Dr. Norbert Fabricius

Forschungszentrum Karlsruhe (FZK)

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

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

Professor Dr. Rainer Scheithauer †

Rektor der Hochschule
Furtwangen

Dr. Stefan Finkbeiner

Robert Bosch GmbH

Ständiger Gast:

MinDirig Dr. Gerhard Finking

Bundesministerium für Bildung und
Forschung

VORSTAND

Vorsitzender:

Dr. Harald Stallforth
AESCULAP 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:

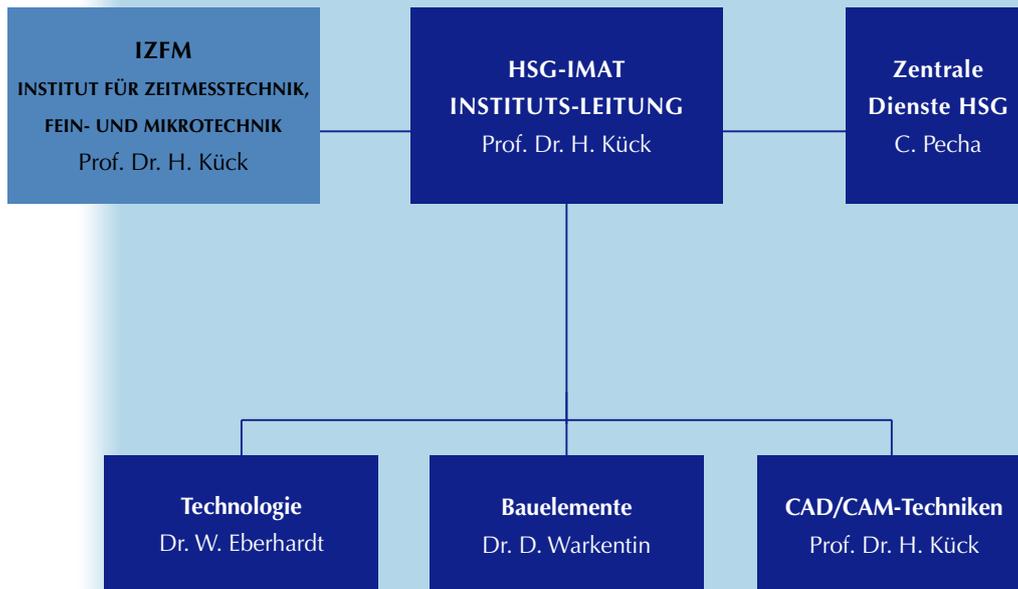
Thomas Albiez
IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg

Stand: 04/2006

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 · **GE GRÄSSLIN GmbH & Co. KG** St. Georgen ·
GRUNER AG Wehingen · **Andreas Haller Fabrik für Feinmechanik GmbH & Co. KG**
 St. Georgen · **Harman/Becker Automotive Systems (XSYS Division) GmbH** Villingen-
 Schwenningen · **Harting Mitronics AG** CH-Biel · **2E mechatronic GmbH & Co. KG**
 Wernau · **HL-Planartechnik** Dortmund · **Hoerbiger-Origina 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 · **Junghans Uhren GmbH** Schramberg · **KENDRION BINDER
 MAGNETE GmbH** Villingen-Schwenningen · **KUNDO System-Technik GmbH** St. Georgen
 · **Erich Lacher Uhrenfabrik** Pforzheim · **LITEF GmbH** Freiburg · **Lotus Systems GmbH** Gut-
 madingen · **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 · **Süss MicroTec Lithography**
 Vaihingen/Enz · **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

HSG-IMAT und IZFM: 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: P. J. Jeuk
Telefon +49 7721 943-254

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

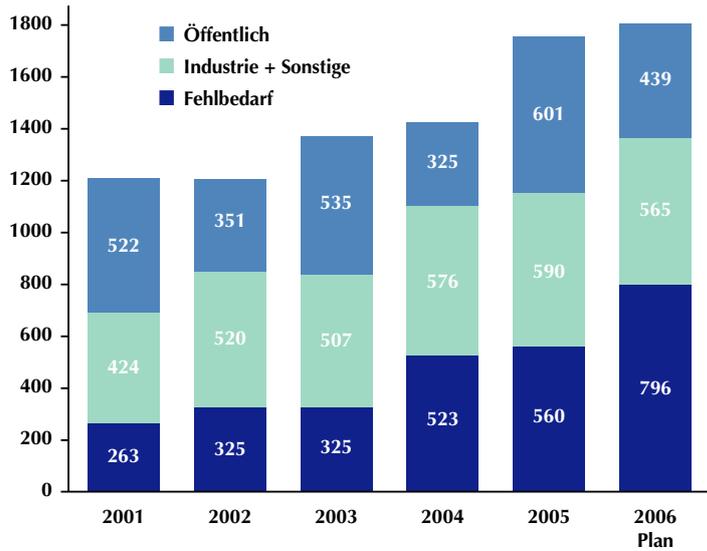
Bauelemente Dr. D. Warkentin
Telefon +49 711 685-83708

CAD/CAM-Techniken Prof. Dr. H. Kück
Telefon +49 711 685-83710

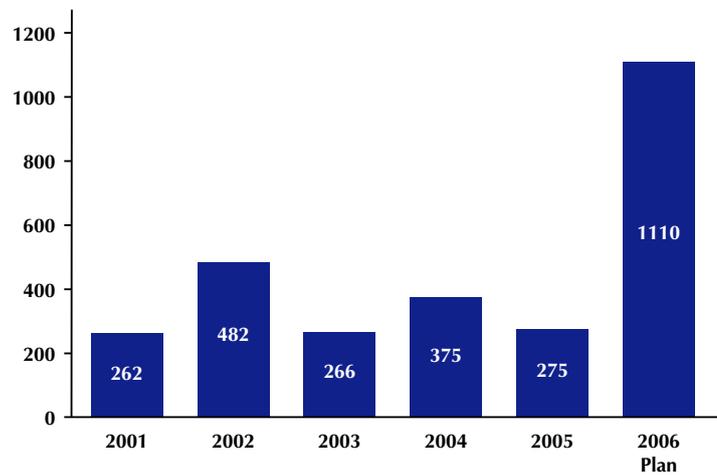
Stand: 04/2006

HSG-IMAT in Zahlen

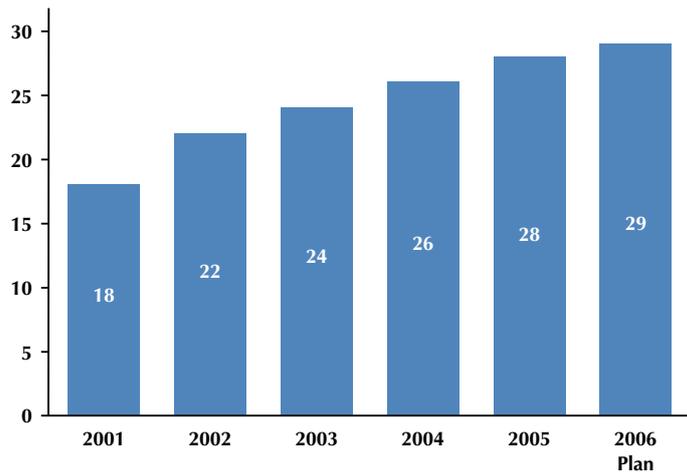
Entwicklung des Haushalts in T Euro



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 Fügetechniken 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 verschiedenen

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 den Abteilungen Bauelemente und CAD-CAM-Techniken 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 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 Mikrofunkenerosion und das neuartige elektrochemische Fräsen mit ultrakurzen Spannungsimpulsen zur Verfügung. Bei der Bauteilkonstruktion setzen wir auch Simulationstools ein u. a. um das Füllverhalten zu beurteilen oder um mechanische oder thermische Fragestellungen zum Bauteil anzugehen.

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 Düsensysteme 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 sowie Drehwinkelsensoren. Bei den Aktoren stehen elektrostatische Kamm- und Wanderkeilantriebe im Vordergrund. Sowohl bei den Sensoren als auch bei den Aktoren zielen wir auf innovative Konzepte für low cost Applikationen.

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 cm³ 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 Simulationswerkzeuge zurück. Das betrifft die statischen und dynamischen mechanischen Eigenschaften genauso wie elektrische 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 nicht, uns anzusprechen.

Kontakt: Dr. Daniel Warkentin
Telefon: +49 711 685-83708
eMail: warkentin@hsg-imat.de

Projektberichte

- Flipchip-Montage auf MID mit spritzgegossenen Polymerbumps
- Hochauflösende optische Drehwinkelsensoren
- Heißprägefolien für die MID-Technik
- Kunststoff- und MID-Technologie für Life Sciences
- Mess- und Prüftechnik für die laserbasierte Fertigung von multifunktionalen 3D-Packages
- Micro-Vias bei Laser-MID aus LCP

Flipchip-Montage auf MID mit spritzgegossenen Polymerbumps

Einleitung

Der Trend hin zu weiterer Miniaturisierung mit höchster Integrationsdichte verlangt nach neuen Ansätzen und Ideen für das Packaging mikrotechnischer und mikroelektronischer Bauteile. MEMS und MOEMS benötigen perfekt abgestimmte Substrate und Gehäuse mit den für die Anwendung passenden Schnittstellen zur Peripherie.

Der Nacktchipmontage auf MID kommt dabei eine Schlüsselrolle zu. Sie ermöglicht z. B. den Aufbau von Sensorchips in komplexen Gehäusen oder die Signalvorverarbeitung direkt an der Quelle.

Die Rauheit der chemisch außenstromlos abgeschiedenen Metallschichten und die thermische Ausdehnung der verwendeten Thermoplaste erfordern eine Adaption der in der Elektroniktechnologie beherrschten Prozesse wie Wirebonding oder Flipchip-Technik auf MID.

Im Folgenden wird ein Verfahren vorgestellt, mit dem die Vorteile der MID-Technik für die Montage von Flipchips mit nicht leitendem Klebstoff (NCA) voll nutzbar gemacht werden können. Die Untersuchungen entstanden in Zusammenarbeit mit der HARTING Mitronics AG in Biel. Bisher war für die Montage auf planaren Leiterplatten immer ein ausreichend hoher

chipseitiger Kontaktbump notwendig, welcher die Aufgabe hatte, eine sichere Kontaktierung zu gewährleisten, Höhenschwankungen auszugleichen und die Klebspalthöhe einzustellen. Durch Integration von metallisierten Polymerbumps auf dem MID kann das teure Au-Studbumping auf Waferlevel kostensparend ersetzt werden. Die Herstellung der Polymerbumps erfordert dabei keinen zusätzlichen Prozessschritt, da diese beim Spritzgießen zusammen mit dem restlichen MID entstehen.

Höhentoleranzen der Polymerbumps

Entscheidend für eine zuverlässige elektrische Verbindung aller Chipkontakte ist die Minimierung der maximalen Höhenabweichung der Bumps innerhalb eines Arrays. Die Höhenschwankungen der Polymerbumps setzen sich zusammen aus den individuellen Toleranzen, die bei jedem einzelnen Prozessschritt entstehen, beginnend mit der Fertigung der Spritzgussform über das Spritzgießen bis hin zur Laserstrukturierung und Metallisierung.

In Abb. 1 ist eine REM-Aufnahme eines spritzgegossenen unmetallisierten Arrays aus 20 Bumps auf einem Substrat aus LCP sowie die Höhenverteilung der Polymerbumps dargestellt.

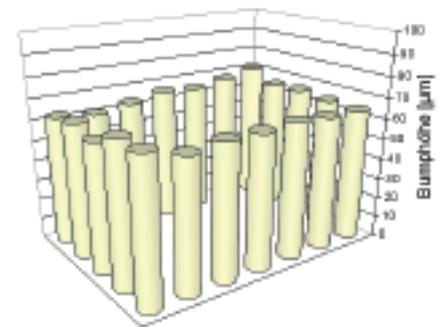
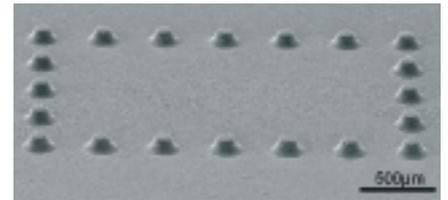


Abb. 1: Höhenverteilung von Polymerbumps

Der maximale Höhenunterschied eines Arrays steigt mit der Anzahl der Kontakte. Daher ist eine pauschale Aussage über die notwendigen auszugleichenden Toleranzen nicht möglich. Für ein Array von 20 Bumps ergaben die Messungen an den vorliegenden metallisierten Substraten zu erwartende Höhenabweichungen zwischen niedrigstem und höchstem Bump von weniger als 10 µm. Bei nur 10 Bumps verringert sich dieser Wert bereits auf unter 7 µm.

Deformationsverhalten der Polymerbumps

Da der Flipchip als starr angenommen werden kann, wird der Höhentoleranzausgleich ausschließlich mit einer Deformierung der Polymerbumps durch die beim Fügeprozess aufgebrachte Kraft erreicht. Weiterhin ist eine Mindestandruckkraft der Kontaktpartner für eine gute elektrische Verbindung notwendig. Die auf den höchsten Bump wirkende Gesamtkraft setzt sich also aus diesen beiden Komponenten zusammen, wobei sich die Kraft zum Höhenausgleich aus der Steifigkeit des Bumps multipliziert mit der notwendigen Deformation ergibt.

Es ist daher notwendig zu wissen, wie stark sich der Polymerbump ohne Schädigung deformieren lässt. Hierzu wurden Messungen an realen Bumps sowie Simulationen mit Hilfe der Finiten Elemente Methode (FEM) durchgeführt. Durch Aufzeichnung und Auswertung des Kraft-Weg-Verhaltens von Bumps unter Belastung konnte der elastische Bereich, innerhalb dessen es zu keiner Schädigung kommt, bestimmt werden. Abb. 2 zeigt exemplarisch die Kraft-Weg-Kurve eines metallisierten Polymerbumps.

Man erkennt deutlich die Steigungsänderung nach etwa 14 µm Weg bzw. bei einer Kraft von 2,5 N. Dies markiert den Beginn

der plastischen Verformung und damit der Schädigung des Bumps. Aus der statistischen Auswertung einer größeren Anzahl Messungen konnte geschlossen werden, dass eine Deformation bis zu 10 µm ohne Schädigung des Bumps möglich ist. Mit Hilfe der FEM-Simulation eines rotationssymmetrisch modellierten Einzelbumps (Abb. 3) wurden außerdem die Einflüsse von Geometrieparametern und prozessabhängigen Größen wie Bump-höhe, Metallschichtdicke und Krafteinleitung auf das Deformationsverhalten der Bumps untersucht. Es zeigte sich, dass vor allem eine geringe Dicke und Rauheit der Metallschicht die Ergebnisse positiv beeinflussen.

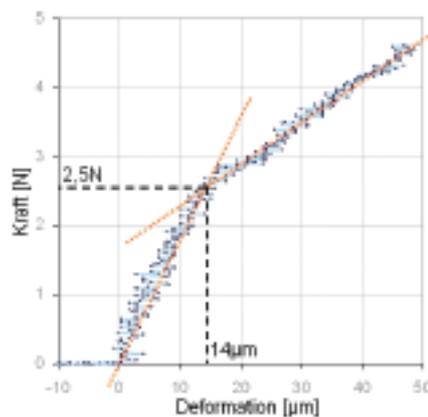


Abb. 2: Kraft-Weg Verhalten eines Polymerbumps

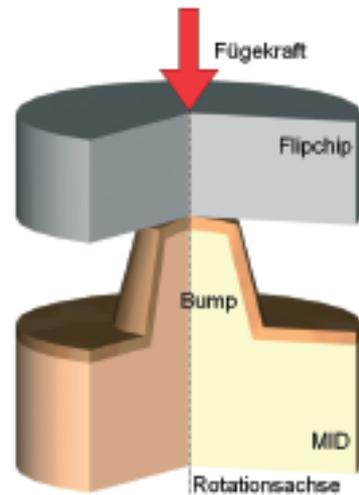


Abb. 3: Rotationssymmetrisches FEM-Modell

In Umwelttests zeigten optimiert aufgebaute Flipchips auf MID keine Ausfälle bei Temperaturwechsel (1000 Zyklen -40 / 125°C).

Die Untersuchungen zeigen, dass vor allem für Flipchips mit geringen Anschlusszahlen im Bereich bis 10 Kontakte durch geeignete Prozessführung eine sichere Verbindung aller Flipchipkontakte auf spritzgegossenen Polymerbumps möglich ist. Die MID Technik bietet hier also eine neuartige kostengünstige Alternative zu den bekannten Prozessen der Aufbau- und Verbindungstechnik.

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

Hochauflösende optische Drehwinkelsensoren

Einleitung

Drehwinkelsensoren werden in einer Vielzahl von industriellen Anwendungen eingesetzt, um die Winkelstellung bei Drehbewegungen zu erfassen. Beispiele dafür sind die Lenkwinkelerfassung im Kraftfahrzeug für Fahrstabilitätssysteme oder die Positionserfassung von rotierenden Elementen in Maschinen. Zur Bestimmung des Drehwinkels werden üblicherweise berührende potentiometrische Funktionsprinzipien oder berührungsfreie optische, magnetisch-induktive und kapazitive Funktionsprinzipien eingesetzt. Die magnetisch-induktiven Verfahren kommen vorwiegend im Low-Cost-Segment zum Einsatz, während die optischen Sensoren für Messaufgaben eingesetzt werden, bei denen höchste Auflösungen gefordert sind. Die optischen Drehgeber weisen dabei insgesamt jedoch den Nachteil auf, dass die Anforderung nach einer notwendigen hohen Auflösung des Drehwinkels bei gleichzeitig sehr günstigen Fertigungskosten nur schwer realisiert werden kann.

Funktionsprinzip der neuen Sensoren

Grundgedanke des neuen 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 mit extrem kleiner Teilung in sehr hohen Stückzahlen bei gleichzeitig geringsten Kosten gefertigt werden. Abb. 1 zeigt einen Ausschnitt aus der Maßverkörperung einer Test-Winkelscheibe im Vergleich zu den Datenstrukturen einer CD. Die Maßverkörperung besteht aus diffraktiv wirkenden mikrostrukturierten und unstrukturierten Feldern, die auf einem Kreisring angeordnet sind. Das Abtasten der Maßverkörperung erfolgt optisch durch den fokussierten Strahl einer Laserdiode. Von der Winkelscheibe wird der Laserstrahl auf eine Fotodiode reflektiert, wobei er in der 0ten Beugungsordnung, die der reflektierten Richtung entspricht, durch die diffraktiven Mikrostrukturen der

Maßverkörperung in seiner Intensität moduliert wird. Abb. 2 zeigt schematisch das Aufbaukonzept des Drehwinkelsensors. Die dreidimensionale Anordnung der elektrooptischen Komponenten kann bei dem Drehwinkelsensor beispielsweise durch ein Kunststoff-Gehäuse in 3D-MID-Technik erreicht werden. Im Falle eines inkrementell messenden Drehwinkelsensors ist die Erkennung der Drehrichtung der Winkelscheibe z. B. über ein Abtasten mit zwei phasenversetzten Abtasteinheiten möglich. In einer möglichen Anordnung wird dies durch einen Doppellaserdiodenchip realisiert, wobei beide Laserquellen durch dieselbe Linse auf die Winkelscheibe fokussiert werden und auf der Winkelscheibe den gewünschten Phasenversatz zueinander aufweisen. Die Drehrichtung der Winkelscheibe kann jedoch auch über eine Abtasteinheit und spezielle Sub-Strukturen auf der Winkelscheibe detektiert werden, was im Vergleich zu einer zweiten Abtasteinheit den Bauteil- und Montageaufwand des Sensors reduziert.

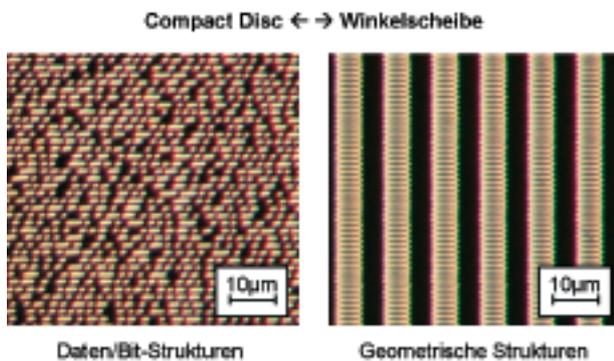


Abb. 1: Mikroskop-Aufnahme von Datenstrukturen einer CD im Vergleich zur Maßverkörperung der Winkelscheibe

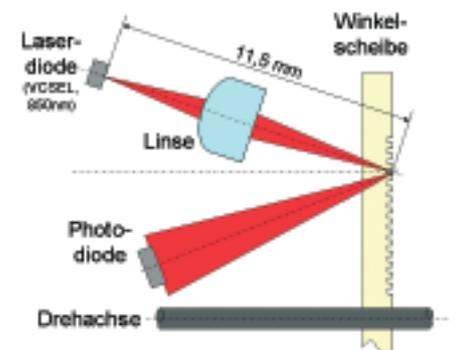


Abb. 2: Aufbaukonzept bzw. Strahlengang

Mit dem vorgeschlagenen Funktionsprinzip für den Drehwinkelsensor ist auch der Aufbau eines absolut messenden Drehwinkelsensors möglich. Für die Codierung eines Absolutsignals besteht die Möglichkeit, mehrere Maßspuren auf der Winkelscheibe zu hinterlegen, die die Winkelinformationen repräsentieren. Weiterhin ist es denkbar, Felder einzuführen, die über die Interferenz eine Grauwertmodulation des Laserstrahls bewirken. So kann z. B. einem inkrementellen Signal eine sequentielle absolute Codierung überlagert werden.

Laboraufbau zum Nachweis des Funktionsprinzips

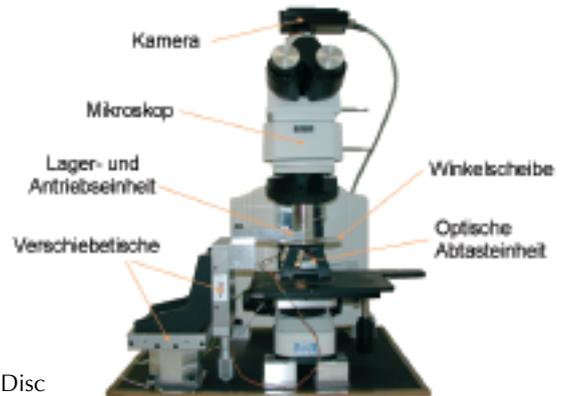
Mit einem ersten einfachen Laboraufbau zum Nachweis des Funktionsprinzips konnte die prinzipielle Signalmodulation bereits nachgewiesen werden. Der Laboraufbau weist den Strahlengang nach Abb. 2 auf und arbeitet mit einer VCSEL-Laserdiode der Wellenlänge 850 nm, die durch eine Mikrolinse aus Glas auf einen Strahldurchmesser von 10 µm auf der Winkelscheibe fokussiert wird. Die Test-

Abb. 3: Versuchsaufbau zum Nachweis des Funktionsprinzips

Winkelscheibe ist wie eine Compact Disc mit einer reflektierenden Rückseite versehen, so dass bei schräger Einstrahlung der reflektierte Laserstrahl auf eine Photodiode gelenkt wird. Den gesamten Versuchsaufbau zeigt Abb. 3. In den Versuchsaufbau ist ein Mikroskop integriert, um den Laserspot mittels einer Kamera zu erfassen sowie über eine Software vermessen zu können. Die eingesetzte Test-Winkelscheibe verfügt über verschiedene inkrementell angeordnete Teststrukturen. Darunter Teststrukturen mit einer Feldbreite im Bereich von 3 µm bis 50 µm.

Messergebnisse

Mit dem Laboraufbau konnte gezeigt werden, dass mit einem Laserspot von 10 µm Durchmesser nicht nur 10 µm breite Felder, sondern auch noch 5 µm breite inkrementelle Felder eindeutig detektiert werden können. Abb. 4 zeigt das modulierte Signal an der Photodiode bei 5 µm breiten Feldern und einer konstanten



Drehgeschwindigkeit der Winkelscheibe. Das annähernd sinusförmige Signal an der Photodiode könnte durch einen nachgeschalteten A/D-Wandler zusätzlich noch interpoliert und damit die Auflösung um ein Vielfaches gesteigert werden.

Zusammenfassung

Das Funktionsprinzip eines Drehwinkelsensors mit einer Compact Disc als geometrische Maßverkörperung konnte nachgewiesen werden. Die ersten Messergebnisse mit einem einfachen Versuchsaufbau sowie einer nicht optimal abgespritzten Test-Winkelscheibe zeigen die enorme Leistungsfähigkeit und das große Potenzial des Drehwinkelsensorkonzepts, das nach Baugröße, Herstellungskosten, Auflösung, Eigenschaften und Elektronikaufwand für verschiedenste Anwendungen adaptiert und optimiert werden kann.

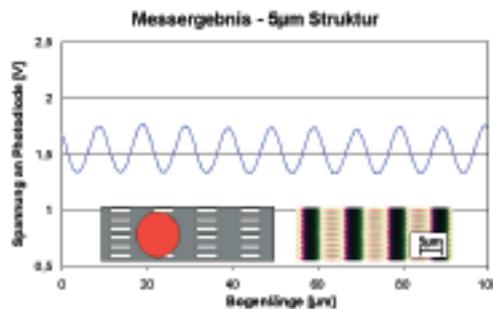


Abb. 4: Messergebnis bei 5 µm breiten Feldern

Kontakt: Dr. Daniel Warkentin
Telefon: +49 711 685-83708
eMail: warkentin@hsg-imat.de

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

Heißprägefolien für die MID-Technik

Einleitung

Die Heißprägetechnik ist ein schneller und wirtschaftlicher Fertigungsprozess zur Herstellung von MID. Über ein beheiztes Prägewerkzeug, auf dem sich das Schaltungslayout befindet, wird eine geeignete Metallfolie unter Druck und Wärme auf den Thermoplast gepresst. Dabei wird die Folie beim Prägeprozess ausgestanzt und verbindet sich mit dem aufschmelzenden Kunststoff. Somit wird das Leiterbahnlayers direkt vom Prägestempel auf einen thermoplastischen Schaltungsträger übertragen. Für die Erzeugung von Kupfer-Heißprägefolien steht am HSG-IMAT eine Anlage zur Verfügung, mit welcher durch galvanische Abscheidung Folien mit den für den Heißprägeprozess gewünschten Eigenschaften erzeugt werden können.

Optimierung Abscheideprozess

Kupferfolien zum Heißprägen müssen neben einer konstanten Schichtdicke insbesondere eine definierte Zugfestigkeit

und Bruchdehnung besitzen. Die Steuerung der Foliendicke erfolgt bei konstantem Abscheidestrom durch die Folienvorschubgeschwindigkeit, d. h. die Geschwindigkeit, mit welcher die Folie aus dem Erzeugerbad gefahren wird. Kupferfolien zum Heißprägen sollten möglichst spröde sein, damit die Folie leicht und vollständig an den Kanten des Prägewerkzeuges abgetrennt wird. Bei galvanisch erzeugten Kupferfolien lassen sich diese Eigenschaften durch bestimmte Badzusätze (Additive) in den gewünschten Bereich steuern und über die gesamte Produktionszeit aufrechterhalten. Abb. 1 zeigt ein Beispiel für die Einhaltung der Parameter in der Produktion.

Funktionelle Oberflächen

Zur Erzielung einer ausreichend großen Haftfestigkeit auf thermoplastischen Bauteilen benötigt die Folie auf der Präge-seite ein so genanntes Treatment, das heißt eine gewisse Rauigkeit bzw. eine geeignete

Haftstruktur. Dies lässt sich erreichen, wenn die Folie aus der Erzeugerzelle heraus in ein zweites elektrolytisches Kupferbad geführt und dort einseitig einem Pulsstrom ausgesetzt wird. Die Wahl der Stromparameter erfolgt dabei so, dass trotz hoher Rauigkeit die Haftstruktur abriebfest mit der Folie verbunden ist. Abb. 2 zeigt einen metallografischen Schliff durch Kupferfolien mit typischer Treatmentstruktur.

Zur Bestückung des MID-Bauteils mit SMD (Surface Mount Devices) muss die Heißprägefolie auf ihrer Oberseite gut lötbar sein. Dies lässt sich erreichen, indem man in einem weiteren Prozess die Folie einseitig galvanisch verzinnt. Einfacher und kostengünstiger ist jedoch die Beschichtung mit einer organischen Schutzschicht (Organic Solder Protect, OSP), welche die Kupferoberfläche vor Oxidation schützt und damit ihre Lötbarkeit gewährleistet. Beim HSG-IMAT ist ein derartiges OSP-Modul, in welchem die

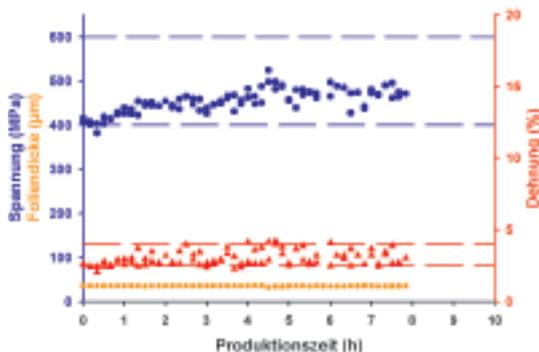


Abb. 1: Kontinuierliche Erfassung der Kenngrößen im Verlauf eines Produktionstages

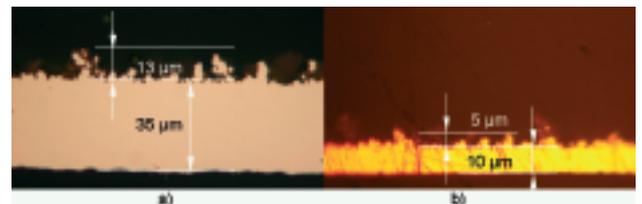


Abb. 2: Metallografischer Schliff durch Kupfer-Heißprägefolien a) Standardfolie 35 µm dick b) Dünnfolie 10 µm dick

Schutzschicht durch einen einfachen Tauchprozess auf die Folie aufgebracht wird, in die Folienanlage integriert. Nach unseren Erkenntnissen ist eine 0,2 µm dicke OSP-Schicht gut geeignet. Bei definierter Konzentration und Temperatur lässt sich diese Schichtdicke allein durch die Verweildauer der Folie im OSP-Bad einstellen (Abb. 3).

Dünnschichten

Während Heißprägefolien mit Schichtdicken von 25 - 70 µm schon seit längerer Zeit auf dem Markt verfügbar sind, besteht in jüngerer Zeit auch ein verstärktes Interesse an dünneren Folien. Dünnschichten haben Vorteile bei der Realisierung feiner Leiterstrukturen und ermöglichen längere Stempelstandzeiten. Sie sind jedoch bei ihrer Herstellung und Verarbeitung kritischer zu handhaben. Die am HSG-IMAT entwickelten Dünnschichten haben aus Gründen noch guter Handhabbarkeit eine Schichtdicke von 10 µm (Abb. 2b).

Sie lassen sich unter Verwendung des verfügbaren Folienherstellprozesses relativ einfach dadurch gewinnen, dass nur die Folienvorschubgeschwindigkeit verändert wird, während die Bad- und Stromparameter für die Erzeugung der Folie gleich bleiben. Den Zusammenhang zwischen Folien-schichtdicke und Vorschubgeschwindigkeit zeigt Abb. 4.

Die höhere Folienvorschubgeschwindigkeit bei Dünnschichten erfordert eine Anpassung der nachgeschalteten Prozesse Treatment-Erzeugung und OSP-Beschichtung. Während letzterer durch die Expositionszeit im Bad recht gut gesteuert werden kann, ist die Treatment-erzeugung bei der kurzen Verweildauer der Folie im elektrischen Feld schwieriger zu bewerkstelligen. Die derzeit erreichten Haftfestigkeiten der Folie liegen bei ca. 0,6 N/mm und müssen noch verbessert werden. Hierzu wird im HSG-IMAT Anfang 2006 ein stärkerer Pulsplating-Generator zur Verfügung stehen.

Ausblick

Die aktuellen Arbeiten konzentrieren sich auf das Folienhandling und ihre Weiterverarbeitung. Hierzu gehört die Integration einer Randbeschneidungsvorrichtung, um die in ihren Eigenschaften etwas vom Mittelteil der Folie abweichenden Folienränder zu entfernen und die Folie dabei gleichzeitig auf ein bestimmtes Endmaß zuzuschneiden. Derart vorbereitete Folien können dann mittels einer Rollenschneid- und Wickelmaschine konfektioniert, d. h. auf eine für das jeweilige MID beim Heißprägeprozess benötigte Streifenbreite zugeschnitten werden. Eine derartige Maschine wird am HSG-IMAT in Kürze zur Verfügung stehen. Durch einen stabilen Folienherstellungsprozess, die Möglichkeit zur Variation der Foliendicke sowie die Folienkonfektionierung kann schnell und flexibel reagiert werden. Dadurch ist die Verfügbarkeit von Folien für die Heißpräge-MID-Technik wesentlich verbessert.

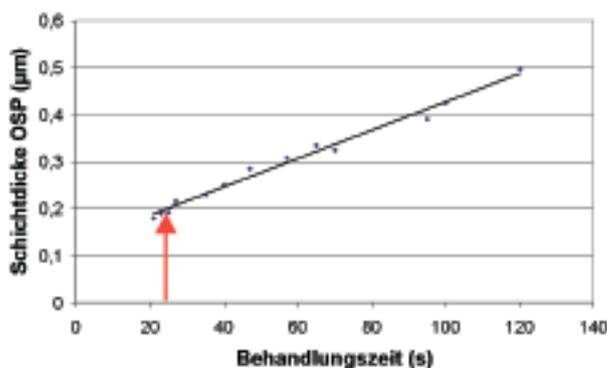


Abb. 3: OSP-Schichtdicke auf Kupfer-Heißprägefolien in Abhängigkeit von der Behandlungszeit im Beschichtungsbad

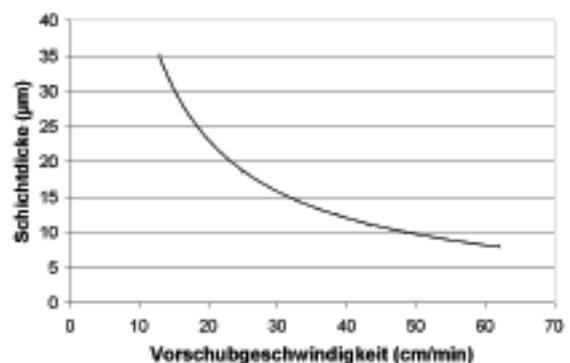


Abb. 4: Zusammenhang zwischen Foliendicke und -vorschubgeschwindigkeit

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

Kunststoff- und MID-Technologie für Life Sciences

Mikro- und Präzisionsspritzguss für die Analyse

Der Bedarf an Systemen zur exakten Dosierung kleinster Flüssigkeitsmengen steigt fortwährend. Besonders im Bereich der Life-Sciences wie beispielsweise Medizin-, Gen- und Biotechnik ist man mehr und mehr auf präzise Dosiersysteme angewiesen. Die Entwicklung geht dabei in Richtung weiterer Automatisierung, Parallelisierung und Miniaturisierung. Am HSG-IMAT wurden daher zusammen mit HSG-IMIT und IMTEK Freiburg Untersuchungen zur Herstellung von verschiedenen mikrofluidischen Bauelementen, insbesondere auf Basis von Thermoplasten unter Verwendung der vergleichsweise kostengünstigen Kunststoffspritzgießverfahren durchgeführt. Abb. 1 zeigt einen im Rahmen eines AiF-Projektes erarbeiteten Mikrodosierkopf für die Dosierung von Flüssigkeitsmengen von 10 - 100 nl und Dosierpulsen bis zu 300 Hz. Kernelement des Dosierkopfes ist ein hochflexibler und hochfester Mikroschlauch aus Kunststoff, der im Spritzgießprozess mittels Einlegetechnik mit einem Adapter verbunden wird.

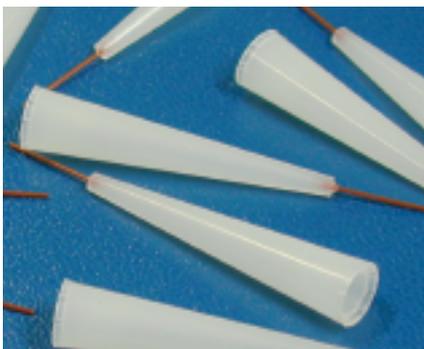


Abb. 1: Foto von Mikrodosierköpfen

Ein weiteres Mikrodosierverfahren stellt die Freistrahldosierung nach dem Dispensing Well Plate (DWP) - Verfahren dar, bei dem kleinste Flüssigkeitsmengen von 50 nl mit hoher Genauigkeit dosiert werden. Grundsätzlich werden hierzu mikrofluidische Dosierchips mit entsprechenden Mikrokanal- und Mikrodüsenstrukturen eingesetzt, welche derzeit meist auf der Basis von Glas bzw. Silizium hergestellt werden. In vorausgegangenen Arbeiten wurde die Herstellbarkeit solcher Dosierchips mittels kostengünstigen Kunststoff-Mikrospritzgusses am Beispiel von Dispensing Well Plates mit Abmessungen von 35 x 26 x 1 mm³ und 24 Dispensereinheiten erfolgreich demonstriert. Die Dispensereinheiten bestehen aus einem Reservoir, einem 100 µm breiten und 80 µm tiefen Kanal und Düsen mit einem Durchmesser von 100 µm (Abb. 2). Die Herstellung der Einsätze für die Spritzgießwerkzeuge erfolgte durch Hochpräzisionsfräsen. Mit diesen Einsätzen konnten Dosierchips aus verschiedenen Polymeren wie beispielsweise COC, PEEK und PC mit einer Zykluszeit von unter 25 Sekunden gefertigt werden. Aufgrund der geringen

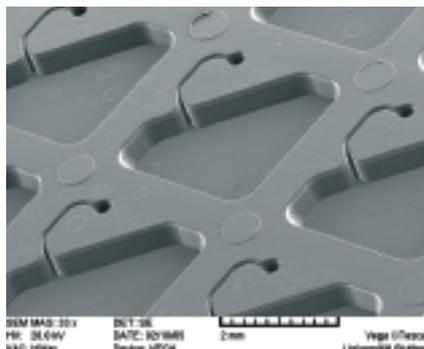


Abb. 2: REM-Aufnahme von mikrofluidischen Strukturen eines Dosierchips aus Kunststoff mit 24 Dispensereinheiten

Fertigungstoleranzen von weniger als 10 µm konnte mit den Chips ein sehr gutes Dosierverhalten mit einer Reproduzierbarkeit des Dosierungsvolumens von weniger als 4% erreicht werden (Abb. 3).

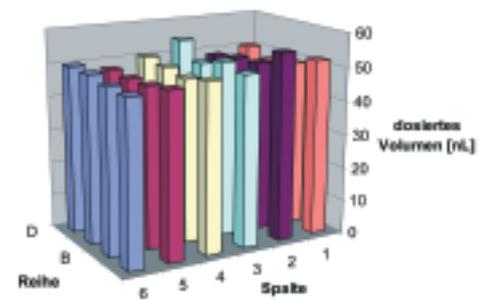


Abb. 3: Homogenität der Dosierniveaus der 24-kanaligen DWP

Derzeit laufen im Rahmen des GroMik-Projektes der Landesstiftung Baden-Württemberg am IMT des FZ Karlsruhe Untersuchungen zur Herstellung von großflächigen Mikrodosierchips mit 384 Dispensereinheiten mittels Heißprägen (Warmfließpressen). Abb. 4 zeigt ein Foto des Versuchs-Formeinsatzes aus Stahl mit derzeit 96 Dispensereinheiten, der vom HSG-IMAT für das IMT hergestellt wurde.



Abb. 4: Formeinsatz aus Stahl für die Herstellung eines Dosierchips mit bis zu 384 Dispensereinheiten

Laser-MID-Technologie in der Medizintechnik

Die Anforderungen der Medizintechnik nach elektrischer Funktionalität auf dreidimensionalen Kunststoffbauteilen bietet insbesondere für die Laser-MID-Technologien ein hohes Potenzial für innovative Produkte. In der Hochfrequenz-Chirurgie, d. h. zum Schneiden oder Koagulieren von Körpergewebe mit hochfrequenten Strömen, haben Einweginstrumente den Vorteil, dass der Operateur immer neue Instrumente zur Verfügung hat und die Gefahr von Kreuzinfektionen minimiert ist. Für solche Einweginstrumente kann der Einsatz der MID-Technik zu deutlichen Vorteilen im Hinblick auf Kosten und Funktionalität führen. Ein Beispiel für ein solches MID ist eine bipolare Einwegpinzette aus Kunststoff mit integriertem Temperatursensor zur kontrollierten Koagulation des Gewebes (Abb. 5). Hierbei wird der Stromkreis durch direktes Anlegen der Instrumentenpole an das Gewebe geschlossen. Der Hochfrequenzstrom erhitzt das Gewebe, was zu einer Erhitzung und Verdampfung der intrazellulären Flüssigkeit und somit zu einer Koagulation des Eiweißes führt. Bei der bipolaren Technik ist im Gegensatz zur

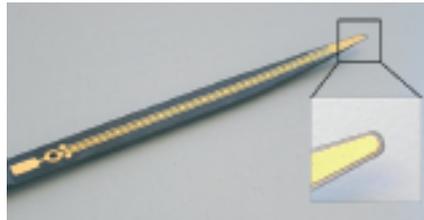


Abb. 5: Pinzettenschenkel einer bipolaren HF-Pinzette in LDS-Technologie (Quelle: Aesculap AG & Co. KG)

monopolaren Technik keine Neutral- oder Körperelektrode notwendig. Mit Hilfe eines in der Pinzette integrierten Temperatursensors in Form einer sehr schmalen Leiterbahn kann nun während der Koagulation die Gewebetemperatur kontrolliert werden, so dass der HF-Strom beim Überschreiten einer Mindesttemperatur automatisch abschaltet. Somit ist ein schonender und sicherer Gefäßverschluss reproduzierbar möglich, wodurch der Chirurg während der Operation entlastet wird. Auf Grund der isolierten Pinzettenspitzen wird eine Kolateralschädigung des Gewebes vermieden. Die Koagulation findet ausschließlich zwischen den beiden Elektrodenflächen an der Innenseite der Pinzettenspitzen statt. Eine Technologie zur Herstellung von bipolaren Einwegpinzetten ist die Laser-

Direkt-Strukturierung (LDS). Für diese Anwendung ist ein laserdirektstrukturierter PBT/PET-Blend mit erhöhter Temperaturbeständigkeit besonders geeignet. Der Stromzufluss zu den Arbeitselektroden der Pinzette erfolgt über galvanisch verstärkte Leiterbahnen. Die Leiterstruktur für den Temperatursensor umrundet die Arbeitselektroden und wird nur mit chemischer Metallabscheidung erzeugt, da hierfür ein hoher elektrischer Widerstand erforderlich ist.

Eine weitere Anwendung von MID in der Medizintechnik stellt ein Mikrosensor zur Bestimmung des Kohlendioxid-Partialdrucks direkt im Gewebe dar. Dies ist von besonderer Bedeutung bei der Erkennung von Ischämie, d. h. einer pathologisch verminderten oder aufgehobenen Durchblutung des Gewebes infolge mangelnder arterieller Blutzufuhr. Das MID für den Sensor ist etwa 9 mm lang bei einem Durchmesser von 0,6 mm. Der Sensor ist bereits erfolgreich im Tierversuch erprobt worden. Abb. 6 zeigt eine Detailaufnahme des MID aus LCP mit feinsten laserdirektstrukturierten und metallisierten Leiterstrukturen.

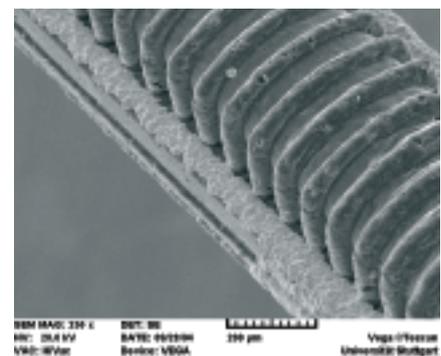


Abb. 6: Mikrosensor in LDS-Technologie (Quelle: Alertis Medical AS)

Kontakt: Dr. Daniel Warkentin
Telefon: +49 711 685-83708
eMail: warkentin@hsg-imat.de

Mess- und Prüftechnik für die laserbasierte Fertigung von multifunktionalen 3D-Packages

Einleitung

Die zuverlässige Fertigung von laserbasierten multifunktionalen 3D-Packages verlangt eine gleich bleibende Produktqualität innerhalb enger Toleranzgrenzen. Im Rahmen des vom BMBF über den Projektträger VDI/VDE-IT geförderten Projekts MELAM-3D werden hierzu geeignete Prüftechniken erarbeitet, u. a. ein Verfahren zur Charakterisierung der außenstromlosen Kupferbeschichtung von laserdirektstrukturierten Substraten. Erste Ergebnisse sind hierbei sehr viel versprechend. Weiterhin ist die Haftfestigkeit der auf den MID abgeschiedenen Metallschichten von großer Bedeutung. Daher wird ein Messverfahren erarbeitet, bei dem die Haftfestigkeit von Leiterbahnen direkt auf realen multifunktionalen 3D-Packages bestimmt werden kann.

Verfahren zur Charakterisierung des außenstromlosen Kupferelektrolyten

Bei der chemisch außenstromlosen Metallbeschichtung von laseraktivierten MID haben Ansprungsverhalten und Abscheiderate der eingesetzten Metallisierungsbäder einen großen Einfluss auf die Qualität der erzeugten Leiterstrukturen. Zu reaktiv eingestellte Bäder können zu unerwünschter Fremdabscheidung und Übermetallisierung

führen. Zu träge Bäder führen dagegen zu nicht vollständig geschlossenen Schichten.

Zur Charakterisierung der Bäder vor und während der Metallbeschichtung wird ein Verfahren zur Erfassung des Anspring- und Abscheideverhaltens erarbeitet, das auf einer Impedanzmessung an einem Probekörper beruht. In einem ersten Schritt wird ein planarer LDS-Probekörper mittels Laser-Direkt-Strukturierung mit einer geeigneten Elektrodenstruktur aus Cu/Ni/Au versehen (Abb. 1a). Die Fläche zwischen den Elektroden wird anschließend laseraktiviert (Abb. 1b). Nach dem Eintauchen des Probekörpers in das zu charakterisierende Bad (Abb. 1c) wird zwischen den Elektroden wiederholt der Betrag des komplexen Widerstands sowie die Phasenverschiebung gemessen. Anhand der Änderung über der Verweildauer im Bad kann auf das Anspringverhalten geschlossen werden. Abb. 2 zeigt einen typischen Verlauf, der Betrag des komplexen Widerstands steigt nach dem Eintauchen an. Mit der Aus-

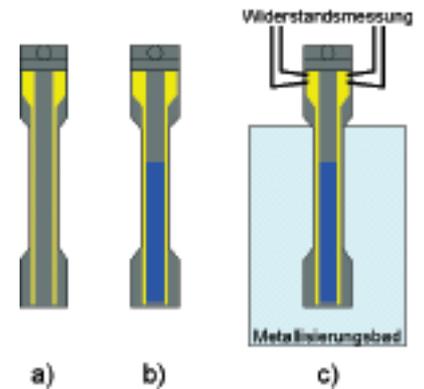


Abb. 1: Probekörper zur Erfassung des Anspringverhaltens

bildung erster Stromleitpfade zwischen den Elektroden sinkt er dann sehr stark ab. Gleichzeitig geht die Phasenverschiebung von etwa -40° mit einem steilen Anstieg gegen Null. Die Zeit bis zu diesem Übergang ist charakteristisch für die Dauer der Bildung einer geschlossenen Startschicht. Mittels einer zweiten Struktur soll die Abscheiderate des Kupfers bestimmt werden. Dazu wird eine laserdirektstrukturierte Leiterbahn verwendet, die simultan mit Metall beschichtet wird, wobei der Widerstand abnimmt. Durch eine Bestimmung

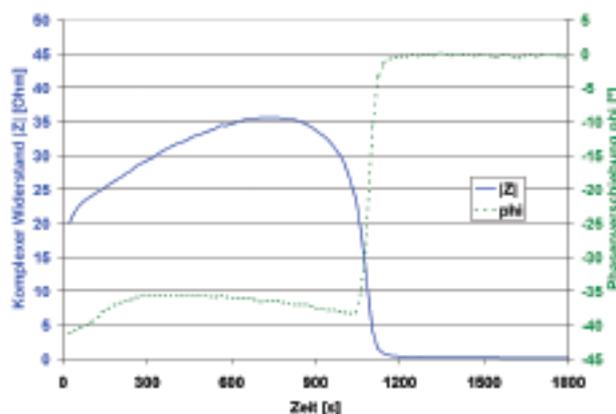


Abb. 2: Zwischen den Elektroden gemessener komplexer Widerstand $|Z|$ und Phasenverschiebung über der Verweildauer im Metallisierungsbad

des Widerstands in kurzen Zeitintervallen kann die Aufwachsrate der Metallschicht kontinuierlich bestimmt werden. Beide Messungen zusammen erlauben eine sichere Beurteilung des Zustands des Elektrolyten.

Verfahren zur Bestimmung der Haftfestigkeit

Die etablierten Verfahren wie Stirnabzug-, Zugscher- und Peeltest zur Bestimmung der Haftfestigkeit von Metallschichten auf beliebigen Substraten erfordern einen hohen Präparationsaufwand. Für eine optimale Beurteilung der Haftfestigkeit müssen Mindestanforderungen bezüglich Länge, Breite und Dicke der Leiterbahnen eingehalten werden. Somit ist es kaum möglich, unmittelbar an Original-MID-Bauteilen zu messen. Daher wird am HSG-IMAT ein neues Mess- und Prüfverfahren zur Haftfestigkeitsbestimmung erarbeitet, welches bei einfacher Substratvorbereitung eine grundsätzliche Vergleichbarkeit mit den etablierten Verfahren bieten soll. Mit dem Verfahren sollen Leiterbahnen mit einer Breite von etwa 200 Mikrometern bis zu über einem Millimeter und Schichtdicken von 5 - 20 Mikrometern auf MID in der laufenden Produktion charakterisiert werden können. Die Messstrecke soll dabei

möglichst kurz gehalten werden. Das Verfahren beruht auf der Messung der Kräfte, die beim Trennen bzw. Abschälen der Leiterbahn vom Kunststoffsubstrat wirken (Abb. 3). Ein geeigneter Mikromeißel dringt dabei präzise in die Grenzschicht zwischen Metall und Kunststoff und durchtrennt den Verbund. Dabei werden Kräfte im Bereich von mN bis max. 50 N erwartet. Mikromeißel z. B. aus Keramik oder Hartmetall sind für verschiedene Leiterbahnbreiten vorgesehen. Bei der Konzeption des Tischgeräts wurde auf eine sehr hohe Steifigkeit Wert gelegt. Daher wird auf einem Granitportal ein 5-Achsen Positioniersystem zur Ausrichtung der MID-Substrate sowie zur Bewegung von Meißel und Substrat während des Messvorgangs aufgebaut (Abb. 4).

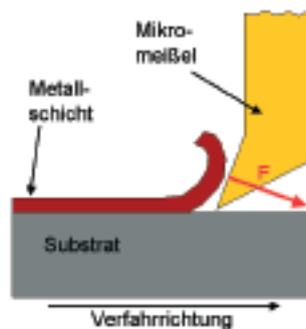


Abb. 3: Schematische Darstellung des Abschälvorgangs

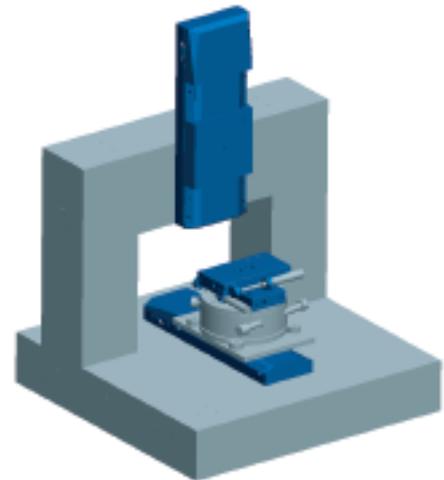


Abb. 4: Schematischer Aufbau des Positioniersystems auf Granitportal

Zur Ausrichtung der Substrate und Beobachtung des Abschälvorgangs werden optische Systeme in den Aufbau integriert. Bei der Abschäleinheit ist eine mehrkomponentige und querkraftminimierte Erfassung der Kräfte vorgesehen. Durch eine flexible Auslegung sollen optional auch beispielsweise Schertests an elektronischen Bauteilen sowie Pull-Tests an Drahtbondverbindungen möglich sein. Für eine Korrelation zwischen dem neuen und den etablierten Verfahren werden vergleichende Messungen durchgeführt. Damit soll das Messprinzip auch auf seine Eignung für ein genormtes Prüfverfahren untersucht werden.

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

Kontakt: Dipl.-Ing. Hannes Willeck
Telefon: +49 711 685-83704
eMail: willeck@hsg-imat.de

Micro-Vias bei Laser-MID aus LCP

Einleitung

Mit zunehmendem Einsatz von MID als multifunktionale Packages für Mikrosysteme und miniaturisierte Systeme steigt die Komplexität und damit die Zahl der Anwendungen, die zweiseitige Leiterbilder mit Durchkontaktierungen erfordern. Bei geeignetem Verschluss der Durchkontaktierungen kann das Package gleichzeitig als Schaltungsträger und Gehäuse dienen. Durchführungen für feinste Leiterbahn-pitches lassen sich nicht mehr unmittelbar im Spritzgießprozess erzeugen. Jedoch lassen sich mit subtraktiven oder additiven laserbasierten Herstellungsverfahren derzeit Leiterbahn-pitches bis unter 200 µm realisieren. Im Rahmen eines AiF-Projekts werden unterschiedliche Verfahren zur laserbasierten Herstellung feinsten elektrischer Durchkontaktierungen untersucht.

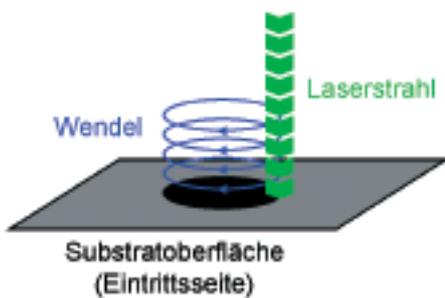


Abb. 1: Wendelbohren von Micro-Vias

Laserbohren in MID

Beim Wendelbohren wird der Strahlfokus mehrfach wendelförmig über die Oberfläche des zu bohrenden MID geführt (Abb. 1). Der Durchmesser der erzeugten Bohrung ist abhängig vom Durchmesser der Wendel und dem Fokussdurchmesser des verwendeten Laserstrahls. Mit zunehmender Wandstärke bzw. Lochstärke steigt die Anzahl der für eine vollständige Bohrung zu strukturierenden Wendel. Für Bohrversuche mit dem UV- und IR-Laser wurde ein Testsubstrat mit unterschiedlichen Wandstärken zwischen 200 µm und 800 µm entworfen und aus unterschiedlichen Thermoplasten spritzgegossen.

Beim additiven Verfahren der Laser-Direkt-Strukturierung (LDS) werden spezielle Thermoplaste eingesetzt, welche mittels IR-Laserstrahlung aktiviert und anschließend durch chemisch außenstromlose Metallabscheidung selektiv beschichtet werden. Sowohl für das Laserbohren als auch für das Laseraktivieren ist laserdirekt-strukturierbares LCP sehr gut geeignet. Durch den Bohrvorgang wird gleichzeitig die Bohrwandung aktiviert, so dass im chemisch außenstromlosen Metallisierungsbad zusammen mit dem Leiterbild

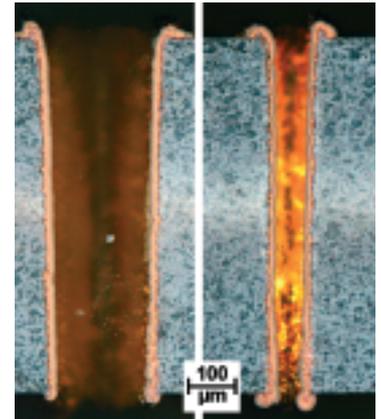


Abb. 2: IR-Lasergebohrte und metallisierte Durchkontaktierungen in LCP Vectra E820i-LDS bei einer Wandstärke von 800 µm

auch die Durchkontaktierungen metallisch beschichtet werden können.

Abb. 2 zeigt im Querschliff zwei Bohrungen mit einem eintrittsseitigen Durchmesser von 250 µm bzw. 80 µm in LCP Vectra E820i-LDS und einer Wandstärke von 800 µm nach der außenstromlosen Beschichtung mit Kupfer, Nickel und Tauchgold. Trotz des hohen Aspektverhältnisses weist das Micro-Via im Querschliff eine gleichmäßige Metallbeschichtung auf. Mit zunehmendem Aspektverhältnis nimmt die Dicke der Metallschicht ab. Abb. 3 zeigt die gemessenen Kupferschichtdicken von Micro-Vias in der

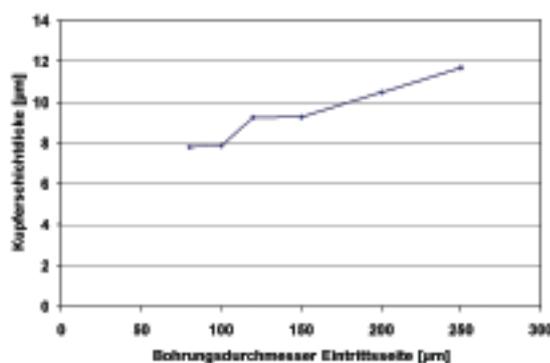


Abb. 3: Kupferschichtdicke in einer Bohrung nach der außenstromlosen Beschichtung in Abhängigkeit vom Bohrungsdurchmesser (Wandstärke 800 µm)

Substratmitte in Abhängigkeit vom eintrittsseitigen Durchmesser der Bohrung. Für die Herstellung von Micro-Vias im Semiadditivprozess lassen sich Substrate aus einem herkömmlich metallisierbaren LCP auch mit einem UV-Laser bohren. Nach anschließender chemischer Vorbehandlung und vollflächiger Beschichtung von Bohrungen und Substratoberfläche mit einer dünnen Kupferstartschicht wird die Kupferschicht durch UV-Laserablation mit dem Leiterbahnbild versehen und anschließend mit chemisch Nickel und Tauchgold beschichtet.

Spritzgießtechnisch realisierte Durchdringungen in MID

Die Mindestgröße spritzgießtechnisch realisierbarer Durchdringungen wird durch die Möglichkeiten bei der Herstellung der Spritzgießwerkzeuge bestimmt. Weiterhin lassen sich spritzgießtechnisch realisierte Durchdringungen nur bis zu einem bestimmten maximalen Flankenwinkel laseraktivieren. Anhand eines Testsubstrats mit kegelförmigen Durchdringungen werden Flankenwinkel von 70° und 80° bei einer Substratdicke von 800 µm untersucht. Abb. 4 zeigt einen Querschliff durch eine solche spritzgießtechnisch realisierte

Durchdringung in LCP Vectra E820i-LDS nach Laseraktivierung und anschließender chemisch außenstromloser Beschichtung mit Kupfer, Nickel und Tauchgold. Beim Semiadditivprozess werden die spritzgegossenen Substrate aus LCP Vectra E820i nach chemischer Vorbehandlung außenstromlos vollflächig mit einer dünnen Kupferstartschicht beschichtet. Anschließend erfolgt die UV-Laserstrukturierung und Beschichtung mit chemisch Nickel und Tauchgold.

Zusammenfassung und Ausblick

Die ersten Ergebnisse zur Herstellung von Micro-Vias in MID sind sehr viel versprechend. Mittels Laserbohren lassen sich in LCP Werkstoffen feinste Durchkontaktie-

rungen mit einem Durchmesser von unter 100 µm erzeugen und anschließend chemisch außenstromlos metallisieren. Großes Potenzial besteht vor allem beim Laserbohren von Micro-Vias in Kombination mit der Laser-Direkt-Strukturierung des Leiterbilds. Leiterbild und Micro-Vias können in einem Strukturierungsschritt erzeugt werden, ohne dass auf Flexibilität in Hinblick auf Layoutänderungen verzichtet werden muss.

In weiteren Arbeiten werden die lasertechnisch hergestellten Durchkontaktierungen intensiven Umwelttests unterzogen, um deren Eignung für ein breites Anwendungsspektrum nachzuweisen. Weiterhin werden Verfahren zum zuverlässigen Verschluss von Durchkontaktierungen untersucht und ein Prüfstand aufgebaut, um die verschlossenen Micro-Vias anschließend einer Dichtheitsprüfung zu unterziehen.

Dieses Forschungsvorhaben (AiF-Vorhaben-Nr. 14282 N) wird aus Haushaltsmitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi) über die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen „Otto von Guericke“ e. V. (AiF) gefördert.

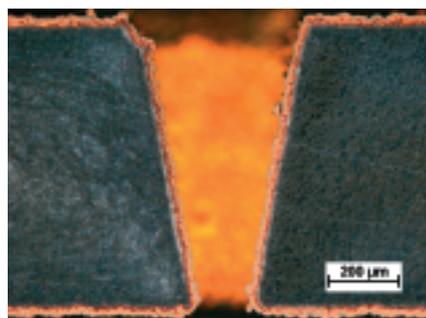


Abb. 4: Spritzgießtechnisch realisierte Durchdringung nach Laser-Direkt-Strukturierung

Kontakt: Dipl.-Ing. Dirk Ahrendt
Telefon: +49 711 685-83704
eMail: ahrendt@hsg-imat.de

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

Unser Neubau in Stuttgart-Vaihingen



Grundsteinlegung am 30.5.2005



Richtfest am 3.11.2005

Publikationen & Marketing

- Lehrveranstaltungen
- Studienarbeiten, Diplomarbeiten und Promotionen
- Messebeteiligungen
- Mitwirkung in Gremien
- Vorträge und Veröffentlichungen
- Patente und Gebrauchsmuster

Lehrveranstaltungen

VORLESUNGEN

H. Kück:

Grundlagen der Mikrotechnik I mit Übungen

H. Kück:

Grundlagen der Mikrotechnik II mit Übungen

H. Kück:

Miniaturtechnik I mit Übungen

H. Kück:

Miniaturtechnik II mit Übungen

B. Martin:

Ausgewählte Messverfahren der Fein- und Mikrotechnik

R. Mohr:

Elektronik für Mikrosystemtechniker

R. Mohr:

Elektronische Bauelemente in der Mikrosystemtechnik

H. Sandmaier, T. Strobel:

Bauelemente der Mikrosystemtechnik

H. Sandmaier, T. Strobel:

Technologien der Mikrosystemtechnik

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

E. Westkämper:

Einführung in den Maschinenbau

D. Krieg, H. Kück, R. Mohr, D. Warkentin:

Modellierung und Simulation in der Mikrosystemtechnik

PRAKTIKA

Hauptfachpraktikum in Miniatur- und Mikrotechnik

Allgemeines Praktikum des Maschinenbaus (APMB)

Elektronik-Praktikum für Mikrosystem- und Feinwerktechniker

EXKURSIONEN

Ziel: HSG-IMIT, Villingen-Schwenningen, 01.02.2005, 20 Teilnehmer

Ziel: Festo AG & Co. KG, Esslingen, 05.07.2005, 19 Teilnehmer

Studienarbeiten, Diplomarbeiten und Promotionen

ABGESCHLOSSENE STUDIENARBEITEN

Dommann, Ulrike

Untersuchungen zum Neigungssensor
Betreuer: Dipl.-Ing. R. Mohr,
Dipl.-Ing. D. Benz

Henle, Christian

Charakterisierung von Beschleunigungs-
aufnehmern in der MID-Technik
Betreuer: Dr.-Ing. D. Warkentin

Isringhausen, Ulrike

MID-gerechte Konstruktion eines kapaziti-
ven flüssigkeitsbefüllten Neigungssensors
Betreuer: Dipl.-Ing. D. Benz

Schneider, Marc

Charakterisierung und Optimierung der
Signalmodulation im optischen System
eines Drehwinkelsensors
Betreuer: Dipl.-Ing. V. Mayer

Seybold, Jonathan

Konstruktion, Auslegung und Aufbau
eines Demonstrators zur Verifikation des
Funktionsprinzips eines optischen
Drehwinkelsensors
Betreuer: Dr.-Ing. D. Warkentin

ABGESCHLOSSENE DIPLOMARBEITEN

Aichele, Immanuel N.

Modellierung von Beschleunigungs-
sensoren mit großer Dämpfung bei hohen
Beschleunigungswerten
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück, Dr. J. Classen
(Robert Bosch GmbH)

Botzelmann, Tim

Optimierter Entwurf und Untersuchungen
zum Fügeprozess eines flüssigkeits-
befüllten kapazitiven Neigungssensors
in MID-Technik
Betreuer: Dipl.-Ing. D. Benz

Donis, Dieter

Untersuchung eines Display- und
Optikkonzepts für ein warnendes
Nachtsichtsystem
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück, Dipl.-Ing.
M. Arnon (Robert Bosch GmbH)

Gransee, Rainer

Optimierung eines Mikrodispensers zur
Erzeugung von Tropfen im Nanoliter-
bereich
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück, F. Doffing
(Institut für Mikrotechnik Mainz GmbH)

Müller, Andreas

Auslegung und 3D-Konzept eines
optischen Drehwinkelsensors
Betreuer: Dr.-Ing. D. Warkentin,
Dipl.-Ing. V. Mayer

Rembold, Valentin

Nacktchipmontage auf laserdirektstrukturierten MID mit Ultraschall-Drahtbonden
Betreuer: Dipl.-Ing. U. Keßler

Schieber, Markus

MEMS-Teststrukturen zur Untersuchung
von Oberflächenpassivierungsschichten
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück, Dr. V. Schmitz
(Robert Bosch GmbH)

Warber, Michael

Konzept zum Schutz eines Drucksensor-
Dünnsfilms unter Dieselmotor-Brennraum-
bedingungen
Betreuer: Prof. Dr. H. Kück,
Dr. N. Schoeche (Bosch Automotive
Systems Japan)

Wentz, Stefanie

Untersuchungen zur Haftfestigkeit auf
LDS-Substraten
Betreuer: Dipl.-Ing. H. Willeck

PROMOTIONEN

D. Warkentin

Untersuchungen zu kapazitiven
Beschleunigungssensoren aus metall-
beschichtetem Kunststoff (21.10.2005)

Messebeteiligungen Mitwirkung in Gremien

MESSEBETEILIGUNGEN

SMT Hybrid & Packaging,
Nürnberg, 19.-22.04.2005

Tag der Wissenschaft,
Stand im Pfaffenwaldring 9,
Universität Stuttgart, 18.06.2005

4M 2005 First International Conference
on Multi-Material Micro Manufacture,
Karlsruhe, 29.06.-01.07.2005

COMS-Kongress,
Baden-Baden, 21.-25.08.2005

MST-Kongress,
Freiburg, 10.-12.10.2005

WORKSHOP

Innovative Anwendungen der
MID-Technik,
Veranstalter: Hahn-Schickard-Gesellschaft
Institut für Mikroaufbautechnik (HSG-IMAT)
gemeinsam mit Wirtschaftsministerium
Baden-Württemberg, Stuttgart, 05.10.2005

MITWIRKUNG IN GREMIEN

U. Keßler
Mitglied der DVS AG A2.4 Bonden

H. Kück
Mitglied im Fachausschuss 4.8
"Mikrofertigung und Werkstoffe" der GMM
Mitglied im Wissenschaftlichen Rat der AiF
Mitglied im Fachbeirat des "Kompetenz-
netz MAHREG Automotive"

M. Schubert
Deputy Head of Division bei WP6
"Assembly and Packaging" im Network of
Excellence: "Multi-Material Micro Manu-
facture: Technology and applications (4M)"
(bis Mai 2005)

W. Eberhardt
Deputy Head of Division bei WP6
"Assembly and Packaging" im Network of
Excellence: "Multi-Material Micro Manu-
facture: Technology and applications (4M)"
(ab Juni 2005)

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

D. Warkentin
Sub Task Leader bei WP11 "Sensors and
Actuators" im Network of Excellence:
"Multi-Material Micro Manufacture:
Technology and applications (4M)",
Sub Task 11.1b: Low cost non-silicon
physical sensors



Vorträge und Veröffentlichungen

D. Ahrendt, "Laserstrukturierung von Feinst-Pitch-MID", Workshop – Innovative Anwendungen der MID-Technik, Stuttgart, 05.10.2005

D. Ahrendt, W. Eberhardt, H. Kück, "Feinste Leiterbahnen auf MID-Bauteilen aus laseraktivierbaren Thermoplasten", 19. Stuttgarter Kunststoff-Kolloquium 2005, Stuttgart, 09.-10.03.2005

D. Benz, "Neigungssensoren in MID-Technik", Workshop – Innovative Anwendungen der MID-Technik, Stuttgart, 05.10.2005

D. Benz, T. Botzelmann, H. Kück, D. Warkentin, "Low Cost Capacitive Inclination Sensors", COMS 2005, Baden-Baden, Germany, 21.-25.08.2005

D. Benz, T. Botzelmann, H. Kück, D. Warkentin, "Low Cost Inclination Sensor made from Selectively Metallized Polymer", Sensors and Actuators, A 123 - 124, 2005, p. 18 - 22.

W. Eberhardt, "Feinste Leiterbahnen auf MID-Bauteilen aus laseraktivierbaren Thermoplasten", 19. Stuttgarter Kunststoff-Kolloquium 2005, Stuttgart, 10.03.2005

W. Eberhardt, "Aufbau- und Verbindungstechnik auf laserstrukturierten MIDs", Tutorial SMT / Hybrid / Packaging 2005: Einsatz moderner Lasersysteme im Fertigungsprozess elektronischer Baugruppen, Nürnberg, 21.04.2005

W. Eberhardt, "Nackchipmontage auf laserstrukturierten MID", Spritzgegossene Schaltungsträger (MID) – Technologie und Anwendung, SKZ, Würzburg, 12.05.2005

W. Eberhardt, "MID-Technik zum Aufbau multifunktionaler 3-D Packages", MIMOT Advantage Days, Lörrach, 16.06.2005

W. Eberhardt, "MID-Technologien zum Aufbau multifunktionaler 3D-Packages", Ineltec 2005, Basel, 06.09.2005

W. Eberhardt, "Multifunktionale 3D-Packages auf Polymerbasis für die Mikrosystemtechnik", Mikrosystemtechnik Kongress 2005, Freiburg, 11.10.2005

W. Eberhardt, D. Ahrendt, U. Keßler, H. Kück, L. Blassmann, C. Hanisch, S. Schauz, L. John, N. Heininger, "Laserbasierte Herstellung von multifunktionalen 3D-Packages für innovative Mikrodrehgeber in der Automatisierungs- und Kraftfahrzeugtechnik", PLUS VTE, 8/2005, S. 1452-1457

W. Eberhardt, D. Ahrendt, U. Keßler, C. Pein, M. Schubert, H. Kück, "Multifunktionale 3D-Packages auf Polymerbasis für die Mikrosystemtechnik", Mikrosystemtechnik Kongress 2005, Freiburg, 10.-12.10.2005

N. Heininger, D. Ahrendt, W. Eberhardt, H. Kück, L. Blassmann, C. Hanisch, S. Schauz, "Laserbasierte Herstellung Multifunktionaler Packages am Beispiel von innovativen Mikrodrehgebern für die Automatisierungs- und Kraftfahrzeugtechnik", VDI Wissensforum "Kunststofftechnik für Sensoren und Aktoren", Fürth, 21.-22.04.2005

U. Keßler, "Laser-MID-basierte multifunktionale Packages", ZVEI Workshop Multifunctional Packages, naomi technologies AG, Mainz, 01.02.2005

U. Keßler, "Laser-MID-basierte Flip-Chip-Technologien", ZVEI Workshop Flip-Chip-Technologien für Multifunctional Packages, HSG-IMAT, Stuttgart, 08.06.2005

U. Keßler, "Multifunctional Packages by Assembly of SMD and Bare Dies on Moulded Interconnect Devices (MID)", International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Karlsruhe, 30.06.2005

U. Keßler, C. Pein, W. Eberhardt, H. Kück, "Multifunctional Packages by Assembly of SMD and Bare Dies on Moulded Interconnect Devices (MID)", International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Karlsruhe, 29.06.2005 - 01.07.2005

Vorträge und Veröffentlichungen

H. Kück, "Aufbautechnik für Mikrosysteme mit mikrostrukturierten MIDs und Flip-Chip-Technik" 8. Symposium Magneto-resistive Sensoren, Wetzlar, 08.-09.03.2005

H. Kück, "Vorstellung der Arbeiten im HSG-IMAT/IZFM", ZVEI-Workshop Multifunctional Packages im HSG-IMAT am 08.06.2005

H. Kück, "Neue Technologien zur Veredelung von Kunststoffbauteilen", IHK-Vortragsreihe "Wirtschaft trifft Wissenschaft", Stuttgart, 10.11.2005

H. Kück, "Mikrofertigung und Mikromontage im HSG-IMAT", VDMA Workshop zur Mikroproduktion – Mikrofertigung – Mikromontage, Frankfurt, 17.-18.01.2005

H. Kück, "Vorstellung der Arbeiten im HSG-IMAT/IZFM", GMM-FA. 4.8 "Werkstoffe und Fertigungsverfahren", Stuttgart, 20.04.2005

H. Kück, "Aufbau von Mikrosystemen mit innovativen Kunststoffbauelementen", RWTH Aachen, 22.07.2005

V. Mayer, "Hochauflösende optische Drehwinkelsensoren mit MID-Aufbautechnik", Workshop - Innovative Anwendungen der MID-Technik, Stuttgart, 05.10.2005

B. Wang, W. Eberhardt, H. Kück, "Influence of Argon Plasma Pretreatment on Properties of Liquid Crystal Polymer", J. Material Sc., Vol. 40, Nr. 13, 2005, 3535-3538

B. Wang, W. Eberhardt, H. Kück, "Adhesion of PVD Layers on Liquid Crystal Polymer Pretreated by Oxygen Containing Plasma", Vacuum, Vol. 79, Nr. 3-4, 2005, 129-133

B. Wang, W. Eberhardt, S. Tian, H. Kück, "Metallization of a Liquid Crystal Polymer by PVD Using a Nickel Interlayer", eingereicht und akzeptiert in Journal of Adhesion Science and Technology.

B. Wang, W. Eberhardt, H. Kück, "Plasma Pretreatment of Liquid Crystal Polymer and Subsequent Metallization by PVD", eingereicht in Vacuum

D. Warkentin, H. Kück, "Beurteilung verschiedener MID Technologien in der Konzeptphase", MID Academy, Zürich, 30.11.2005

D. Warkentin, R. Steger, K. Hiltmann, H. Kück, H. Sandmaier, P. Koltay, R. Zengerle, „Mikrofluidische Strukturen aus Kunststoff für die Mikrodosierung“, 19. Stuttgarter Kunststoff-Kolloquium, Stuttgart, Deutschland, 09.-10.03.2005

D. Warkentin, D. Benz, W. Eberhardt, H. Kück, V. Mayer, R. Mohr, "Mikrosensoren aus metallbeschichteten Kunststoffen", VDI-Wissensforum, Kunststofftechnik für Sensoren und Aktoren, Fürth, Deutschland, 21.-22.04.2005

D. Warkentin, K. Hiltmann, P. Koltay, H. Kück, S. Messner, R. Steger, R. Zengerle, "Microfluidic Devices with Micronozzles Fabricated by Injection Moulding", 4M 2005 First International Conference on Multi-Material Micro Manufacture, Forschungszentrum Karlsruhe, Karlsruhe, Germany, 29.06.-01.07.2005

D. Warkentin, D. Benz, H. Kück, V. Mayer, "Mikrosensoren aus metallbeschichteten Kunststoffen", VDE Mikrosystemtechnik Kongress 2005, Freiburg, Deutschland, 10.-12.10.2005

Patente und Gebrauchsmuster

PATENTE

D. Benz, H. Kück, V. Mayer, D. Warkentin,

"Optischer Drehmomentsensor und
Verfahren zum Betreiben eines optischen
Drehmomentsensors", angemeldet am
23.09.2005

GEBRAUCHSMUSTER

H. Kück, V. Mayer, D. Warkentin,

"Drehwinkelsensor für Mehrfachumdreh-
ungen", angemeldet am 08.07.2005

T. Botzermann, H. Kück, V. Mayer,

D. Warkentin, "Absolut codierter optischer
Drehgeber mit mikrostrukturierter Codier-
scheibe", angemeldet am 28.10.2005

T. Botzermann, H. Kück, V. Mayer,

D. Warkentin, "Inkrementell codierter
optischer Drehgeber mit mikrostrukturier-
ter Codierscheibe", angemeldet am
28.10.2005

H. Kück, D. Benz, W. Eberhardt, C. Pein,

D. Warkentin, "Steckkontaktstifte für die
lötfreie Montage auf Schaltungsträgern",
angemeldet am 21.06.2005

Redaktion Ulrich Allgeier
Mitarbeiter der Bereiche

Gestaltung WAS-Werbeagentur,
Villingen-Schwenningen

Druck Revellio Druck & Medien GmbH
Villingen-Schwenningen

