

HSG-IMAT



Jahresbericht 2010 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,

das vergangene Jahr 2010 zählt für das HSG-IMAT sicherlich zu den besonders erfolgreichen Jahren. Mit einem Wachstum von fast 9% bei den Industrieerlösen und 23% bei den öffentlichen Projekten konnten wir unsere Expertise weiter ausbauen.

Im Spitzencluster MicroTEC Südwest sind wir ein wichtiger Knoten. So konnten wir im vergangenen Jahr als Partner und Ideengeber wesentlich zum Zustandekommen von fünf Verbundprojekten beitragen, Anträge stellen, und mit den Arbeiten beginnen. Dabei bilden neue Fertigungsverfahren, insbesondere die Rolle zu Rolle Fertigung von MID-Baugruppen und der Einsatz von Drucktechniken einen Schwerpunkt. Weiterhin adressieren wir im Spitzencluster die Klein- und Erstserienfertigung. Dazu erarbeiten wir gemeinsam mit unseren Partnern im Leitthema PRONTO, insbesondere mit IMS Chips und dem HSG-IMIT, die notwendigen Prozesse und die Infrastruktur.

Zur Stärkung der Klein- und Erstserienfertigung im HSG-IMAT konnten wir im vergangenen Jahr mit Unterstützung durch Bund und Land Baden-Württemberg im Rahmen des Konjunkturpakets 2 auf der Reservefläche im Erdgeschoss einen Reinraum mit 180 qm einrichten, und unsere Ausrüstungen entsprechend ergänzen und auf den neusten Stand der Technik bringen. Für diese Maßnahme mit einem Volumen von insgesamt fast 5 Mio. Euro sind wir besonders dankbar. Der Reinraum ist seit Ende 2010 in Betrieb. Ein Highlight ist dabei unser neuer Bestückungsanlagen-Cluster mit fünf verkoppelbaren, flexibel ausrüstbaren Modulen, für die Bestückung und Montage von elektronischen und mikrosystemtechnischen Bauelementen auf dreidimensional gestalteten Systemträgern.

Unsere hervorragenden Ressourcen bündeln wir in der HSG-IMAT TransferFab, mit der wir einen Beitrag leisten wollen, die Lücke zwischen F&E und

der Industrialisierung durch Erst- und Kleinserienfertigung zu schließen.

Daher kann ich Sie nur einladen, sich von unserem Angebot zu überzeugen und mit uns zu kooperieren.



Ihr Heinz Kück
Institutsleiter des HSG-IMAT und IFZM

Inhaltsverzeichnis

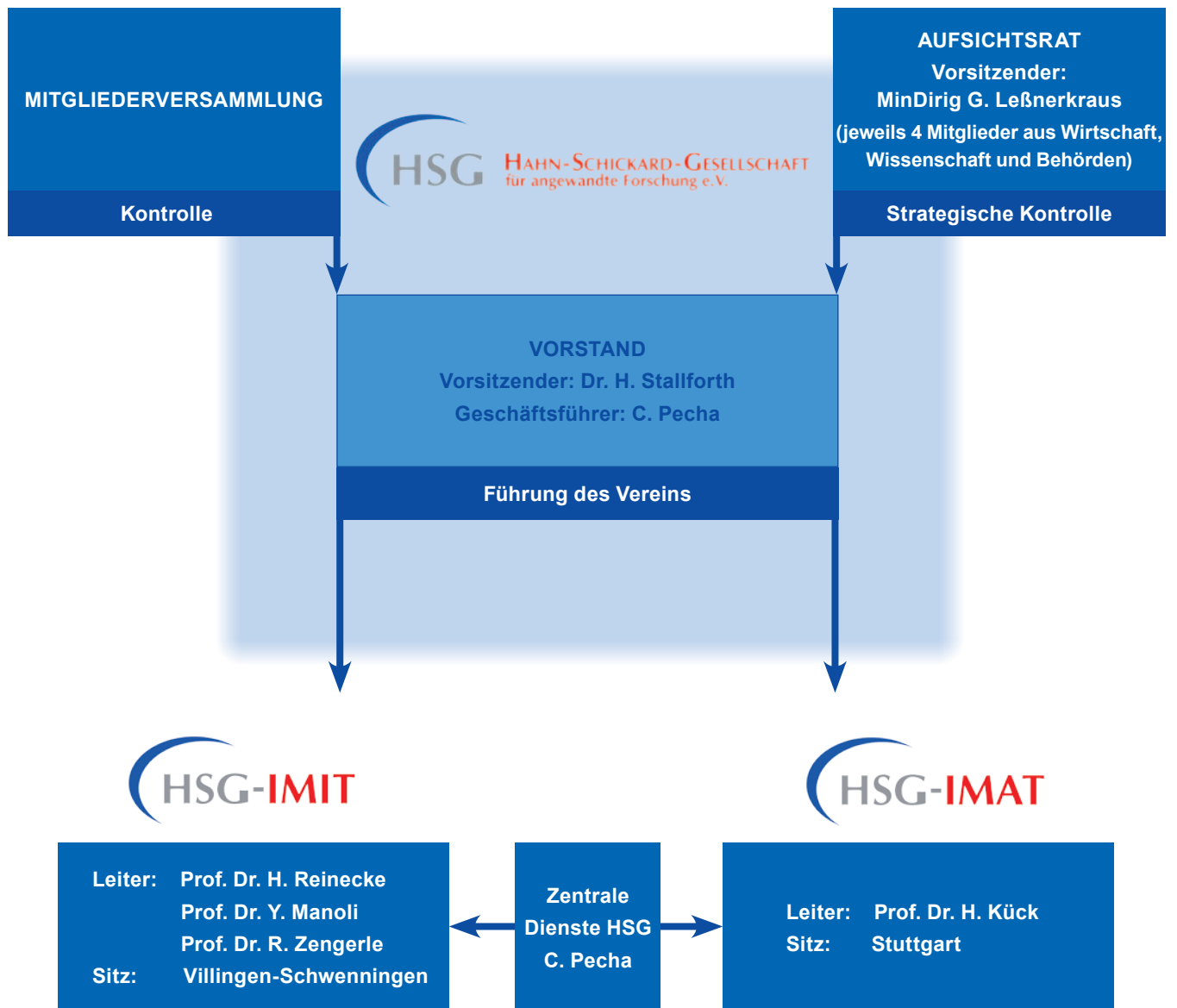
Kontakt	2
Grusswort	3
Inhaltsverzeichnis	4
Die Hahn-Schickard-Gesellschaft	5
Organe und Organisation der HSG	6
Aufsichtsrat und Vorstand	7
Mitglieder	8
Das HSG-IMAT	9
Struktur und Ansprechpartner	10
Das Institut in Zahlen	11
Die Abteilungen des HSG-IMAT	12
Technologie	13
Bauelemente + Systeme	14
Projektberichte	15
Neuer Reinraum im HSG-IMAT	16
Die HSG-IMAT TransferFab – von der Idee zur Industrialisierung	18
Drahtbondbare Oberflächen für LDS-MID	20
Intelligente Energieautarke Kupplungen für fluidische Systeme in Fahrzeugen	22
Bistabiles Schaltventil mit Stoßantrieb – klein, energieeffizient, mediengetrennt	24
Drucken funktionaler Strukturen mittels Inkjet- und Aerosol Jet®-Technologie	26
Publikationen	29
Lehrveranstaltungen, Studienarbeiten, Diplomarbeiten und Promotionen	30
Patente und Gebrauchsmuster	31
Messebeteiligungen, Mitwirkung in Gremien	32
Vorträge und 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 Mikroaufbautechnik (HSG-IMAT) in Stuttgart.

Organe und Organisation der HSG



Stand: 01/2011

Aufsichtsrat und Vorstand

AUFSICHTSRAT

Vorsitzender:

**Ministerialdirigent
Günther Leßnerkraus**
Wirtschaftsministerium
Baden-Württemberg

Dr. Georg Bischopink
Robert Bosch GmbH

Dr. Norbert Fabricius
Karlsruher Institut für Technologie
ab September 2010:
Professor Dr. Volker Saile
Karlsruher Institut für Technologie

Eckehardt Keip
Northrop Grumman 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

Stellv. 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: 01/2011

Mitglieder

AESFULAP AG Tuttlingen • **Christoph Miethke GmbH & Co. KG** Potsdam •
Continental Automotive GmbH Villingen-Schwenningen • **Deutsche Bank AG**
 Stuttgart • **Dr. Tillwich GmbH** Horb • **ECMTEC GmbH** Holzgerlingen • **Elbau**
Elektronik GmbH Berlin • **Festo AG & Co. KG** Esslingen • **FORESTADENT Bernhard**
Förster GmbH Pforzheim • **GAINtech GmbH** Merdingen • **GMS Gesellschaft für**
Mikrotechnik und Sensorik mbH Villingen-Schwenningen • **GRUNER AG** We-
 hingen • **GWC Global Wire Coating GmbH** Villingen-Schwenningen • **Harman/**
Becker Automotive Systems (XSYS Division) GmbH Karlsbad • **HARTING**
AG CH-Biel • **Helmut Fischer GmbH** Institut für Elektronik und Messtechnik
 Sindelfingen-Maichingen • **Hoerbiger-Holding AG** Altenstadt • **HOPF ELEK-**
TRONIK Lüdenscheid • **Hopp Elektronik GmbH & Co. KG**, Freiburg • **Hopt +**
Schuler GmbH & Co. KG Rottweil • **IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg** Villingen-
 Schwenningen • **International Solar Energy Research Center Konstanz e.V.**
 Konstanz • **ISGUS GmbH** Villingen-Schwenningen • **Karl Storz GmbH & Co.** Tutt-
 lingen • **Kendrion Binder Magnete GmbH** Villingen-Schwenningen • **Lotus Sys-**
tems GmbH Gutmadingen • **MADA Marx Datentechnik GmbH** Villingen-Schwen-
 ningen • **Marquardt GmbH** Rietheim-Weilheim • **MEAS Deutschland GmbH**
 Dortmund • **2E mechatronic GmbH & Co. KG** Kirchheim unter Teck • **Metec AG**
 Stuttgart • **Mikrotechnik Freudenreich** Schramberg • **Northrop Grumman 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 Schwarzwald-Baar** Donaueschingen • **Steinbeis-Transferzentrum**
Infotek Villingen-Schwenningen • **Team Nanotec GmbH** Villingen-Schwenningen
 • **THEBEN AG** Haigerloch • **T.O.P. Technologie Organisation Projekte GmbH &**
Co. KG Freiburg • **VISENSO GmbH** Stuttgart

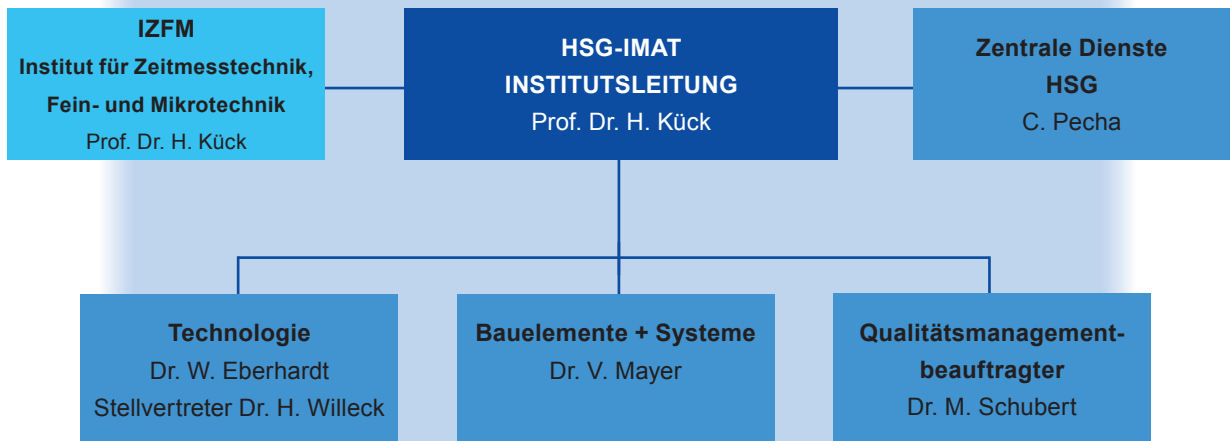
Stand: 01/2011

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 und Ansprechpartner



Institutsleitung

Prof. Dr. H. Kück
Telefon: +49 711 685-83710
E-Mail: kueck@hsg-imat.de

Sekretariat

P. Hoffmann
Telefon: +49 711 685-83711
E-Mail: hoffmann@izfm.uni-stuttgart.de

Lehre / IZFM

Dipl.-Ing. R. Mohr
Telefon: +49 711 685-83713
E-Mail: mohr@izfm.uni-stuttgart.de

Administration HSG-IMAT

C. Bellezer
Telefon: +49 711 685-83712
E-Mail: bellezer@hsg-imat.de

Zentrale Dienste HSG

C. Pecha
Telefon: +49 7721 943-190
E-Mail: clemens.pecha@hsg-imit.de

Abteilung Technologie

Dr. W. Eberhardt
Telefon: +49 711 685-83717
E-Mail: eberhardt@hsg-imat.de
Dr. H. Willeck
Telefon +49 711 685-84780
E-Mail: willeck@hsg-imat.de

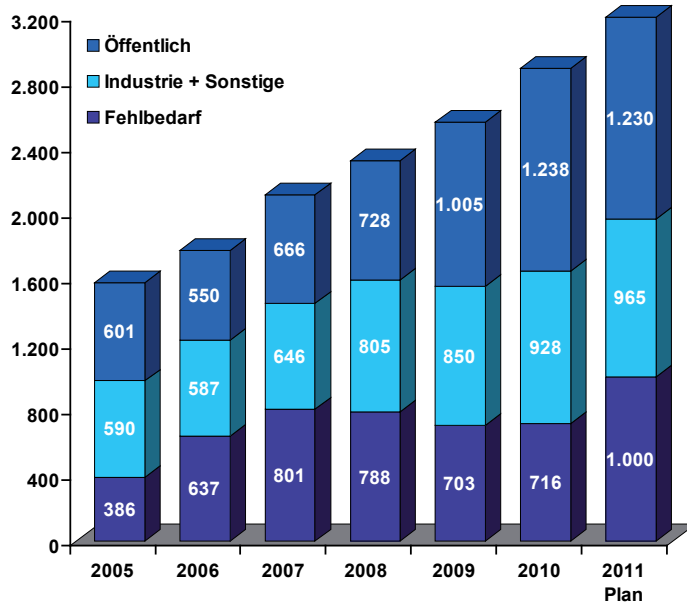
Abteilung Bauelemente + Systeme

Prof. Dr. H. Kück
Telefon: +49 711 685-83710
E-Mail: kueck@hsg-imat.de

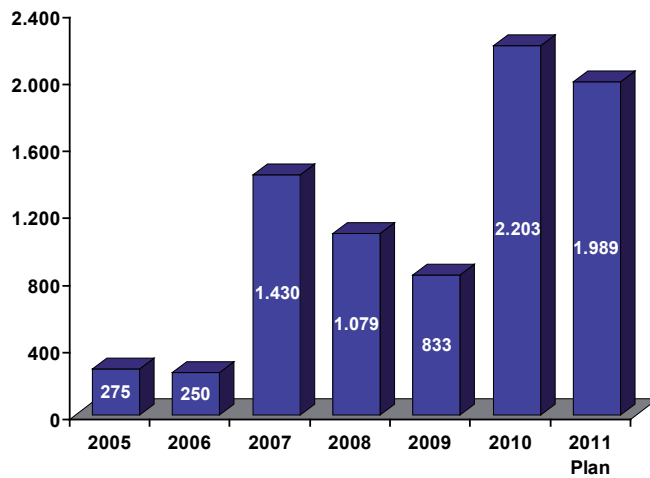
Stand: 01/2011

Das Institut in Zahlen

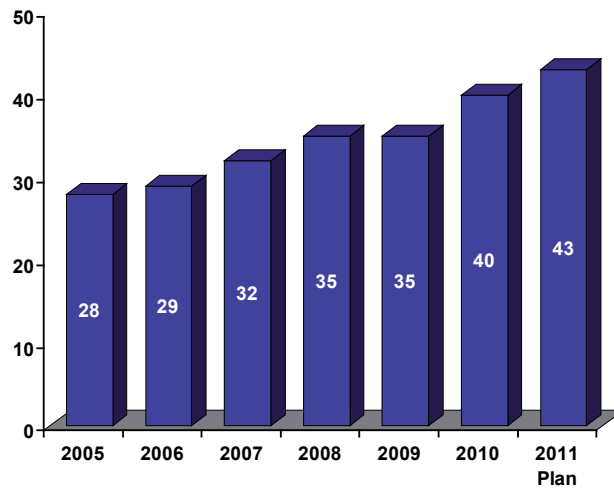
Entwicklung des Haushalts in T Euro



Entwicklung der Investitionen in T Euro



Entwicklung der Personalstärke



Die Abteilungen des HSG-IMAT

- Technologie
- Bauelemente + 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 bestens 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 Laserdirekt-

strukturierung (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 Lötten 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 Heißsprägetechnik ein effizientes Verfahren, da keine chemische Metallbeschichtung benötigt wird. Heißspräge-MID eignen sich besonders für die SMD-Montage. Die Folienverfügbarkeit ist mittlerweile sichergestellt, da hierfür auch geeignete Walzfolien eingesetzt werden können. Neben den spritzgegossenen Bauteilen, untersuchen wir aktuell auch das Heißsprägen auf geeigneten Kunststofffolien für flexible Schaltungsträger.

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

elektronische Bauelemente wie Widerstände und Kondensatoren herstellbar und können auch für sensorische Aufgaben genutzt werden. Weiterhin ist es grundsätzlich möglich die Funktionsstrukturen der Polymerelektronik zu integrieren. So konnten erste Schichten aus Carbon Nano Tubes zum Aufbau eines Transistors gedruckt werden.

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 + Systeme zusammen. So können wir unsere Kunden während des gesamten Entwicklungsprozess von neuen Produkten beraten, und unterstützen. Angefangen bei der Produktidee bis hin zu qualifizierten Prototypen und Kleinserien, wo wir mit unserer HSG-IMAT TransferFab (HSG-ITF) neue Möglichkeiten haben.

Scheuen Sie sich nicht, uns anzusprechen.

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

Bauelemente + Systeme

In der Abteilung Bauelemente + Systeme, liegen die Arbeitsschwerpunkte auf neuartigen Sensor- und Aktorsystemen, der Modellierung und Zuverlässigkeit, sowie hochpräzisen Spritzgießwerkzeugen 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 vom neuesten Stand der Technik zur Verfügung. Für optische Bauelemente bzw. Formeinsätze, wird eine Ultrapräzisionsbearbeitungsmaschine eingesetzt.

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

Neu angeschafft wurde eine Hochpräzisions-Drehmaschine der Fa. Benzinger, um das hohe Präzisionsniveau

des Werkzeugbaus auch in Zukunft halten zu können. Im Bereich Spritzguss wird in Kürze eine elektrische 2K-Spritzgießanlage der Fa. Arburg mit einem völlig neuartigen Mikro-Spritzgussmodul für neue Forschungsaktivitäten zur Verfügung stehen.

Bei den Sensoren wird weiterhin intensiv an kapazitiven Sensoren gearbeitet. Im Fokus stehen extrem hoch auflösende zweiachsige Neigungssensorsysteme mit Auflösungen im Bereich von wenigen 10 µm/m, sowie neuartige Drucksensoren auf Basis von Leiterplattentechnik. Weiterhin wird an einer drahtlos arbeitenden frequenzanalogen Auslesetechnik für kapazitive Sensorsysteme gearbeitet.

Unsere Aktivitäten zu fluidischen Aktuatorssystemen wurden weiter verstärkt und sowohl in industriellen Kooperationen, wie auch in IGF-Vorhaben bereits angegangen. In diesem Themenkreis stehen magnetisch und piezoelektrisch angetriebene Miniaturschaltventile sowie Miniaturpumpen und Dosiersysteme im Mittelpunkt. Unsere neuartigen Lösungen zeichnen sich durch Medientrennung bzw. Kontaminationsfreiheit und geringen Energieverbrauch bei sehr guter Performance aus.

Für die Auslegung unserer zum Teil sehr komplexen Systeme stehen in der Gruppe Modellierung + Zuverlässigkeit vielfältige Simulationswerkzeuge für mechanische, thermische, elektrische

oder magnetische Fragestellungen zur Verfügung. Aufbauend auf der Simulation der Spritzgießbauteile, arbeiten wir an Modellen zur Simulation der Zuverlässigkeit von bestückten MID-Baugruppen, bis hin zu Lebensdauer vorhersagen. Die Simulationen werden durch die Messung von kritischen Materialkenngrößen gestützt, und durch experimentelle Versuche verifiziert.

Automatisierungstechnik, Kfz-Technik, Medizintechnik und Life Sciences sind für uns die wichtigsten Branchen, in welchen 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 + Systeme des HSG-IMAT unterstützt Sie gerne bei allen wichtigen Schritten zur Lösung Ihrer Problemstellung.

Zögern Sie nicht, uns anzusprechen.

Sensor- und Aktorsysteme
 Kontakt: Dipl.-Ing. Karl-Peter Fritz
 Telefon: +49 711 685-84792
 E-Mail: fritz@hsg-imat.de

Konstruktion, Werkzeugbau und Spritzguss
 Kontakt: Dipl.-Ing. Peter Buckmüller
 Telefon: +49 711 685-84265
 E-Mail: buckmueller@hsg-imat.de

Projektberichte

- Neuer Reinraum im HSG-IMAT
- Die HSG-IMAT TransferFab – von der Idee zur Industrialisierung
- Drahtbondbare Oberflächen für LDS-MID
- Intelligente Energieautarke Kupplungen für fluidische Systeme in Fahrzeugen
- Bistabiles Schaltventil mit Stoßantrieb – klein, energieeffizient, mediengetrennt
- Drucken funktionaler Strukturen mittels Inkjet- und Aerosol Jet®-Technologie

Neuer Reinraum im HSG-IMAT

Mit Unterstützung des Bundes und des Landes Baden-Württemberg konnte im Rahmen des Konjunkturpakets 2 im bisher nicht ausgebauten Bereich im Erdgeschoss des Institutsgebäudes ein neuer Reinraum eingerichtet und mit neuen Geräten ausgestattet werden. Dazu waren die Umwidmung eines Laborraumes im Erdgeschoss für die Einrichtung einer Lüftungszentrale und Schleuse, ein Anbindungsgebäude für die technische Versorgung im Untergeschoß, sowie die Einrichtung des eigentlichen Reinraums erforderlich (Abb. 1). Darüber hinaus war die harmonische architektonische Einbindung in das Bestandsgebäude zu beachten.

Für den eigentlichen Reinraum stand nur eine Fläche von ca. 180 m² bei einer Gesamthöhe von nur knapp 4,90 m zur Verfügung. Daher wurde auf eine Raum-in-Raum-Konzeption mit Trennwänden verzichtet, und die Außenhülle der Reinraumhalle luftdicht und reinraumgerecht ausgeführt. Die Geräte sind in fünf Reinraumzinken aufgestellt, die über einen Gang an der Fensterfassade zum Innenhof erschlossen sind (Abb. 2). Zwischen den Zinken erfolgt die medientechnische Versorgung der Geräte. Für die Belüftung des Reinraums wurden Filter-Fan-Units in der begehbaren Reinraumdecke installiert, die ihre Luft aus dem Plenum zwischen

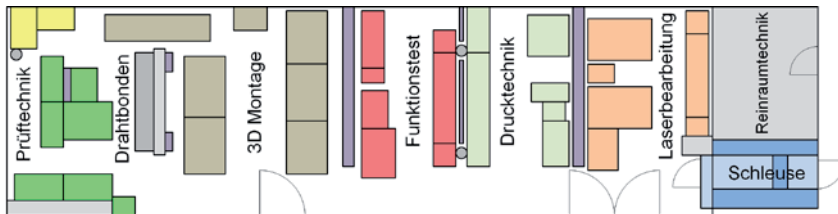


Abb. 1: Grundriss Reinraum



Abb. 3: Lasertechnik

Reinraumdecke und der Decke des ersten Obergeschoß ansaugen. Die Rückführung der Umluft ins Plenum erfolgt entlang der Fensterfassade.

Der Reinraum beherbergt im ersten Zinken zwei Laserbearbeitungsanlagen für die LPKF-LDS®-Technik (Abb. 3), und eine vierköpfige CO₂-Schneestrahlsreinigungsanlage. Im zweiten Zinken befindet sich die Drucktechnik für funktionale Mikrostrukturen, u. a. mit Inkjet, Sieb- und Tampondruck (Abb. 4). Im dritten Zinken sind der Funktionstest für gefertigte Baugruppen, sowie eine Mikrowiderstandsschweißanlage für die



Abb. 2: Außenansicht Reinraum



Abb. 4: Drucktechnik

periphere Kontaktierung von MID. Ein neuartiger Cluster von flexibel und modular konfigurierbaren, sowie verkettbaren Bestückungsanlagen, befindet sich im vierten Zinken (Abb. 5-6). Mit dieser Anlagentechnik wollen wir neue Wege in der Bestückung und Montage von dreidimensionalen Systemträgern mit mikrotechnischen Bauelementen gehen, u. a. von ungehäusten Chips, SMD, Laserdioden und Mikrolinsen. Im fünften Zinken befinden sich schließlich die Drahtbondtechnik und Prüfanlagen.

Der Reinraum wurde Ende 2010 fertig gestellt, in Betrieb genommen, und mit den Maschinen bestückt. Die geplante Reinraumklasse 10.000 wird unter Betriebsbedingungen sicher erreicht. Mit der Nutzung bzw. dem Betrieb konnte pünktlich zum Jahresanfang 2011 begonnen werden. Den Zuwendungsgebern, Planern, ausführenden Firmen und allen beteiligten Mitarbeitern im HSG-IMAT sei an dieser Stelle ganz herzlich gedankt.



Abb. 5: Bestückungstechnik



Abb. 6: Bestückungstechnik

Kontakt: Prof. Dr. H. Kück
Telefon: +49 711 685-83710
E-Mail: kueck@hsg-imat.de

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

Die HSG-IMAT TransferFab – von der Idee zur Industrialisierung

Schon von Beginn der Ausrichtung des Instituts auf die Aufbau- und Verbindungstechnik unter Nutzung von Spritzgieß- bzw. Kunststoffbauteilen im Jahre 1998 an, steht die Unterstützung unserer Partnerfirmen bei der Industrialisierung von gemeinsamen Entwicklungen mit dem HSG-IMAT, oder von firmeneigenen Entwicklungen im Fokus unseres Interesses. Das zeigen erfolgreich umgesetzte Entwicklungen, wie beispielsweise die Sitzverstell-schalterbaugruppe in Heißpräge-MID Technik, die Module für internetfähige Blinden-Displays, oder die kapazitiven Neigungswinkelsensoren (Abb. 1). Daher haben wir von Anfang an darauf geachtet, dass wir im HSG-IMAT alle Einrichtungen, und das notwendigen Know-how der Prozesse für den kom-

pletten Produktentwicklungsprozess der neuartigen kunststoffbasierten Aufbau- und Verbindungstechnik zur Verfügung haben.

Mit steigender Marktakzeptanz von MID basierten mikrotechnischen oder mechatronischen Baugruppen und Systemen, konnten wir in den letzten Jahren deutlich erkennen, dass unsere Partnerfirmen in zunehmendem Maße bei der Entwicklung neuer Produkte auf die externe Herstellung von Prototypen, sowie Klein- und Erstserien in geeigneter Qualität angewiesen sind. Das betrifft sowohl Großunternehmen wie auch KMU. Große Unternehmen benötigen in der Entscheidungsphase über ein neues Produkt oft Prototypen in Serienqualität, z. B. für erste

Untersuchungen zur Zuverlässigkeit. Häufig können diese Prototypen im eigenen Hause nicht hergestellt werden, weil noch kein geeignetes Equipment verfügbar ist oder weil die verfügbare Linie ausgelastet ist. Bei kleinen Unternehmen besteht die Problematik häufig darin, dass sie nur so geringe Stückzahlen benötigen, dass einerseits eine Investition in eigenes Equipment nie zu rechtfertigen ist, und dass die Stückzahlen andererseits für kommerzielle Dienstleister wirtschaftlich nicht interessant sind. Selbst wenn der Markt für große Stückzahlen vorhanden ist, und die Möglichkeiten eine eigene Fertigung im Unternehmen aufzubauen grundsätzlich gegeben sind, dann kann die noch nicht bekannte Marktakzeptanz für kleinere Unternehmen ein un-

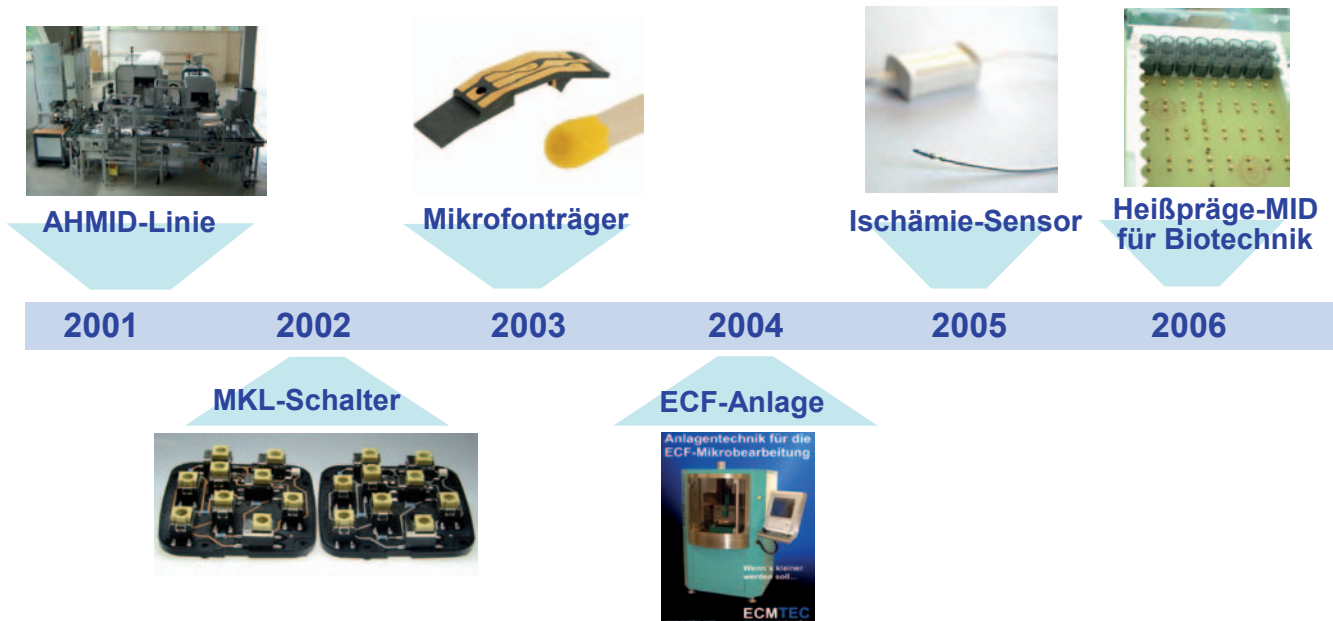


Abb. 1: Erfolgreiche Entwicklungen im HSG-IMAT

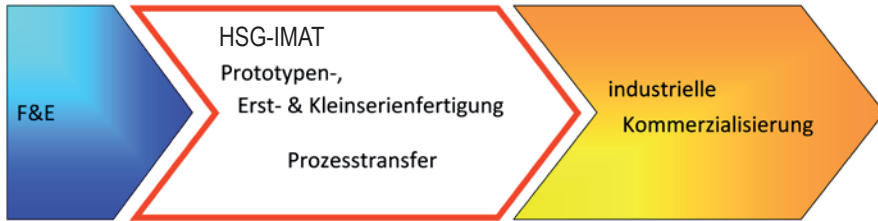


Abb. 2: Positionierung der HSG-IMAT TransferFab

überwindbar großes Risiko darstellen und die Industrialisierung verhindern. So entsteht besonders bei KMU häufig eine unüberwindbar scheinende Lücke im Transfer erster Forschungsmuster von neuartigen Produkten in die Serie.

In unserer TransferFab bündeln wir im HSG-IMAT unsere Fertigungskompetenz und unsere langjährigen einschlägigen Erfahrungen entlang der gesamten Prozesskette, um die bis-

herige Lücke zu schließen (Abb. 2).

Alle Entwicklungs- und Produktionsschritte von der Idee bis zur Endprüfung arbeiten bei uns Hand in Hand unter einem Dach. So werden die gefürchteten Schnittstellenprobleme vermieden. Um mit unserer TransferFab das notwendige Qualitätsniveau bei der Fertigung von Prototypen sowie Klein- und Erstserien sicher zu stellen, haben wir die entscheidenden Maßnah-

men ergriffen: So haben wir mit Mitteln des Bundes und des Landes Baden-Württemberg unseren neuen Reinraum eingerichtet und bearbeiten dort ab Januar 2011 die entsprechenden Prozesse. Weiterhin konnten wir so unsere Ausstattung durchgängig auf den neuesten Stand der Technik bringen, gezielt ergänzen und die notwendigen Kapazitäten schaffen. Wir führen ein Qualitätsmanagementsystem ein, und streben die Zertifizierung in 2011 an. Um die Fertigung besonders komplexer Mikrosysteme zu unterstützen, sind wir in der Produktionsplattform PRONTO im Spitzencluster MicroTec Südwest ein wichtiger Knoten. Gemeinsam mit IMS CHIPS, HSG-IMIT und einer Reihe von Partnerfirmen vernetzen wir das Technologieportfolio der Partner um die verteilten Ressourcen optimal zu nutzen. Darüber hinaus bauen wir das Know-how in der kunststoffbasierten AVT durch gezielte Fördervorhaben, insbesondere im Rahmen der industriellen Gemeinschaftsforschung, bedarfsgerecht und kontinuierlich aus, und stellen es insbesondere den KMU zur Verfügung.



Interaktives Braille Display

2007

2008

2009

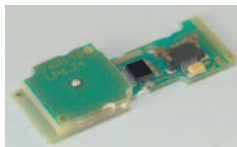
e:Cu-Check



PipeJet Tips



Neigungswinkelsensor



Kontakt: Prof. Dr. H. Kück
 Telefon: +49 711 685-83710
 E-Mail: kueck@hsg-imat.de

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

Drahtbondbare Oberflächen für LDS-MID

EINLEITUNG

Aufgrund fortschreitender Miniaturisierung im Bereich der Laserstrukturierung und der damit einhergehenden Verringerung der erzielbaren Leiterbahnpitches, wurden die Grundlagen zur Nacktchipmontage auf LPKF-LDS®-Substraten geschaffen. Dabei stellt das Drahtbonds eines der wichtigsten Verfahren dar. Der Vergleich zwischen einem Bonddrahtdurchmesser von 33 µm und einer Oberflächenrauheit von 40 – 80 µm bei LDS-Leiterbahnen lässt aber ahnen, dass Drahtbonds nicht ohne Weiteres möglich ist. Daher wurden im Rahmen eines IGF-Projekts Untersuchungen zur Reduzierung der Rauheit von LDS-MID durchgeführt.

EINFLUSS DER LASER-STRUKTURIERUNG

Untersuchungen zum Einfluss der Laserstrukturierung auf die gemittelte Rautiefe R_z wurden mit MID-Substraten aus LCP Vectra E840i LDS durchgeführt. Die Substrate wurden mit einer polierten Spritzgussform hergestellt, womit eine gemittelte Rautiefe R_z von 2 – 3 µm auf der Oberfläche des nicht strukturierten Kunststoffes erzielt wurde. Die anschließende Laseraktivierung führt zu einer Aufrauung der Oberfläche. Um diese so gering wie möglich zu halten, wurden die Laserstrukturierungsparameter optimiert. Abb. 1 zeigt den Einfluss der Laserbearbeitung an Oberflächen vor, und nach der chemischen Metallbeschichtung. Exemplarisch

ist ein Laserparametersatz mit einer hohen gemittelten Rautiefe R_z von etwa 70 µm gezeigt, die nicht für das Drahtbonds geeignet ist (Bilder links). Beim optimierten Laserparametersatz (Bilder rechts) wird eine signifikante Verringerung der Rauheit auf $R_z = 18 µm$ erzielt. Der Vergleich zeigt einen deutlichen Unterschied der Oberflächentopologie.

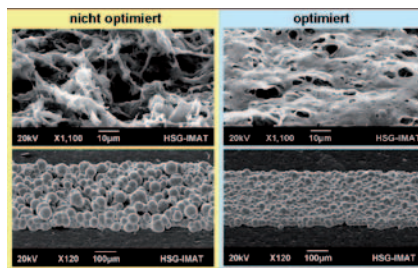


Abb. 1: Einfluss der Laserparameter auf die Leiterbahnrauheit; nach Laserstrukturierung (oben); nach außenstromloser Metallisierung (unten).

Die Laserstrukturierung zeigt im linken Bild eine faserartige Struktur, im rechten hingegen eine blasenförmige Struktur. Nach der Metallisierung führt die faserartige Struktur zu einer rauen, knollenartigen Oberfläche, während die blasenförmige Struktur zu einer glatteren, feineren Oberfläche führt.

Zur weiteren Reduzierung der Oberflächenrauheit, wurden zwei Ansätze verfolgt: Planarisierung mittels Stempeln und mit CO₂-Schneestrahl. Beide Bearbeitungsschritte wurden jeweils nach der Laserstrukturierung, und vor der Metallisierung durchgeführt.

Dabei wurden Substrate aus LCP Vectra E840i LDS, PA6/6T Ultramid T4381 LDS und PET+PBT Pocan DPT 7140 untersucht.

PLANARISIERUNG MITTELS STEMPELN

Beim Planarisieren von LCP Substraten mittels Stempeln zeigte sich schnell, dass vor allem auf Grundlage von höherem Laserenergieeintrag (Bild links oben in Abb. 1) die besten Ergebnisse bezüglich Rauheit und Haftung zu erzielen waren. Deshalb wurden die Prozessparameter beim Stempeln auf diesen Laserparametersatz optimiert. Dazu wurde bei einem metallischen Stempel mit entsprechendem Leiterbahnbild die Stempelkraft im Bereich von 30 – 140 N/mm² und die Stempeltemperatur von 20°C – 160°C variiert.

PLANARISIERUNG MITTELS CO₂-SCHNEESTRAHL

Bei diesem Verfahren werden CO₂ Schneekristalle als Strahlmedium verwendet. Durch seine mechanischen, thermischen und chemischen Eigenschaften ist der CO₂-Schneestrahl in der Lage Laserdebris und andere Verunreinigungen zu entfernen. Der CO₂-Schneestrahl planarisiert zudem die laserstrukturierten Oberflächen. Für die Untersuchungen wurde ein *Jet Worker P16* der *acp GmbH* verwendet. Abb. 2 zeigt den Versuchsaufbau.

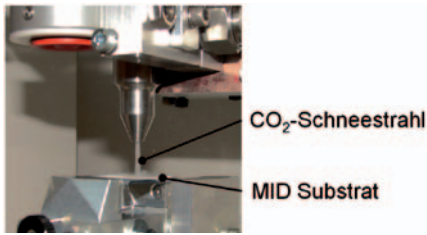


Abb. 2: CO₂-Schneestrahlprozess.

Zur Optimierung der Planarisierungswirkung des CO₂-Schneestrahls wurden der Abstand, die Vorschubgeschwindigkeit, sowie der Rasterabstand variiert. Bei den LCP Substraten mit Standardparametersatz, konnte eine Verringerung der gemittelten Rautiefe R_z von 70 µm auf ca. 16 µm, und beim optimierten Laserparametersatz von 18 µm auf ca. 8 µm erzielt werden.

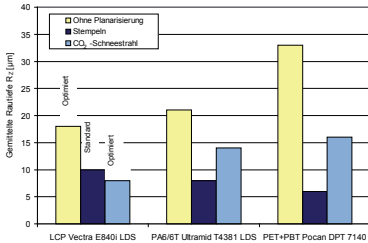


Abb. 3: Ergebnisse der Planarisierung.

Abb. 3 zeigt eine Übersicht der Ergebnisse mit und ohne Planarisierung.

AL-WEDGE-WEDGE DRAHTBONDEN

Auf den planarisierten und metallisierten Substraten wurden Untersuchungen zur Bondbarkeit mit einem 33 µm AISi1 Bonddraht durchgeführt. Dazu wurde ein Dünndraht-Wedge-Bonder *Bondjet*

820 der Hesse&Knipps GmbH verwendet. Die Drahtbondverbindungen wurden entsprechend *DVS Merkblatt 2811* charakterisiert. Abb. 4 zeigt beispielhaft Drahtbondverbindungen auf einem mittels CO₂-Schneestrahl planarisierten Substrat aus LCP Vectra E840i LDS.

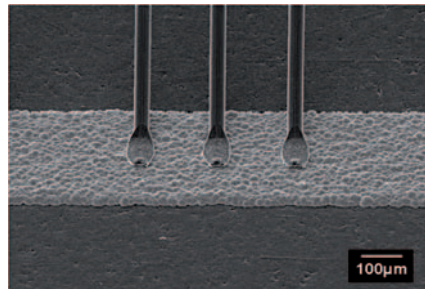


Abb. 4: Drahtbondverbindungen auf einem planarisierten Substrat.

Die Drahtbondparameter wurden hinsichtlich maximaler Pullkraft, sowie minimaler Anzahl Lift-Offs optimiert. Mit den ausgewählten Bondparametern wurden 3600 Drahtbondverbindungen je Substratmaterial, und Planarisierungsart gesetzt. Davon wurden je 600 Drahtbondverbindungen mittels Pull Test charakterisiert. Tab. 1 zeigt einen Überblick der Varianten, welche die Spezifikationen erfüllen. Es zeigte sich, dass planarisierte Substrate mit einer gemittelten Rautiefe von größer als 12 µm eine hohe Tendenz zu Lift-offs und Non-Sticks aufweisen, und daher nicht geeignet sind.

Material	Planarisierung	R _z [µm]	Reißkraft [cN]	Reißblast [%]	Stdabw [%]	LO [%]	Non-Sticks
DVS Merkblatt 2811	-	-	-	> 50	< 15	0	0
LCP Standard Strukturierung	Stempeln	8 - 10	130	59	6,2	0	0
LCP Optimierte Strukturierung	CO ₂	7 - 10	125	57	5,9	0	0
PA6/6T	Stempeln	7 - 8	139	63	5,6	0	0
PET+PBT	Stempeln	5 - 6	133	61	5,5	0	0

Tab. 1: Übersicht der Drahtbondergebnisse auf planarisierten LDS-MID Substraten

FAZIT

Mit zusätzlichen Planarisierungsschritten konnten erfolgreich Drahtbondverbindungen auf Substraten in LPKF-LDS®-Technik hergestellt werden. Für LCP bietet sich die Planarisierung sowohl mittels CO₂-Schneestrahl, als auch mittels Stempeln an, während für PA6/6T und PET+PBT eine ausreichend geringe Oberflächenrauheit mittels Stempeln erzielt werden kann.

Das IGF-Vorhaben 15664 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: Dipl.-Ing. Ulrich Keßler
 Telefon: +49 711 685-83722
 E-Mail: kessler@hsg-imat.de

Intelligente Energieautarke Kupplungen für fluidische Systeme in Fahrzeugen



EINFÜHRUNG

Schnellkupplungen für fluidische Systeme sind im Bereich der modernen Automobilmontage für effiziente und sichere Verbindungstechnik unverzichtbar geworden. Sie erfüllen ihre Aufgabe dort, wo es um eine sichere und wirtschaftliche Verbindung von Leitungen und Schläuchen in Kraftstoffsystemen sowie Brems- und Kühlleitungen für Motor- und Klimaanlage geht.

Der Betrieb moderner Fahrzeuge erfordert eine ständige Überwachung der Fluid-Kenngrößen, insbesondere Temperatur und Druck. Andererseits nimmt der Verkabelungsaufwand, der immer noch mit sehr hohem Personaleinsatz verbunden ist, im Kfz ständig zu. Mit typisch ca. 20 km bzw. ca. 30 kg Kabeln in einem modernen Mittelklasse-PKW entwickelt sich die Verkabelung zu einem Innovationshemmnis. Ein Ausweg besteht deshalb darin, die entsprechenden Sensoren künftig als energieautarkes Mikrosystem in die Kupplung, die in jedem Fall benötigt wird, zu integrieren, um Kosten, Platz, Gewicht und insbesondere auch die Verkabelung einzusparen.

Aufgrund der ständig steigenden Qualitätsanforderungen an die Zuverlässigkeit fluidischer Schnellkupplungen, wird darüber hinaus die Überprüfung und qualitätsgerechte Dokumentation des Montagevorgangs notwendig. Die bisherigen Methoden zur Überwachung

der Montage sind wegen der zum Teil schlechten Zugänglichkeit im Kfz und im Hinblick auf die Dokumentation völlig unbefriedigend.

INTELLIGENTES SENSORSYSTEM

Im Rahmen des BMBF Verbundprojektes IEKU (V3EAS010) zum Innovationssschwerpunkt "Energieautarke Mikrosysteme" im Rahmenprogramm Mikrosysteme (2004-2009), wurde deshalb ein neuartiges energieautarkes Sensorsystem untersucht, das die Hürden der kabelgebundenen fluidischen Sensoren überwinden kann.

Unter der Koordination von A. Raymond GmbH & Co. KG entwickelte das HSG-IMIT dafür einen Energiewandler, der aus den Motorvibrationen des Fahrzeugs elektrische Energie erzeugt. Die Firma TDK-EPC Aktiv Sensor entwickelte einen neuen, energieeffizienteren Drucksensor mit großem Brückenwiderstand. Für die Signalverarbeitung der Drucksensordaten und die Datenübertragung vom Sensorsystem an eine Basisstation, war die Firma GEMAC mbH zuständig. Das HSG-IMAT bearbeitete die Aufbau- und Verbindungstechnik, sowie einen auf fluidische Schnellkupplungen adaptierbaren Montagesensor gemeinsam mit A. Raymond GmbH & Co. KG, die für die Integration des Gesamtsystems verantwortlich waren.

AUFBAU- UND VERBINDUNGSTECHNIK

Für die Integration der auf Leiterplatten aufgebauten Baugruppen Drucksensor, Mikrocontroller, Funkmodul und Energiewandler zu einem Sensorsystem, wurde am HSG-IMAT zusammen mit A. Raymond ein Package-Demonstrator entwickelt. Neben der mechanischen Aufnahme der elektronischen Baugruppen, waren auch die elektrischen Verbindungen zwischen den Leiterplatten herzustellen. Dafür wurde ein geeignetes MID basiertes Kunststoffgehäuse entworfen und in LPKF-LDS®-Technologie hergestellt, Abb. 1 zeigt das MID-Gehäuse. Die Verbindung zwischen MID und Leiterplatte erfolgte mittels Leitkleben.

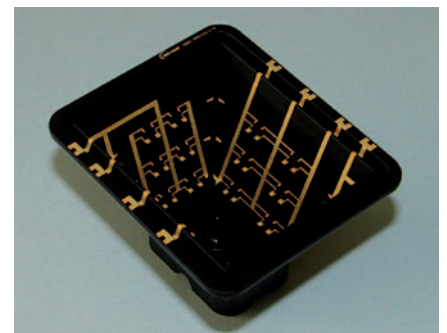


Abb. 1: MID-Gehäuse für den IEKU-Demonstrator

stoffgehäuse entworfen und in LPKF-LDS®-Technologie hergestellt, Abb. 1 zeigt das MID-Gehäuse. Die Verbindung zwischen MID und Leiterplatte erfolgte mittels Leitkleben.

Aufgrund des Einsatzes des Sensorsystems im Motorraum des Kfz, und des damit verbundenen Betriebstemperaturbereichs von -40°C bis $+150^{\circ}\text{C}$, bestanden besonders hohe Ansprüche an die Zuverlässigkeit der elektrischen

Verbindungen. In umfangreichen Testreihen wurde daher der Leitklebprozess soweit optimiert, dass das Package den geforderten Ansprüchen an die Zuverlässigkeit gerecht wird.

SYSTEM-DEMONSTRATOREN

Für das Projekt wurden anschließend Demonstratoren des kompletten Sensorsystems aufgebaut. Abb. 2 zeigt einen aufgebauten System-Demonstrator. Abb. 3 zeigt eine CT-Aufnahme.



Abb. 2: Komplett aufgebauter IEKU-Demonstrator

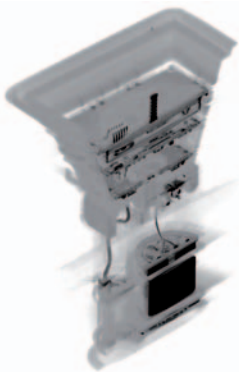


Abb. 3: CT-Aufnahme des IEKU-Demonstrators

Die Funktion des Demonstrators wurde anhand aufgezeichneter Fahrprofile durch Anregung mit einem Shaker erfolgreich nachgewiesen. So ist es beispielsweise möglich, das System für die Überwachung des Drucks in einer Kraftstoffleitung einzusetzen. Die weitere Systemminiaturisierung wird durch A. Raymond fortgeführt.

MONTAGESENSOR

Parallel dazu wurde im Vorhaben am HSG-IMAT, für die qualitätsgerechte Dokumentation des Montagevorgangs von fluidischen Schnellkupplungen, ein Montagesensor entwickelt. Abb. 4 zeigt das Sensorelement.

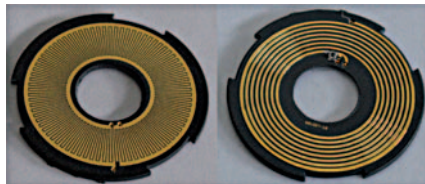


Abb. 4: Vorder- und Rückseite des Montagesensors

Der Sensor kann auf bestehende Kupplungsreihen der Firma A. Raymond adaptiert werden, und basiert auf dem Prinzip eines veränderlichen LC-Schwingkreises. Abb. 5 zeigt eine Kupplung mit Montagesensor. Auf der Vorderseite des Sensorplättchens befindet sich ein Oberflächenkondensator und auf der Rückseite eine planare Spule. Durch Annäherung des dielektrischen Einsteckteils der Kupplung an die Oberfläche des Kondensators, ändert sich dessen Kapazität, und somit die Resonanzfrequenz des Sensors. Damit werden charakteristische Resonanzfrequenzen für die Zustände Kupplung offen bzw. geschlossen generiert.

Der Montagezustand kann nunmehr drahtlos mit einem Auslesesystem, wie es beispielsweise für die Diebstahlsicherung in Kaufhäusern verwendet wird, ausgelesen und dokumentiert werden.



Abb. 5: Fluidische Schnellkupplung mit Montagesensor in MID-Technik

Kontakt: Dipl.-Ing. André Bülau
 Telefon: +49 711 685-83708
 E-Mail: buelau@hsg-imat.de

Bistabiles Schaltventil mit Stoßantrieb – klein, energieeffizient, mediengetrennt

Schaltventile werden eingesetzt, um den Durchfluss einer Flüssigkeit oder eines Gasstroms in einer Leitung zu steuern. Die möglichen Anwendungen sind dabei so vielfältig wie die Auswahl an Flüssigkeiten und Gasen in technischen Anlagen und Geräten. Beispielfähig seien hier die chemische Prozesstechnik, pneumatische Steuerungen in Montageautomaten oder Haushaltsgeräte („Weiße Ware“) genannt.

Im Gegensatz zu Proportionalventilen, mit denen die stufenlose Einstellung einer gewünschten Flussrate möglich ist, haben Schaltventile meist nur die beiden Stellungen „auf“ und „zu“. Innerhalb der Schaltventile lässt sich zwischen monostabilen und bistabilen Ventilen unterscheiden. Monostabile Ventile haben eine bevorzugte Schaltstellung, in der das Ventil verharrt, wenn keine externe Energiezufuhr erfolgt. Die andere Schaltstellung wird daher nur so lange gehalten, wie der Schaltmechanismus mit Energie versorgt wird. Bistabile Ventile können beide Schaltstellungen beibehalten, und verbrauchen Energie nur für den Umschaltvorgang.

In vielen Anwendungsfällen, zum Beispiel in der Medizintechnik, ist außerdem Medientrennung gefordert. Das bedeutet, dass das geschaltete Fluid im Ventil nicht mit der Umschalteneinheit in Berührung kommt, und auch nicht von der Umgebung kontaminiert werden kann.

FUNKTIONSPRINZIP

Ein Arbeitsgebiet der Abteilung Bauelemente + Systeme des HSG-IMAT sind Schaltventile mit einem neuartigen Funktionsprinzip, das anhand von Abb. 1 und 2 erläutert wird.

Als Grundidee dient der sog. 5-Kugel-Versuch aus der Physik. Bei diesem sind fünf identische Kugeln in einer Reihe aufgehängt, so dass sie sich gerade berühren. Wird nun die erste Kugel ausgelenkt und prallt auf die Reihe der vier in Ruhe befindlichen Kugeln, so wird die Bewegungsenergie der ersten Kugel wegen der Impulserhaltung auf die letzte Kugel übertragen. Diese letzte Kugel bewegt sich mit der gleichen Geschwindigkeit, welche die erste Kugel direkt vor dem Aufprall hatte. Die drei mittleren Kugeln bleiben dabei in Ruhe.

Übertragen auf den Aufbau des Schaltventils, stellen die drei in Ruhe befind-

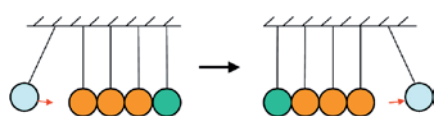


Abb. 1: 5-Kugel-Versuch

lichen Kugeln die Wand des Ventilgehäuses dar. Die erste Kugel ist eine Antriebseinheit, welche einen Stoß auf das Ventilgehäuse ausführt. Die letzte Kugel ist das Schaltelement, das aufgrund des Stoßes, auf die Ventilaußenwand den Platz wechselt und so den Ventilweg frei gibt, oder versperrt. Eine

Feder sorgt für eine bistabile Verrastung des Schaltelements im Ventilgehäuse.

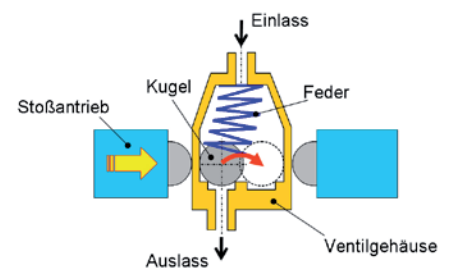


Abb 2: Schematischer Ventilbau

Der Ventilbau zeichnet sich durch eine hohe Modularität aus, da die Antriebseinheiten außerhalb des Ventilgehäuses platziert sind, und auf die unterschiedlichste Art ausgeführt sein können. Es sind piezoelektrische, elektromagnetische, pneumatische und mechanisch betätigte Antriebseinheiten denkbar. Das Ventilgehäuse selbst wird zwischen den Antriebseinheiten platziert, und kann aufgrund der leichten Austauschbarkeit ggf. sogar als Einwegelement ausgeführt sein.

Ein weiterer Vorteil des Ventils ist die Bistabilität, und der damit einhergehende geringe Energieverbrauch für Anwendungen, bei denen beide Schaltzustände des Ventils jeweils über einen längeren Zeitraum gehalten werden müssen.

FUNKTIONSNACHWEIS

Zunächst wurde am HSG-IMAT ein Demonstrator für den Stoßantrieb aufgebaut, mit dem die grundsätzliche

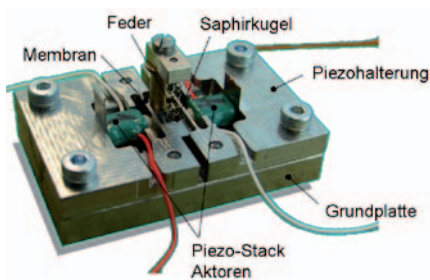


Abb. 3: Antriebsdemonstrator

Schaltfunktion, ausgelöst durch zwei Piezo-Stacks, gezeigt werden konnte. Der Aufbau ist in Abb. 3 abgebildet.

Im weiteren Verlauf wurden verschiedene Ventildemonstratoren aufgebaut, mit denen die Eigenschaften des Systems gezeigt werden konnten. Neben dem Nachweis der Ventilfunktion in allen Raumlagen, wurde insbesondere ein Dauertest mit ca. 2 Millionen Schaltzyklen durchgeführt. Während des Tests wurde nicht nur die Zuverlässigkeit der Ventilfunktion gezeigt, es wurden darüber hinaus auch keine

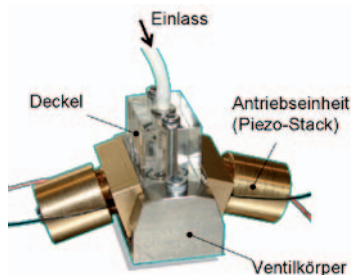


Abb. 4: Ventildemonstrator

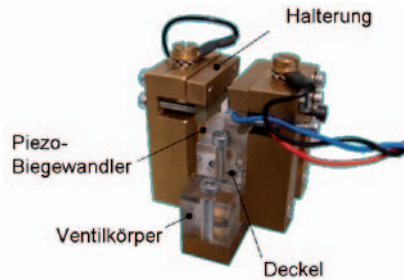


Abb. 4: Ventildemonstrator

Verschleißerscheinungen im Bereich der Impulsübertragsstelle, wie beispielsweise Materialrisse, beobachtet. Abb. 4 zeigt zwei verschiedene Ventildemonstratoren.

Während der erste Aufbau auf die bereits erwähnten Piezo-Stack-Aktoren zur Stoßerzeugung zurückgreift, wurde der zweite Aufbau mit Piezo-Biege-wandlern realisiert. Diese Antriebe haben Vorteile in Bezug auf die Montage der Ventile, und für die Miniaturisierung der zum Ventil gehörenden elektrischen Ansteuerung.

VORBEREITUNG DER INDUSTRIELLEN ANWENDUNG

Um die Ventiltechnologie des HSG-IMAT hinsichtlich industrieller Anwendung weiter zu entwickeln, wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Technische und Numerische Mechanik der Universität Stuttgart das IGF-Projekt „Miniaturisiertes Schaltventil mit Medientrennung“ gestartet. Im Rahmen dieses Projekts wird der Impulsübertrag durch die Gehäusewand mit Hilfe von

Simulationsmodellen berechnet, und an neuen Ventilaufbauten verifiziert. Daraus werden dann Konstruktionsleitlinien abgeleitet, die eine schnelle Auslegung für eine kundenspezifische Anwendung ermöglichen sollen.

Zusammen mit den Partnern Aesculap AG, C. Miethke GmbH & Co. KG und MicroMountains Applications AG, wurde parallel dazu der Einsatz der Ventilttechnologie des HSG-IMAT in einem Shuntventil-Implantat zur Behandlung von Wasserkopfpatienten untersucht, und die grundsätzliche Eignung für diesen Anwendungsfall gezeigt.

Weitere in Frage kommende Anwendungsbereiche sind beispielsweise WC-Spülungen und Vakuumgreifer, die von der Bistabilität, und dem damit verbundenen niedrigen Energieverbrauch des Ventils profitieren. Außerdem sollen Aufbauten realisiert werden, bei denen Antrieb und Ventilkammer separiert sind, und die Ventilkammer als Einweg-element ausgeführt ist.

Kontakt: Dipl.-Ing. Karl-Peter Fritz
Telefon: +49 711 685-84792
E-Mail: fritz@hsg-imat.de

Drucken funktionaler Strukturen mittels Inkjet- und Aerosol Jet®-Technologie

Die Miniaturisierung technischer Systeme ist einer der Schlüsseltrends der modernen Industrie. Die immer kleiner werdenden Strukturgrößen ermöglichen die Integration von zusätzlicher Funktionalität bei reduzierten Kosten. Diesen Bestrebungen sind derzeit jedoch Grenzen durch die verfügbaren Fertigungstechnologien gesetzt. So lassen sich sehr feine Strukturbreiten zwar mittels der LPKF-LDS®-Technologie auf thermoplastischen Bauteilen erzeugen, das Verfahren ist jedoch auf metallische Leiterbahnstrukturen und wenige Thermoplaste begrenzt. In Ergänzung dazu bieten Drucktechniken vielfältige Möglichkeiten zum Aufbau von verschiedenen Strukturen aus leitenden, halbleitenden und isolierenden Funktionsmaterialien auf unterschiedlichsten Substraten. Zwei sehr flexible Druckverfahren, die derzeit am HSG-IMAT intensiv verfolgt werden, sind die Inkjet- und Aerosol Jet®-Technologie.

EINGESETZTE DRUCKTECHNIKEN

Die Aerosol Jet®- und Inkjet-Verfahren arbeiten masken- und berührungslos, und erlauben die Verarbeitung von verschiedensten Funktionsmaterialien in Form von nanoskaligen Suspensionen oder Lösungen. Beim Aerosol Jet®-Verfahren wird die Formulierung zunächst in ein Aerosol überführt, und anschließend zusammen mit einem inerten Prozessgas in den Druckkopf geleitet. Der Aerosolstrahl wird hier durch einen zweiten Gasstrom fokussiert, und

auf dem zu bedruckenden Substrat abgedruckt. Die gedruckte Schicht wird im Anschluss thermisch oder mit einem integrierten Lasermodul ausgehärtet. Abhängig von der verwendeten Formulierung des Funktionsmaterials, von Substrat und Druckparametern, lassen sich mit dem Aerosol Jet®-Verfahren Strukturgrößen bis zu 20 µm realisieren.

Im Gegensatz zur Aerosol Jet®-Anlage des HSG-IMAT, welches mit einer Düse arbeitet, wird das Inkjet-Verfahren mit einer Vielzahl an Druckdüsen betrieben. Dies ermöglicht die einfache und schnelle Herstellung von großflächigen gedruckten Layouts. Der am HSG-IMAT vorhandene fertigungstaugliche Drucker arbeitet dabei nach dem Drop-on-Demand Verfahren mit piezoelektrischem Druckkopf. Dabei werden Tintentropfen durch die Deformation eines Piezoaktuators aus der Druckdüse gepresst, und auf dem Substrat abgedruckt. Analog zur Herstellung von gedruckten Schichten mit dem Aerosol Jet®-Verfahren, werden die gedruckten Schichten im Anschluss an den Druckprozess thermisch nachbehandelt.

BAUELEMENTE MIT AEROSOL JET®

Erste Untersuchungen zur Herstellung von gedruckten passiven und aktiven Bauelementen, wie beispielsweise Kondensatoren, Spulen und Transistoren werden aktuell im Rahmen des BMBF-Verbundvorhabens ORFUS (Orga-

nische Multifunktions-Sensorsysteme) durchgeführt.

Für den Aufbau von Kondensatoren mittels Aerosol Jet®-Technologie, wurden beide Elektroden aus einer kommerziell erhältlichen nanopartikulären Silber-Tinte auf ein Glassubstrat gedruckt, und anschließend thermisch gesintert. Als Dielektrikum wurde eine dünne Schicht aus Polyimid abgeschieden. Abb. 1 zeigt einen gedruckten Kondensator mit einer Fläche von etwa 1 mm² und einer Kapazität von 14,4 pF. Die Dicke der Polyimidschicht wurde mittels einer optischen Schichtdickenmessung zu 2 µm bestimmt. Anhand der bestimmten Kapazität und Schichtdicke, ergibt sich für die Polyimidschicht eine relative Dielektrizitätskonstante von 3,3, was in guter Übereinstimmung zu Werten in der Literatur ist.

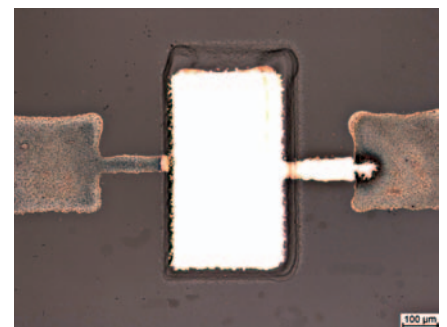


Abb. 1: Mittels Aerosol Jet® gedruckter Kondensator mit Polyimid als Dielektrikum

Der Aufbau von ersten Dünnschichttransistoren erfolgte durch Drucken von Single-Walled Carbon Nanotubes (SWCNT) auf vorstrukturierten Glas-

substraten mit Gate, Drain, Source und Gate-Dielektrikum. Die vorstrukturierten Glassubstrate wurden am Lehrstuhl für Bildschirmtechnik der Universität Stuttgart hergestellt. Abb. 2 zeigt eine REM-Aufnahme gedruckter CNTs. Es ist klar zu erkennen, dass sich die CNTs ungeordnet auf dem Substratmaterial abscheiden, und ein Netzwerk aus CNT-Bündeln ausbilden.

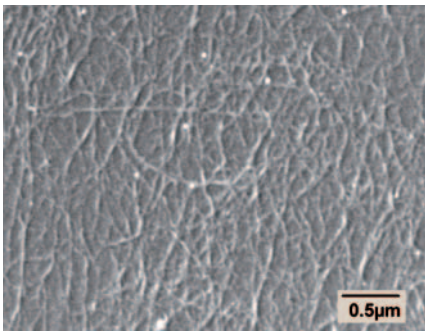


Abb. 2: REM-Bild von mittels Aerosol Jet® gedruckten Carbon Nanotubes

Abb. 3 zeigt den gemessenen Drainstrom in Abhängigkeit der angelegten Drain-Source-Spannung für verschiedene Gate-Source-Spannungen bei einem gedruckten CNT-basierten Transistor, mit einer Kanallänge von 20 µm und einer Kanalweite von 100 µm. Anhand der Kennlinien ist deutlich die steuernde Wirkung der Gate-Spannung auf den Drainstrom zu erkennen. Aus den gemessenen Strömen lässt sich für den Transistor ein I_{on}/I_{off} -Verhältnis von etwa 230 bestimmen, was mit publizierten Werten für gedruckte Transistoren mit CNT-Kanal vergleichbar ist.

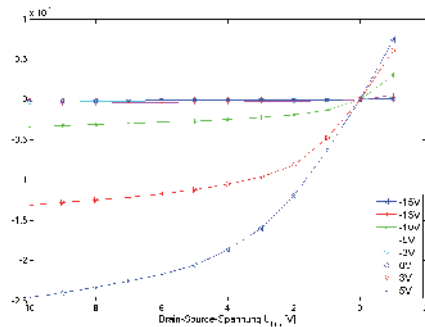


Abb. 3: Ausgangskennlinienfeld eines Dünnschichttransistors mit gedruckten CNTs

INKJET FÜR SILBERLEITERBAHNEN

Neben der Aerosol Jet®-Technologie, wird am HSG-IMAT derzeit intensiv die Inkjet-Technologie zum Aufbau von Funktionsstrukturen untersucht. Ein Fokus liegt dabei auf der Herstellung von gedruckten Leiterbildern aus Silber auf thermoplastischen Bauteilen. Hier stehen eine hohe Reproduzierbarkeit, kleine Pitches, und ein möglichst geringer elektrischer Widerstand im Vordergrund. Derzeit wird am HSG-IMAT das Drucken auf verschiedensten Substratmaterialien, wie LCP, PET+PBT, PA6, PC und PI-Folie untersucht. Abb. 4 zeigt gedruckte Silberleiterbahnen auf einem ebenen PET+PBT-Substrat. Die erreichten Leiterbahnbreiten liegen hier bei ca. 100 µm, der Abstand zwischen zwei Leiterbahnen liegt bei ca. 70 µm. Bei einer Schichtdicke von ca. 1,5 µm beträgt der auf die Längen der Leiterbahnen bezogene Widerstand ca. 700 mΩ/mm. Das entspricht einem Squarewiderstand von 70 mΩ pro Square.

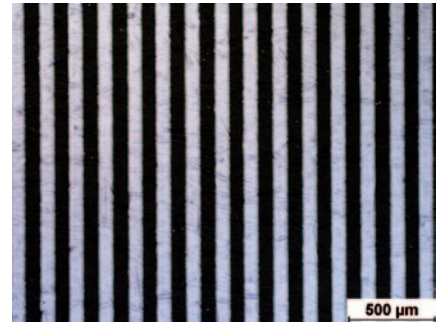


Abb. 4: Mittels Inkjet gedruckte Leiterstrukturen aus Silber auf PET+PBT Substrat

Neben dem Drucken auf ebenen Substraten wurde das vom BMBF geförderte Verbundvorhaben SADINA (neue Sensorstrukturen und Aufbautechniken auf dreidimensionalen Trägern mittels Inkjet Druck nanoskaliger Dispersionen) gestartet, wobei die InkJet Technik zum Bedrucken von dreidimensionalen Bauteilen erarbeitet werden soll.

Ein weiteres aktuelles Forschungsgebiet umfasst die Post-Prozessierung zum Aushärten gedruckter Silberstrukturen. Neben der Möglichkeit des thermischen Aushärtens, werden derzeit am HSG-IMAT alternative Aushärteverfahren mittels beispielsweise Laser, Mikrowelle und Plasma, sowie kombinierte Verfahren näher untersucht. Dabei werden möglichst hohe elektrische Leitfähigkeiten, sowie kurze Prozessdauer angestrebt. Erste Untersuchungen von lasergesinterten Schichten zeigen eine um den Faktor drei höhere Leitfähigkeit, im Vergleich zu thermisch ausgehärteten Schichten.

Die Aushärtung mit dem Laser hat den Vorteil, dass der Energieeintrag selektiv in die auszuhärtende Schicht erfolgt, wodurch die thermische Belastung des Trägersubstrats minimiert wird. Durch eine reduzierte thermische Belastung können sich neue Möglichkeiten für die Verwendung von weniger temperaturfesten Substratmaterialien, wie beispielsweise Polycarbonat ergeben.

INKJET FÜR WEITERE FUNKTIONSWERKSTOFFE

Neben Silbertinten können mit dem Inkjet-Verfahren auch andere Formulierungen für leitfähige, halbleitende und isolierende Funktionsmaterialien gedruckt werden. So wurden erste Untersuchungen zum Drucken von leitfähigen Polymeren wie PEDOT:PSS für transparente Leiterbilder und sensorische Schichten durchgeführt.

Eine Sonderrolle unter den Funktionsmaterialien nehmen sogenannte Hotmelts ein. Diese sind bei Raumtemperatur fest, lassen sich aber durch Heizen des Druckmoduls in den flüssigen Zustand überführen und damit auch drucken. Hotmelts zeichnen sich dabei in der Regel durch eine hohe Medienbeständigkeit, u. a. gegen Säuren, aus, und finden daher Anwendung als Ätzresiste. Daher kommen gedruckte Hotmelt-Strukturen im Rahmen des IGF-Vorhabens VEPRO-3D für ein neues selektives Metallisierungsverfahren für Hochleistungsthermoplaste

zum Einsatz. Dabei wird zuerst eine Hotmelt-Maske auf eine Kupferfolie gedruckt (Abb. 5). Nach dem galvanischen Schichtaufbau mit einem Schichtsystem aus Gold, Nickel und Kupfer, in den nicht bedruckten Bereichen, wird der Hotmelt gestriipt. Anschließend wird die so vorbereitete Kupferfolie mit dem Thermoplasten hinterspritzt und abschließend die Kupferfolie durch Ätzen entfernt.

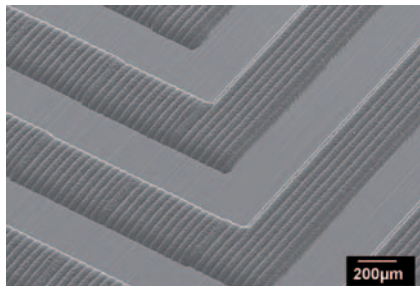


Abb. 5: Mittels Inkjet gedruckte Hotmelt-Strukturen auf Kupferfolie

Das IGF-Vorhaben 320ZN der Forschungsvereinigung Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V. – HSG, Wilhelm-Schickard-Straße 10, 78052 Villingen-Schwenningen, wird über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsförderung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie, aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Die Verbundvorhaben ORFUS und SADINA werden vom Bundesministerium für Bildung und Forschung über den Projektträger VDI/VDE-IT gefördert.

Kontakt: [Dr.-Ing. Hannes Willeck](mailto:willeck@hsg-imat.de)
 Telefon: +49 711 685-84780
 E-Mail: willeck@hsg-imat.de

Publikationen

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

Lehrveranstaltungen, Studienarbeiten, Diplomarbeiten und Promotionen

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

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: HSG-IMIT, Villingen-Schwenningen
16.02.2010, 18 Teilnehmer

Ziel: Robert Bosch GmbH, Gerlingen-Schillerhöhe und Robert Bosch GmbH, Schwieberdingen
20.07.2010, 19 Teilnehmer

IN 2010 ABGESCHLOSSENE STUDIENARBEITEN

Müller, Hagen

Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von Leiterbahnen auf 3D-MID-Bauteilen
Betreuer: Dr.-Ing. H. Willeck, Dipl.-Ing. A. Fischer

Müller, Patrick

Aufbau eines gedruckten Temperatursensors auf thermo-plastischen Substraten mit M³D und Charakterisierung
Betreuer: Dr.-Ing. H. Willeck, Dipl.-Ing. B. Polzinger

Rumpel, Martin

Aufbau und Charakterisierung eines Dehnungssensors auf thermo-plastischen Substraten mit Aerosol Jet
Betreuer: Dipl.-Ing. B. Polzinger

Saller, Stefan

Untersuchungen zur frequenzanalogen drahtlosen Auslese eines kapazitiven Sensors
Betreuer: Dipl.-Ing. A. Bülau

Schwarz, Lisa

Herstellung und Untersuchung von siebgedruckten Widerständen als Temperatur- und Dehnungssensor
Betreuer: Dipl.-Ing. B. Polzinger

Wang, Dongping

Finite Elemente Modellierung der Schichthftung bei MID anhand des Cohesive Zone Modells
Betreuer: Dipl.-Ing. M. Schober

Wang, Xin

Vergleich von Oberflächenmessverfahren
Betreuer: Dipl.-Ing. P. Buckmüller

Wentsch, Fabian

Untersuchungen zum Laserdurchstrahlschweißen thermo-plastischer Bauteile mit einem IR-Laser
Betreuer: Dr.-Ing. H. Willeck

Wohlschlager, Alexander

Vergleich und Bewertung von Messkonzepten für einen kapazitiven Kraftsensor
Betreuer: Dipl.-Ing. K.-P. Fritz

Lehrveranstaltungen, Studienarbeiten, Diplomarbeiten und Promotionen

IN 2010 ABGESCHLOSSENE DIPLOMARBEITEN

Sterns, Frank

Untersuchungen zu einem Schaltventil-Demonstrator auf Basis eines elektromagnetischen Relais
Betreuer: Dipl.-Ing. K.-P. Fritz,
B. Eng. T. Steffens

Wang, Xiaoxiao

Untersuchungen zur Zuverlässigkeit von vergossenen drahtgebondeten Chips auf LDS-MID aus LCP
Betreuer: Dipl.-Ing. U. Keßler

Zhu, Baotian

Untersuchungen zur elektrischen Kontaktierung von gedruckten funktionellen Strukturen
Betreuer: Dipl.-Ing. B. Polzinger

PROMOTIONEN

K. Hofmann

Untersuchungen zur Mikrobearbeitung von Stahlwerkstoffen mit elektrochemischem Abtragen

Patente und Gebrauchsmuster

PATENTE

H. Kück, K.-P. Fritz, T. Steffens,
„**Schaltventil, bistabiles Schaltventil**“, Europäische Patentanmeldung am 11.11.2009

H. Kück, D. Benz, F. Wolter,
„**Pumpelement und Pumpe mit einem solchen Pumpelement**“, Russisches Patent RU 2 397 365 erteilt am 20.08.2010

H. Kück, D. Benz, A. Schwenck, K.-P. Fritz, V. Mayer,
„**Sensorelement und ein Verfahren zu Herstellung eines kapazitiven Sensors**“, Europäische Patentanmeldung am 18.01.2010

H. Kück, A. Schwenck, K.-P. Fritz, V. Mayer,
„**Kapazitiver Sensor und ein Verfahren zur Herstellung eines kapazitiven Sensors**“, Deutsches Patent DE 10 2008 025 236 erteilt am 04.12.2009

Messebeteiligungen, Mitwirkung in Gremien

MESSEBETEILIGUNGEN

MicroMountains INNOVATION

FORUM MicroTechnology, Villingen-Schwenningen, 23.02.2010

HANNOVER MESSE, Hannover, 19.-23.04.2010

SENSOR + TEST, Nürnberg, 18.-20.05.2010

Tag der Wissenschaft, Stand im Pfaffenwaldring 9, Universität Stuttgart, 26.06.2010

Microsys, Landesmesse Stuttgart, 13.-16.09.2010

9. Internationaler Kongress MID 2010, Fürth, 29.-30.09.2010

hybridica, Neue Messe München, 09.-12.11.2010

MITWIRKUNGEN IN GREMIEN

W. Eberhardt

Stellvertretender Vorsitzender Fachausschuss 5.5 „Aufbau- und Verbindungstechnik“ der GMM

H. Kück

Mitglied im Kuratorium der Steinbeis-Stiftung

Mitglied im Aufsichtsrat der MicroMountains Applications AG

Mitglied im Fachausschuss 4.8 „Mikrofertigung und Werkstoffe“ der GMM

Mitglied im Fachausschuss 5.5 „Aufbau- und Verbindungstechnik“ der GMM

Mitglied im Wissenschaftlichen Rat der AiF



Wir sind Mitglied der Innovationsallianz Baden-Württemberg.

Die Innovationsallianz Baden-Württemberg ist ein Zusammenschluss von wirtschaftsnahen außeruniversitären Forschungseinrichtungen im Land, die als Brücken zwischen der Grundlagenforschung etwa der Hochschulen und der technischen Entwicklung in den Betrieben fungieren.

Mitglied der



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

Vorträge und Veröffentlichungen

P. Buckmüller, W. Eberhardt, U. Keßler, H. Willeck, H. Kück, „**Aluminium Wedge-Wedge Wire Bonding on Thermoplastic Substrates made by LPKF-LDS® Technology**“, ESTC 2010, Berlin, 15.09.2010

A. Bülow, „**Energy Autonomous Wireless-Sensors for Fluidsystems in Automotive Applications**“, Hannover Messe, Forum – Innovations for Industry, Hannover, 22.04.2010

W. Eberhardt, „**Aktuelle Entwicklungen rund um MID**“, 1. Hausmesse der 2E mechatronic GmbH & Co. KG, Kirchheim, 17.06.2010

W. Eberhardt, J. Keck, H. Willeck, B. Polzinger, H. Kück, „**Drucken von mikro- und nanoskaligen Funktionsschichten auf Thermoplasten zur Erhöhung der Integration mikrosystemtechnischer Packages**“, 2. GMM Workshop Mikro-Nano-Integration, Erfurt, 03.-04.03.2010

W. Eberhardt, V. Mayer, S. Weser, H. Willeck, A. Fischer, H. Kück, „**Integration of Bare Dies in Thermoplastic Packages Using Insert Injection Moulding and LPKF-LDS® Technology**“, Smart Systems Integration, Como, Italy, 23.-24.03.2010

K.-P. Fritz, „**High performance dispensing system**“, 2. MicroMountains INNOVATION FORUM Micro-

Technology, Villingen-Schwenningen, 23.02.2010

K.-P. Fritz, V. Mayer, T. Steffens, H. Kück, „**Switching valve with isolated impact actuator**“, Actuator 2010, Conference Proceedings of the 12th international Conference and Exhibition on New Actuators and Drive Systems, Bremen, 14.-16.06.2010

D. Hopp, C. Pruss, W. Osten, J. Seybold, V. Mayer, H. Kück, „**Optischer inkrementaler Drehgeber in Low-Cost-Bauweise**“, tm - Technisches Messen, 77, Ausgabe 06/2010, S. 358-363, Oldenburg Wissenschaftsverlag

U. Keßler, „**Kleben von elektronischen Bauteilen auf 3D-MID**“, OTTI Fachforum „Kleben in der Mikrofertigung“, Regensburg, 05.-06.10.2010

U. Keßler, P. Buckmüller, W. Eberhardt, H. Richter, H. Kück, „**Peripheral Connections for MID**“, Proceedings of the 9th International Congress Moulded Interconnect Devices, Fürth, 29.-30.09.2010

U. Keßler, P. Buckmüller, W. Eberhardt, H. Richter, H. Kück, „**Techniques for peripheral connections and assembly on 3D-MID**“, Proceedings of the 6th International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Oyonnax, France, 17.-19.11.2010

H. Kück, „**Potential of Moulded Interconnect Devices for Packaging of Miniature Devices**“, Micronarc Alpine Meeting – Equipment for Microproducts, Villars sur Ollon, Switzerland, 21.01.2010

H. Kück, „**Wie viel 3D erlauben MID Technologien?**“, Deutsches IMAPS-Seminar „3D - mehr als nur die dritte Dimension - Technologien zur dreidimensionalen Integration“, Ilmenau, 02.03.2010

H. Kück, „**Aktueller Stand der MID Technik**“, Bosch Summer School 2010, Reutlingen, 14.07.2010

H. Kück, „**Overview on Moulded Interconnect Devices for Packaging of Miniature Multifunctional Systems**“, 4M2010 Conference, Bourg en Bresse - Oyonnax, France, 17.-19.11.2010

M. Kurth, Ch. Fräulin, A. Bülow, „**IEKU – Intelligente Energieautarke Kupplungen für fluidische Systeme in Fahrzeugen**“, Statusmeeting für energieautarke Mikrosysteme – EAS, Berlin, 26.02.2010

V. Mayer, „**Aktuelle Entwicklungen der Sensorik und Aktorik am HSG-IMAT**“, Mitgliederversammlung der HSG, Villingen-Schwenningen, 20.04.2010

Vorträge und Veröffentlichungen

V. Mayer, „**Injection moulded micro fluidic devices**“, 2. MicroMountains iNNOVATION fORUM MicroTechnology, Villingen-Schwenningen, 23.02.2010

H. Willeck, „**Printing of miniaturised sensor elements on thermoplastic packages**“, 2. MicroMountains iNNOVATION fORUM MicroTechnology, Villingen-Schwenningen, 23.02.2010

H. Richter, H. Kappl, T. Booz, S. Lapper, K. Petrikowski, W. Eberhardt, M. Fenker, H. Kück, „**New Developments in Hot Embossing MID Technology**“, Proceedings of the 6th International Conference on Multi-Material Micro Manufacture (4M), Oyonnax, France, 17.-19.11.2010

F. Wolter, K.-P. Fritz, R. Heitmeier, D. Niedenzu, H. Kück, „**High performance metering pump with disposable pump unit**“, Actuator 2010, Conference Proceedings of the 12th international Conference and Exhibition on New Actuators and Drive Systems, Bremen, 14.-16.06.2010

A. Schwenck, V. Mayer, H. Kück, „**Flüssigkeitsbasierte kapazitive Neigungswinkelsensoren - Von der Idee zum Serienprodukt**“, PLUS – Fachzeitschrift für Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik, Eugen G. Leuze Verlag KG, Bad Saulgau, Ausgabe 03/2010

Redaktion Ulrich Allgeier
Mitarbeiter der Abteilungen
Moritz Faller

Gestaltung Monika Teichner
Moritz Faller

Druck Müller Offset Druck
Villingen-Schwenningen

© Copyright HSG-IMAT 2011
ISSN 1861-7220

