

HSG-IMAT



Jahresbericht 2008

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 Jahr 2008 war ein sehr gutes Jahr für unser Institut. Wir konnten unsere Projekterlöse um 16 % steigern. Bei den Industrieaufträgen betrug das Wachstum knapp 22 %. Dazu haben sicherlich die sehr guten Arbeitsbedingungen in unserem neuen Institutsgebäude wesentlich beigetragen. Durch das neue Gebäude hat die Wahrnehmung unseres HSG-IMAT einen deutlichen Schub erfahren.

Neben unseren Neigungswinkel- und Drehwinkelsensoren waren im vergangenen Jahr unsere Konzepte für neuartige Dosiersysteme und Mikroventile bei der Zusammenarbeit mit der Industrie besonders wichtig. Unsere Dosiersysteme zeichnen sich neben einer sehr guten Dosiergenauigkeit u. a. dadurch aus, dass wir den Antrieb strikt vom Fluid trennen. So entstehen insbesondere Vorteile im Hinblick auf Kontaminationsfreiheit und Biokompatibilität sowie bei der Handhabung gefährlicher Substanzen.

Das Drucken von funktionalen Mikrostrukturen auf thermoplastischen Bauteilen und MID stellt einen neuen Schwerpunkt unserer F&E-Arbeiten zur Aufbau- und Verbindungstechnik dar. Dabei setzen wir neben dem bekannten Sieb- und Tampon-Drucken insbesondere ein neuartiges Aerosol-Jet-Verfahren sowie das Ink-Jet-Drucken ein. Mit ersten Arbeiten konnten wir zeigen, wie eine zweite Leiterbahnebene mit Leiterbahnkreuzungen

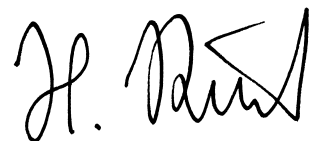
auf Laser-MID mittels Drucken hergestellt werden kann. Derzeit befassen wir uns mit dem Drucken von Widerstandsstrukturen, die wir nicht nur für die externe Beschaltung von ICs sondern auch als Sensoren z. B. für Dehnung und Temperatur einsetzen wollen.

Die Zuverlässigkeit der Bauteile im Betrieb ist außerordentlich wichtig für die MID-Techniken und alle Verfahren, mit denen wir uns befassen. Dabei spielt der thermomechanische Stress eine wesentliche Rolle. Neben unseren bisherigen ausführlichen Umweltprüfungen haben wir deshalb auch begonnen, die Zuverlässigkeit von MID-Baugruppen mit Modell- und Simulationsrechnungen abzuschätzen und zu bewerten.

Die Anfertigung einer Kleinserie von Laser-MID-Modulen für internetfähige Braille-Displays in Zusammenarbeit mit der Metec AG und IMS Stuttgart war 2008 eine große Herausforderung für IZFM und HSG-IMAT. Unabhängig davon hat das vergangene Jahr erfreulicherweise gezeigt, dass die Bedeutung der MID-Technik für die Fertigung neuer Produkte in der Industrie kontinuierlich steigt. Daher sehen wir im HSG-IMAT eine wichtige künftige Aufgabe darin, insbesondere KmU bei der Herstellung von Klein- und Erstserien von technologisch komplexen Systemen mit unseren Aufbau- und Verbindungstechniken wirkungsvoll zu

unterstützen. Dafür haben wir mit der Einführung eines Qualitätsmanagementsystems begonnen und planen unsere Fertigungsinfrastruktur entsprechend auszubauen.

Für unsere Partner aus der Industrie ist es gerade in wirtschaftlich schwierigen Zeiten besonders wichtig, die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren voran zu treiben. Dabei wollen wir Sie seitens des HSG-IMAT gerne unterstützen und laden Sie ganz herzlich ein, uns mit Ihren Aufgabenstellungen anzusprechen.



Ihr Heinz Kück
Institutsleiter des HSG-IMAT und IZFM

Inhaltsverzeichnis

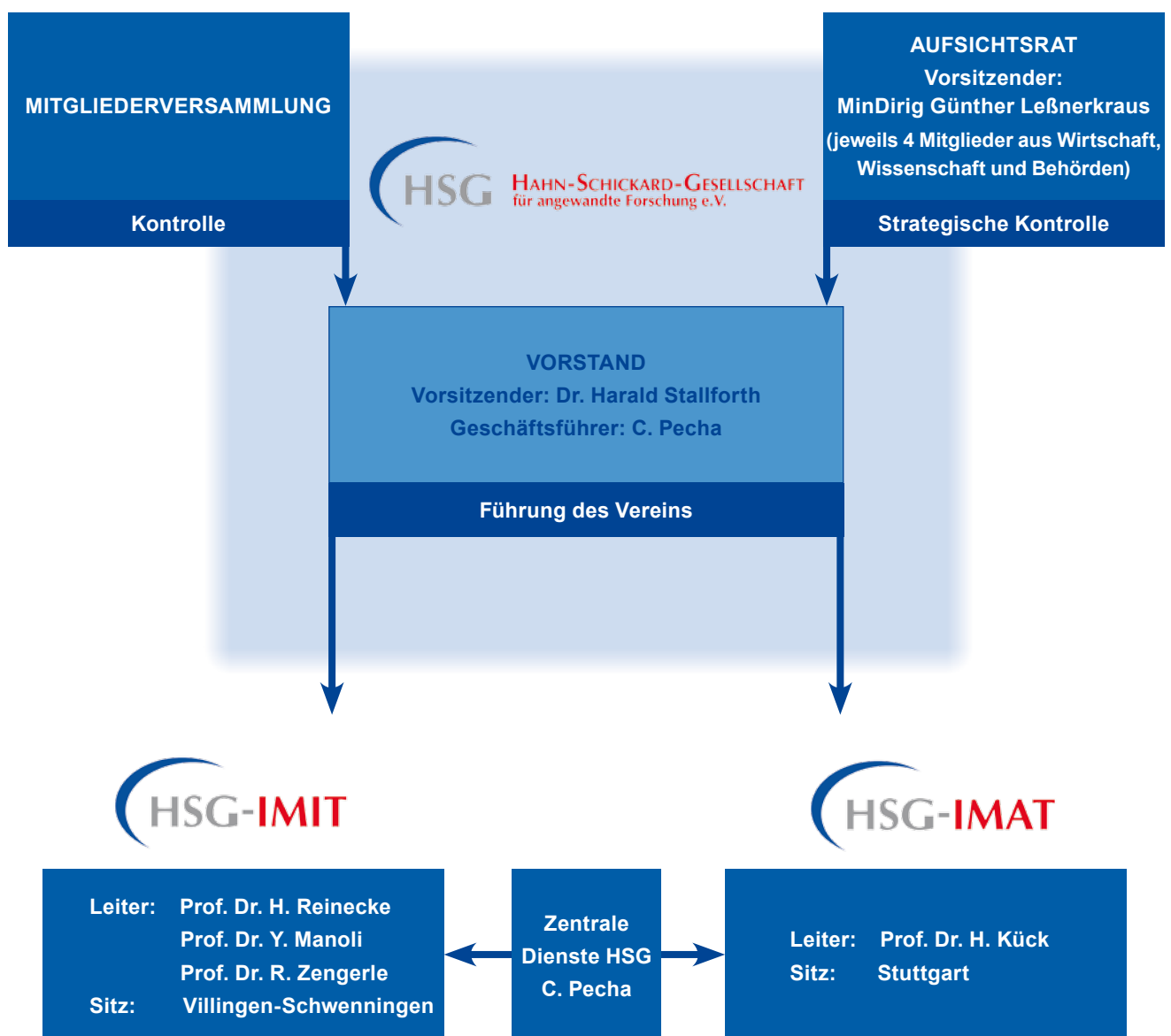
Kontakt	2
Grußwort	3
Inhaltsverzeichnis.....	4
Die Hahn-Schickard-Gesellschaft	5
Organe & Organisation der HSG	6
Aufsichtsrat & Vorstand	7
Mitglieder	8
Das HSG-IMAT	9
Struktur & Ansprechpartner.....	10
Das Institut in Zahlen	11
Die Abteilungen des HSG-IMAT	12
Technologie.....	13
Bauelemente und Systeme.....	14
Projektberichte	15
Simulation und Zuverlässigkeitsanalyse von MID	16
Heißspräge-MID-Baugruppen für erhöhte thermische Anforderungen	18
Drucken von Funktionsschichten auf thermoplastischen 3D-Baugruppen	20
Kapazitive Neigungssensoren	22
Hochgenaue Mikrodosiertchnik	24
Anfertigung einer Kleinserie von Modulen für interaktive Braille-Displays in Laser-MID-Technologie.....	26
Publikationen & Marketing	29
Lehrveranstaltungen	30
Studienarbeiten & Diplomarbeiten • Promotionen	31
Messebeteiligungen • Mitwirkung in Gremien	32
Vorträge & Veröffentlichungen.....	33
Impressum.....	35

Die Hahn-Schickard-Gesellschaft

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

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

Organe & Organisation der HSG



Stand: 01/2009

Aufsichtsrat & Vorstand

AUFSICHTSRAT

Vorsitzender:

Ministerialdirigent

Günther Leßnerkraus

Wirtschaftsministerium

Baden-Württemberg

Dr. Norbert Fabricius

Karlsruher Institut für Technologie

Dr. Stefan Finkbeiner

Robert Bosch GmbH

Eckehardt Keip

LITEF GmbH

Dr. Rupert Kubon

Oberbürgermeister Große Kreisstadt

Villingen-Schwenningen

Dr. rer. nat. Mirko Lehmann

IST AG

Professor Dr. Johann Löhn

Steinbeis-Stiftung

Präsident der Steinbeis-Hochschule

Berlin

Professor Dr. Ulrich Mescheder

Hochschule Furtwangen

Professor Dr. Wolfgang Osten

ITO - Institut für Technische Optik

Universität Stuttgart

Dr.-Ing. Peter Post

Festo AG & Co. KG

VORSTAND

Vorsitzender:

Dr. Harald Stallforth

AESCULAP AG

Stellvertr. Vorsitzende:

Ernst Kellermann

Marquardt GmbH

Uwe Remer

2E mechatronic GmbH & Co. KG

Dr. Wolfgang Spreitzer

GRUNER AG

Schatzmeister:

Thomas Albiez

IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg

Stand: 01/2009

Mitglieder

AESCULAP AG Tuttlingen • **coHex - Technische Beratung** Donaueschingen
 • **Deutsche Bank AG** Stuttgart • **Deutsche Thomson OHG** Villingen-Schwenningen • **ECMTEC GmbH** Holzgerlingen • **Elbau Elektronik GmbH** Berlin • **ELMOS Semiconductor AG** Dortmund • **Etp. Electronics trading and production** Freiburg • **Festo AG & Co. KG** Esslingen • **FORESTADENT Bernhard Förster GmbH** Pforzheim • **GMS Gesellschaft für Mikrotechnik und Sensorik mbH** Villingen-Schwenningen • **GOS Gesellschaft für Organisation und Software mbH** Villingen-Schwenningen • **GRUNER AG** Wehingen • **Harman/Becker Automotive Systems (XSYS Division) GmbH** Villingen-Schwenningen • **Harting Mitronics AG** CH-Biel • **2E mechatronic GmbH & Co. KG** Wernau • **HL-Planartechnik** Dortmund • **Hoerbiger-Holding AG** CH-Zug • **HOPF ELEKTRONIK** Lüdenscheid • **Hopt + Schuler GmbH & Co. KG** Rottweil • **IHK Schwarzwald-Baar-Heuberg** Villingen-Schwenningen • **ISGUS GmbH** Villingen-Schwenningen • **KENDRION BINDER MAGNETE GmbH** Villingen-Schwenningen • **QUNDIS GmbH** St. Georgen • **Erich Lacher Uhrenfabrik** Pforzheim • **LITEF GmbH** Freiburg • **Lotus Systems GmbH** Gutmadingen • **MADA Marx Datentechnik GmbH** Villingen-Schwenningen • **MARQUARDT GmbH** Rietheim-Weilheim • **Metec Ingenieur AG** Stuttgart • **Perpetuum Ebner GmbH & Co. KG** St. Georgen • **Physik Instrumente GmbH & Co. KG** Karlsruhe-Palmbach • **Robert Bosch GmbH** Stuttgart • **SCHMIDT Technology GmbH** St. Georgen • **Schölly Fiberoptic GmbH** Denzlingen • **Schwarzwälder-Service Industrie- u. Gebäudereinigung GmbH + Co.** Villingen-Schwenningen • **Sparkasse Villingen-Schwenningen** Villingen-Schwenningen • **Steinbeis-Transferzentrum Infothek** Villingen-Schwenningen • **Karl Storz GmbH & Co.** Tuttlingen • **Tobias Szokalo Werkzeugbau mit HSC-Bearbeitung** Pforzheim • **Team Nanotec GmbH** Villingen-Schwenningen • **THEBEN AG** Haigerloch • **Dr. Tillwich GmbH** Horb • **Vipem Hackert GmbH** Grünbach • **VDO Automotive AG - Ein Unternehmen des Continental Konzerns** Villingen-Schwenningen

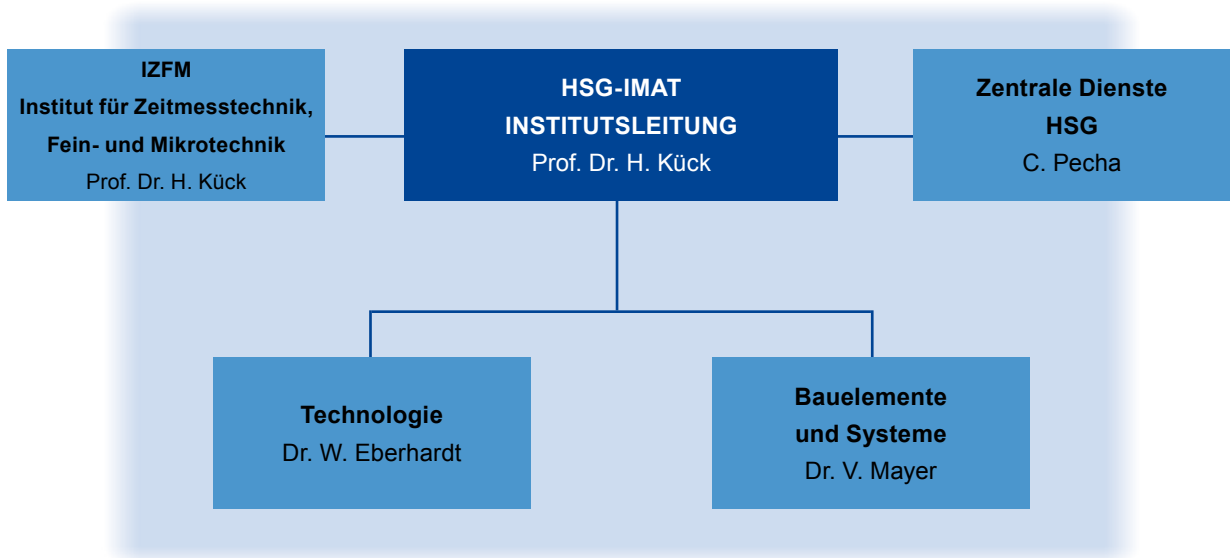
Stand: 01/2009

Das HSG-IMAT

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

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

Struktur & Ansprechpartner



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

Sekretariat P. Hoffmann
Telefon +49 711 685-83711

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

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

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

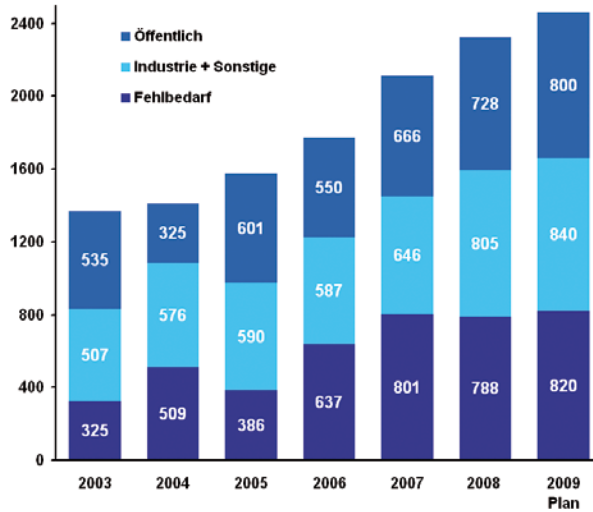
Abteilung Technologie Dr. W. Eberhardt
Telefon +49 711 685-83717

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

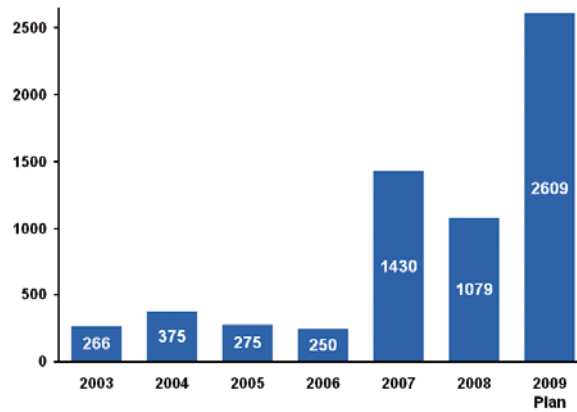
Stand: 01/2009

Das Institut in Zahlen

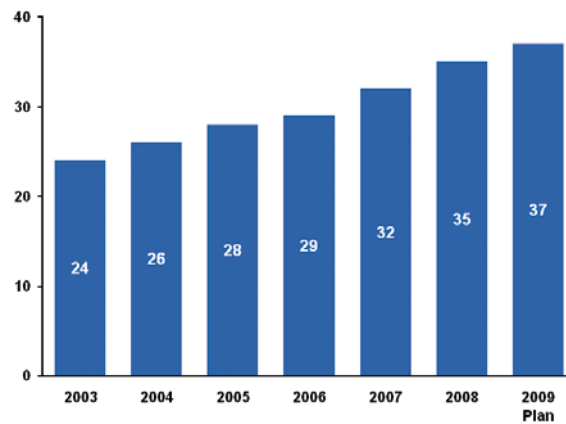
Entwicklung des Haushalts in T Euro



Entwicklung der Investitionen in T Euro



Entwicklung der Personalstärke



Die Abteilungen des HSG-IMAT

- Technologie
- Bauelemente und Systeme

Bauelemente und Systeme

In der Abteilung Bauelemente und Systeme befassen wir uns mit Sensoren und Aktoren sowie der Fertigung von Präzisionsbauteilen. Dazu gehört insbesondere die Mikrospritzgießtechnik einschließlich der Herstellung hochpräziser Spritzgießwerkzeuge.

Um beim Spritzguss Kunststoffformteile mit feinsten Strukturabmessungen und Strukturdetails anzufertigen, arbeiten Simulation, Konstruktion, Muster-Werkzeugbau und Spritzguss Hand in Hand. Mittels hochgenauer Spritzgussimulation berechnen wir z. B. vorab das Füllverhalten, den Verzug oder die Werkzeugbelastung. Bei der anschließenden Werkzeugkonstruktion profitieren wir von unserer langjährigen Erfahrung und setzen moderne CAD/CAM-Techniken ein. Zur Anfertigung der Werkzeuge und für die mechanische Bearbeitung hoch genauer, filigraner Bauteile aus Stahl stehen zwei Hochpräzisions-HSC-Fräsmaschinen, die Mikrofunktenerosion und das elektrochemische Fräsen zur Verfügung. Ist allerhöchste Präzision und Oberflächenqualität gefordert, können mit unserer 5-Achsen-Ultrapräzisionsbearbeitungsmaschine auch optische Bauelemente sowie Werkzeug-Formeinsätze in optischer Oberflächenqualität angefertigt werden.

In enger Zusammenarbeit mit unserer Abteilung Technologie entstehen viele Mikrospritzgießbauteile für neueste Aufbau-, Gehäuse- und Verbindungs-

techniken. Hierbei werden komplexe 3D-Geometrien für die Integration und Miniaturisierung in drei Dimensionen benötigt, um durch Aufbringen von feinsten Leiterbahnen und Bestückung mit elektronischen und mikrotechnischen Bauteilen hochwertige mechanische Baugruppen herzustellen.

Im Bereich der Sensoren arbeiten wir intensiv an Systemen mit kapazitivem Funktionsprinzip. Unsere hochauflösenden kapazitiven Neigungssensoren werden derzeit von einem Industriepartner in die Serie überführt. Daneben stehen neuartige drahtlos arbeitende Sensoren im Fokus unserer Aktivitäten, die ebenfalls auf einem kapazitiven Wirkprinzip beruhen und für deren Auslesung kommerzielle Detektionssysteme adaptiert werden können. Weiterhin forschen wir seit einigen Jahren erfolgreich an neuen hochauflösenden optischen Drehgebern, die mit spritzgegossenen mikrostrukturierten Kodierscheiben aus Kunststoff und einem auf Interferenz basierenden Funktionsprinzip arbeiten.

Unsere Aktivitäten im Bereich der fluidischen Aktorsysteme haben wir im letzten Jahr kontinuierlich verstärkt. Hier stehen magnetisch und piezoelektrisch angetriebene Miniaturschaltventile und -Pumpen im Mittelpunkt. Dabei können wir hoch interessante Lösungen bieten, wenn eine gute Medientrennung und/oder Einwegsysteme erforderlich sind.

Für die Auslegung der komplexen Sensoren und Aktoren werden häufig Simulationswerkzeuge angewendet, um mechanische, elektrische oder magnetische Eigenschaften und deren Einfluss auf das Systemverhalten vorab zu ermitteln.

Automatisierungstechnik, Kfz-Technik, Medizintechnik und Life Sciences sind nur einige Bereiche, in denen wir mit zahlreichen Partnern aus Industrie und Forschung eine Reihe von herausfordernden Projekten erfolgreich umsetzen konnten. Auch die enge Zusammenarbeit mit unserem Schwesterinstitut HSG-IMIT hat sich in zahlreichen Projekten bewährt. Als neue Herausforderung arbeiten wir derzeit gemeinsam an höchst anspruchsvollen spritzgegossenen Mikronadel-Arrays aus Kunststoff.

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

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

Projektberichte

- Simulation und Zuverlässigkeitsanalyse von MID
- Heißpräge-MID-Baugruppen für erhöhte thermische Anforderungen
- Drucken von Funktionsschichten auf thermoplastischen 3D-Baugruppen
- Kapazitive Neigungssensoren
- Hochgenaue Mikrodosiertechnik
- Anfertigung einer Kleinserie von Modulen für interaktive Braille-Displays in Laser-MID-Technologie

Simulation und Zuverlässigkeitsanalyse von MID

Die kontinuierliche Weiterentwicklung der MID-Technik erlaubt innovative Produktideen mit hohem Miniaturisierungsgrad und neuen gestalterischen Freiheiten. Im Hinblick auf eine ganzheitliche Betrachtung von MID-Baugruppen von der Idee bis zum Produkt beschäftigt sich das HSG-IMAT aktuell mit der Simulation und der Zuverlässigkeitsanalyse von MID-Baugruppen.

SIMULATION

Im Bereich der Simulationstechniken werden in enger Zusammenarbeit von Projektingenieur und Konstrukteur entwicklungsbegleitende numerische Analysen durchgeführt. Auf diese Weise kann noch während der Entwurfsphase das Design der MID-Baugruppe unter thermomechanischen Gesichtspunkten verbessert werden. Da im HSG-IMAT größtenteils kunststoffbasierte Sensor- und Aktorelemente entwickelt werden, ist die Spritzgießsimulation eine der Kernkompetenzen des Instituts. Hierbei werden Füllstudien von Polymerbauteilen erstellt und beispielsweise hinsichtlich Füllverhalten, Bindenähten und Verzug ermittelt und bewertet. Weiterhin kann die Belastung auf Einlegeteile während des Spritzgießprozesses untersucht werden. Als Simulationsplattform für den Spritzgießvorgang wird das Programm SIGMASOFT eingesetzt.

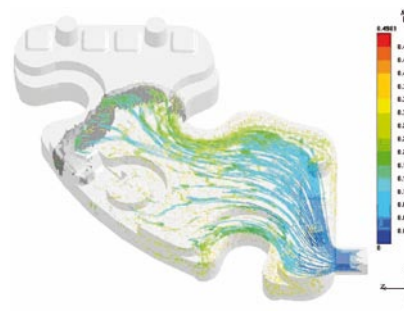


Abb. 1: Füllstudie MID-Optikmodul

Über eine Kopplung der Spritzgießsimulation mit der strukturellen Simulation in ANSYS können Modelle erstellt werden, die das komplexe richtungs- und ortsabhängige Materialverhalten bei Kunststoffbauteilen nachbilden. In diese Modelle können zudem Leiterbahnen, SMD-Bauelemente und Nacktchips integriert werden.

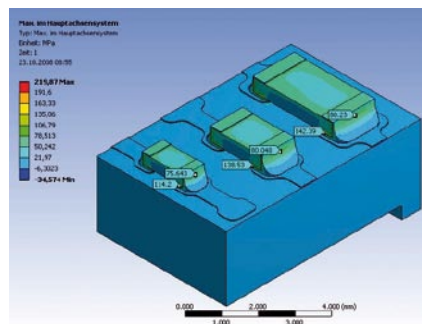


Abb. 2: Thermomechanische Analyse von SMD-Widerständen auf Heißspräge-MID

Beispielsweise können so komplette MID-Baugruppen im Hinblick auf thermische und harmonische Belastungen simulationstechnisch untersucht und bewertet werden.

MATERIALPARAMETER

Eine wichtige Voraussetzung für eine realitätsnahe Simulation von thermoelastischen Bauteilen ist die Verfügbarkeit von exakten Materialparametern als Eingangsgrößen. Sofern diese von Seiten des Materiallieferanten nicht bekannt sind, ist die eigene Ermittlung relevanter Parameter unabdingbar. Hier kann auf die umfangreichen Analysemethoden im HSG-IMAT zurückgegriffen werden. Thermische Materialparameter wie beispielsweise spezifische Wärmekapazität, Glasübergangs-, Schmelz- und Rekristallisationstemperatur dienen unter anderem als Eingangsgrößen für die Spritzgießsimulation und können mittels dynamischer Differenz-Kalorimetrie (DSC) bestimmt werden. Die thermomechanische Simulation benötigt vor allem temperaturabhängige mechanische Parameter. Der thermische Ausdehnungskoeffizient kann mittels eines thermomechanischen Analysators (TMA) bestimmt werden. Weitere thermomechanische Materialparameter wie Zugfestigkeit, E-Modul und Querkontraktionszahl in Abhängigkeit von Temperatur und Feuchte können durch Zugprüfungen in einer Klimakammer ermittelt werden. Um mit einer Simulation Aussagen über das zeitabhängige thermomechanische Verhalten einer Baugruppe treffen zu können, muss das Relaxations- und Kriechverhalten der Werkstoffe unter Temperatur- sowie Feuchteeinfluss bekannt sein.



Abb. 3: Zugprüfmaschine mit Klimakammer

ZUVERLÄSSIGKEITSANALYSE

Zur Analyse von Ausfallmechanismen wie beispielsweise der Delamination von Metallschichten können Scher- und Pulltests durchgeführt werden. Die experimentell ermittelten Werte können dann in der Simulation als Versagenskriterium herangezogen werden. Die Verifikation und Anpassung der numerischen Modelle an reale Bedingungen wird durch experimentelle Untersuchungen unterstützt. Die geometrische Charakterisierung von Spritzgießbauteilen zum Beispiel im Hinblick auf Verzug und Einfallstellen kann durch Oberflächentopografiemessungen mit einem optischen Profilometer erfolgen. Eine im Rasterelektronenmikroskop integrierte temperierbare Zug-/Druckprüfung erlaubt in Verbin-

dung mit einer Grauwertkorrelationssoftware (VEDDAC) die Untersuchung von sehr kleinen Verschiebungen aufgrund von Kraft- bzw. Temperatureinwirkung auf eine Baugruppe aus unterschiedlichen Materialien und Bauelementen. Die experimentell ermittelten Verschiebungen dienen dann zur Verifikation der numerischen Simulation.



Abb. 4: Verformungsanalyse an einem Spritzgießbauteil mit Grauwertkorrelation

Weitere Messdaten für die Zuverlässigkeitsanalyse erhält man aus der hochauflösenden 3D-Röntgentomographie. Fehlstellen wie beispielsweise Lunker oder Risse in Lötstellen oder Spritzgießbauteilen können hiermit schnell und zerstörungsfrei detektiert werden. Eine in der Röntgenanlage integrierte Temperaturkammer erlaubt zudem thermomechanische Dehnungsanalysen mittels Grauwertkorrelationstechniken.

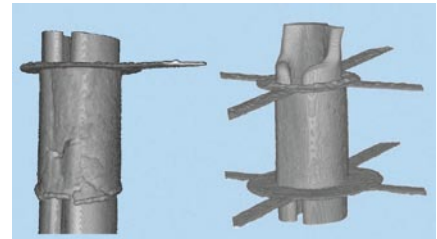


Abb. 5: 3D-Röntgentomographie einer Stiftkontaktierung in MID

AUSBLICK

Im ersten Schritt dienen die Ergebnisse aus der Simulation zur qualitativen Identifikation von kritischen Bereichen an MID-Baugruppen. Eine weitere durch experimentelle Untersuchungen unterstützte Verfeinerung der Modelle führt schließlich zu quantitativen Aussagen. Hieraus sollen dann Modelle generiert werden, mit welchen eine Lebensdauervorhersage von MID-Baugruppen möglich wird.

Kontakt: Prof. Dr. rer. nat. Heinz Kück

Telefon: +49 711 685-83710

E-Mail: kueck@hsg-imat.de

Heißpräge-MID-Baugruppen für erhöhte thermische Anforderungen

EINLEITUNG

Ein wachsender Teil elektronischer Baugruppen ist immer höherer Temperaturbeanspruchung ausgesetzt. Dies hängt mit der durch die wachsende Integrationsdichte und Miniaturisierung produzierten Eigenwärme der Elektronikbauteile und mit der zunehmenden Integration elektronischer Funktionen direkt am Wirkungsort (Motoren, Getriebe, Pumpen) zusammen. Mögliche Substratwerkstoffe für unter diesen Bedingungen eingesetzte MID-Baugruppen sind Hochtemperaturkunststoffe (HT-Kunststoffe). Die Evaluierung derartiger Substratwerkstoffe für Hochtemperaturanwendungen ist derzeit Gegenstand eines AiF-Förderprojektes, das von den Forschungseinrichtungen HSG-IMAT, Lehrstuhl für Kunststofftechnik (LKT) und Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik (FAPS; beide Universität Erlangen-Nürnberg) gemeinsam bearbeitet wird.

AUSWAHL DER SUBSTRATWERKSTOFFE

Neben der Aufbau- und Verbindungstechnik haben vor allem die thermomechanischen Eigenschaften (z. B. thermischer Ausdehnungskoeffizient) sowie die Dauergebrauchstemperatur der Substratwerkstoffe und die Haftfestigkeit der Metallisierung einen entscheidenden Einfluss auf die Zuverlässigkeit der Baugruppe. Untersuchungen zur Qualifizierung einer Reihe von HT-Thermoplasten

hinsichtlich ihrer thermomechanischen Eigenschaften und ihrer Heißprägebarkeit zeigen innerhalb einer Stoffgruppe einen starken Zusammenhang zwischen dem thermischen Ausdehnungskoeffizienten und der erreichbaren Haftfestigkeit der Leiterbahnen. So kann durch eine Erhöhung des Füllstoffgehaltes und einer Optimierung der Füllstoffzusammensetzung sowie der Geometrie der Füllstoffpartikel das Ausdehnungsverhalten deutlich verbessert und ein isotropes Verhalten erreicht werden, andererseits wirkt sich ein höherer Füllstoffgehalt negativ auf die Haftung aus. Einen weiteren Einflussfaktor auf die thermische Ausdehnung stellt die Substratgeometrie dar. Wie Untersuchungen gezeigt haben, kann beispielsweise durch die Steuerung der Substratdicke die thermische Ausdehnung quer zur Spritzgießrichtung deutlich vermindert werden. Auf Basis dieser Ergebnisse wurden zwei HT-Thermoplaste ausgewählt, deren Eigenschaften in Tabelle 1 aufgeführt sind. Neben der geforderten Haftung der heißgeprägten Strukturen konnten auch die CTE-Werte in Spritzgießrichtung denen von FR4 angenähert werden.

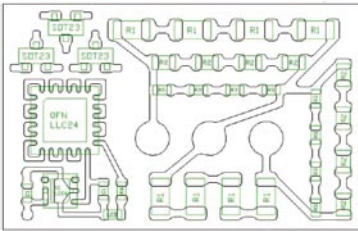
AUFBAU VON TESTBAUGRUPPEN

Für den Aufbau einer Testbaugruppe wurden Standard-SMD-Bauelemente ausgewählt, wie sie im industriellen Einsatz häufig verwendet werden. Bei den Anschlussgeometrien der Bauelemente wurde die Strukturierbarkeit der substratseitigen Anschlussleitungen mittels Heißprägen berücksichtigt. Die Widerstände der Testschaltung wurden in einer Daisy-Chain in Spritzgussrichtung und quer dazu angeordnet, um den Einfluss des anisotropen Werkstoffverhaltens der HT-Thermoplaste untersuchen zu können. Von den ausgewählten Thermoplasten wurden sowohl 2D- als auch 3D-Substrate spritzgegossen und durch Heißprägen mit verzinneter Kupferfolie strukturiert. Der Aufbau der Baugruppen erfolgte durch Auftrag von SnAgCu-Lotpaste mittels Dispenser, die Bestückung wurde auf einem Standard-SMT-Bestücker durchgeführt. Als Lötverfahren kamen Konvektions- und Kondensationslötungen zum Einsatz. Das Layout und das verarbeitete Bauelementespektrum sind in Abb. 1, die fertige Baugruppe ist in Abb. 2 dargestellt.

Kunststoff	Füllstoffgehalt und -material (%)	Dauergebrauchstemperatur (°C)	Thermischer Ausdehnungskoeffizient (ppm/K)	Haftfestigkeit der Leiterbahnen (N/mm)
PPS	50% GF + MF	240	x: 18/16 y: 31/60 RT-T _g /T _g -150°C	x: 1,1/1,0 y: 1,1/1,0 mittel/min
PA6T/6I	65% GF + MF	150	x: 16/12 y: 30/55 RT-T _g /T _g -150°C	x: 1,2/0,7 y: 1,8/1,4 mittel/min

Tabelle 1: Eigenschaften ausgewählter HT-Thermoplaste

Spritzgießrichtung →



- **Bauelementespektrum:** CR 1206, CR 0805, CR 0603, LED 0603, LLP16, SOT23, QFN24
- **Layoutgröße:** 32 mm x 20 mm
- **Leiterbreite /-abstand (min):** 400 µm / 400 µm

Abb. 1: Layout und Bauelementespektrum der Testbaugruppe

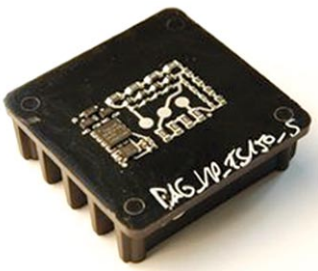


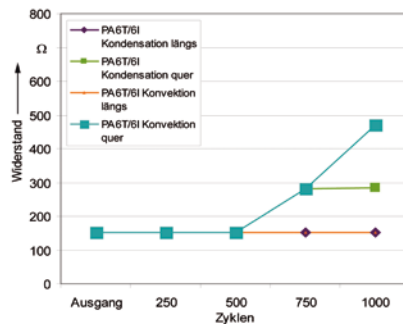
Abb. 2: Bestückte Testbaugruppe

**BEURTEILUNG DER LANGZEITZU-
VERLÄSSIGKEIT DER BAUGRUPPEN**

Zur Qualifizierung des Langzeitverhaltens der Baugruppen wurde ein umfangreiches Versuchsprogramm durchlaufen. Neben Temperaturschocktests (-40°C/ +125°C, 1000 Zyklen) wurden auch Tests zur Feuchte/Wärme-Auslagerung bei 85°C/85 % rel. Luftfeuchte, Hochtemperaturlagerung bei 125°C für 500 h und Vibrationstests durchgeführt.

Abb. 3 stellt exemplarisch die Ergebnisse des Temperaturschocktests für PA6T/6I aufgelöst nach Bauelemente-

**Elektrische Ausfälle PA6T/6I -
Temperaturschock -40 °C/+125 °C**



- 150 Ω ≙ keine Ausfälle
- 280 Ω ≙ CR1206 ausgefallen
- 480 Ω ≙ CR1206 und CR0603 ausgefallen
- 720 Ω ≙ CR1206 und CR0805 ausgefallen

Abb. 3: Ausfallverhalten der Baugruppen im Temperaturschocktest

orientierung in Bezug auf die Spritzgussrichtung und das verwendete Lötverfahren (Konvektion bzw. Kondensation) dar.

Es zeigt sich, dass für beide Testparameter die Orientierung der Bauelemente einen großen Einfluss hat. Unabhängig vom Lötverfahren konnten hier nach 1000 Zyklen keine elektrischen Ausfälle für längsorientierte Bauelemente festgestellt werden. Die Ausfälle bei den quer zur Fließrichtung aufgebauten Bauelementen beschränken sich weitestgehend auf die Baugröße CR1206, was auf die aufgrund der Bauelementabmessungen höheren thermisch induzierten Spannungen zurückzuführen ist. Auffallend ist, dass nach 1000 Zyklen auch die kleinsten quer zur Fließrichtung aufgebauten Widerstände (CR0603) ausfallen, bei denen die thermischen Spannungen

eigentlich sehr gering sein sollten. Parallel dazu durchgeführte Simulationsuntersuchungen deuten allerdings darauf hin, dass bei der Bauform 0603 das Verhältnis aus Querschnitt zu Höhe des Bauelementes sehr ungünstig ist, wodurch die Ausfälle begründet werden können.

AUSBLICK

Die bisher erarbeiteten Ergebnisse zeigen das große Potenzial von HT-Kunststoffen für heißgeprägte, hochbeanspruchte MID-Baugruppen. Neben bisher schon sehr guten Ergebnissen zur Prägbarkeit und Langzeitverlässlichkeit im Temperaturschocktest -40°C/+125°C ist davon auszugehen, dass durch eine Optimierung der Schaltungsträgergeometrie sowie der Bauelementeauswahl und -bestückung eine weitere Steigerung der Zuverlässigkeit auch unter noch härteren Testbedingungen (Temperaturschocktest -40°C/ +150°C) erreicht werden kann. Das Forschungsvorhaben 259 ZN der Forschungsvereinigungen Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V. (HSG) und Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e.V. wird im Programm zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie über die AiF finanziert.

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

Drucken von Funktionsschichten auf thermoplastischen 3D-Baugruppen

Bei der Entwicklung hochinnovativer Produkte auf Basis thermoplastischer 3D-Baugruppen, z. B. in der Automobilindustrie, der Automatisierungs- und Medizintechnik, ist ein anhaltender Trend zur Miniaturisierung und Funktionsdichteerhöhung zu beobachten. Dadurch werden die heute verfügbaren Fertigungstechnologien vor neue Herausforderungen gestellt. Mithilfe der LPKF-LDS®-Technik können spritzgegossene 3D-Schaltungsträger (MID) mit feinen Leiterbahnstrukturen versehen werden, jedoch können damit keine weiteren Funktionsschichten beispielsweise für Widerstände, Isolatoren, Schutzschichten oder Sensoren erzeugt werden. Hier bieten Drucktechniken wie Siebdruck und Tampondruck aber vor allem auch Verfahren wie die Inkjet- und die neuartige aerosolbasierte M³D-Technologie vielfältige Ansätze zum additiven Aufbau von Funktionsschichten auf thermoplastischen Baugruppen.

Aktuell werden am HSG-IMAT im Rahmen eines AiF-Projekts Untersuchungen zur Erzeugung von Widerstandsstrukturen mit verschiedenen Drucktechniken durchgeführt. Dabei werden Widerstände direkt auf thermoplastische Bauteile gedruckt, um so diskrete Elemente und Sensoren aufzubauen.

INGESETZTE DRUCKTECHNIKEN

Beim Siebdruck wird eine thixotrope Paste mit einem elastischen Rakel

durch eine Schablone gepresst. Dadurch entsteht auf dem Substrat ein Abbild der Maske. Nach dem Druckprozess wird die Paste unter Temperatur ausgehärtet. Üblicherweise wird Siebdruck in der Elektroindustrie für das Aufbringen von Werkstoffen in Dickschicht- und Hybridtechnik eingesetzt und die Aushärtung der Paste findet bei sehr hohen Temperaturen statt. Mit kohlenstoffbasierten Pasten sind jedoch Aushärtetemperaturen von ca. 160°C realisierbar. Dadurch können auch Substrate wie FR4-Leiterplatten oder temperaturbeständige Thermoplaste eingesetzt werden. Mit entsprechenden Sieben und Pasten mit geringer Partikelgröße können Strukturbreiten von 300 µm und weniger erreicht werden.

Das Maskless Mesoscale Materials Deposition (M³D) Verfahren arbeitet berührungs- und maskenlos. Es erlaubt das Bedrucken von Kunststoffen, Keramiken, Glas und weiterer Materialien mit Werkstoffen wie z. B. Metallen, Polymeren und keramischen Werkstoffen. Der Schichtwerkstoff liegt dazu in einer geeigneten Formulierung ähnlich einer Suspension vor und wird zunächst in ein Aerosol überführt. Durch ein Prozessgas wird das Aerosol in einen Beschichtungskopf geleitet. Der Aerosolstrahl wird dort fokussiert und über eine Düse auf dem Substrat deponiert. Die abgeschiedene Schicht wird anschließend durch einen thermischen Sinterprozess oder ein integriertes

Lasermodul ausgehärtet. Minimale laterale Strukturgrößen bis unter 20 µm können damit realisiert werden.

WIDERSTÄNDE MIT SIEBDRUCK

Erste Untersuchungen zum Drucken von Widerständen mit Siebdruck wurden an strukturierten FR4-Leiterplatten durchgeführt. Dabei wurde eine kohlenstoffbasierte Paste mit einer Partikelgröße von max. 5 µm eingesetzt. Unterschiedliche Widerstandswerte werden durch Variation der Länge und Breite der Widerstände erzielt. Abb. 1 zeigt einen gedruckten Widerstand mit 500 µm Länge und 300 µm Breite auf einer FR4-Leiterplatte mit Pads aus einem Cu/Ni/Au-Schichtstapel.

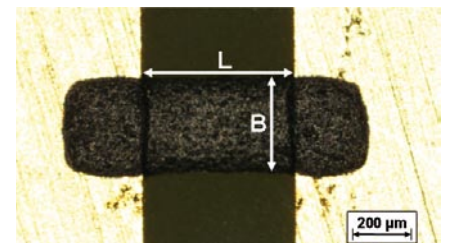


Abb. 1: Gedruckter Widerstand auf strukturierter FR4-Leiterplatte

Für Abmessungen von 300x300 µm² bis 2000x1200 µm² liegen die erzielten Widerstandswerte zwischen ca. 200 Ω und 10 kΩ. In Abb. 2 sind die Werte in Abhängigkeit des L/B-Verhältnisses dargestellt. Gegenstand weiterer Untersuchungen ist, Widerstände mit Siebdruck auf thermoplastische Substrate für die MID-Technik zu drucken und zu charakterisieren.

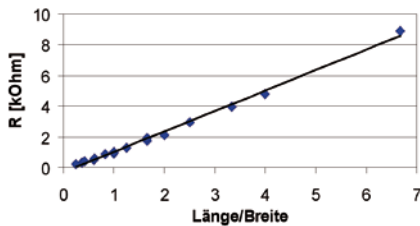


Abb. 2: Widerstandswerte für kohlenstoffbasierte Paste auf FR4-Leiterplatte

mente als auch Widerstandsstrukturen gedruckt werden.

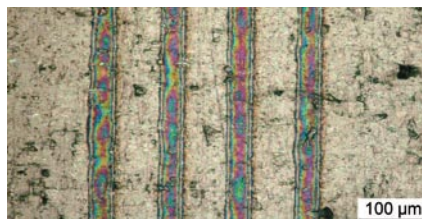


Abb. 3: Polymerbasierte Widerstandsstrukturen auf LCP-Substrat

WIDERSTÄNDE MIT M³D-TECHNIK

Zur Erzeugung von Widerständen mit der M³D-Technik wurden eine leitfähige Polymersuspension sowie eine Silberfarbe mit ca. 50 nm großen Partikeln verwendet. Als Substratmaterialien wurden laserdirektstrukturierbare Thermoplaste wie LCP, PA6/6T und ein PET+PBT-Blend verwendet. Pad-Strukturen zur Ankontaktierung für die elektrische Charakterisierung wurden auf den Substraten mit der LPKF-LDS[®]-Technik hergestellt. Abb. 3 zeigt polymerbasierte Widerstandsstrukturen beispielhaft auf einem LCP-Substrat. Die erzielten Widerstände liegen je nach Widerstandsgeometrie im ein- bis zweistelligen kΩ-Bereich.

In Abb. 4 sind Widerstandsstrukturen aus Silber auf einem PET+PBT-Substrat dargestellt. Der spezifische Widerstand liegt ca. 4x bis 10x höher als der von Bulk-Silber. Die Bandbreite der erzielten Widerstandswerte reicht je nach Geometrie von wenigen Ω bis zu mehreren 100 Ω. Somit können sowohl niederohmige Verbindungssele-

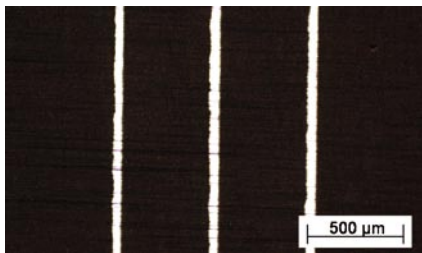


Abb. 4: Widerstandsstrukturen aus Silber auf PET+PBT-Substrat

GEDRUCKTE SENSOREN

Die gedruckten Widerstände sind grundsätzlich für widerstandsbasierte Sensorelemente geeignet. Abb. 5 zeigt eine erste mit M³D-Technik abge- schiedene Silber-Struktur, die unter Ausnutzung des Widerstandstemperaturkoeffizienten als Temperatursensor eingesetzt werden kann. Der Widerstand beträgt ca. 100 Ω.

Gegenstand weiterer Untersuchungen sind durch Drucken hergestellte Dehnungssensoren. Ein großer Vorteil von direkt auf das zu charakterisierende Substrat gedruckten Sensorstrukturen ist, dass der Sensor unmittelbar mit dem Substrat verbunden ist und nicht,

wie z. B. bei Folien-Dehnmessstreifen üblich, aufgeklebt wird, weshalb keine Einflüsse der Montage eliminiert werden müssen.

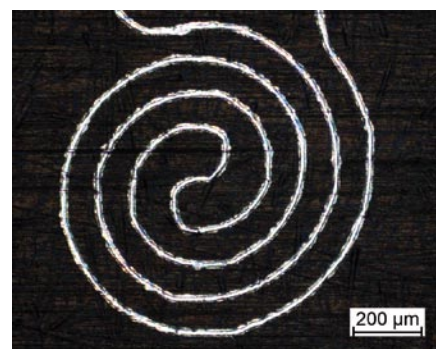


Abb. 5: Temperatursensorstruktur aus Silber auf PET+PBT-Substrat

Das Forschungsvorhaben 15663N der Forschungsvereinigung Hahn-Schickard-Gesellschaft für angewandte Forschung e.V. (HSG) wird im Programm zur Förderung der „Industriellen Gemeinschaftsforschung (IGF)“ vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie über die AiF finanziert.

Kontakt: Dipl.-Ing. Hannes Willeck

Telefon: +49 711 685-84780

E-Mail: willeck@hsg-imat.de

Kapazitive Neigungssensoren

EINLEITUNG

Neigungssensoren ermitteln den Lagewinkel eines Objekts bzgl. des Gravitationsfeldes der Erde. Einsatzgebiete sind z. B. der Automobilbau, der Sonderfahrzeugbau, die Automatisierungstechnik, die Konsumelektronik, die Messtechnik, die Medizintechnik, etc.. Beispielsweise wird an Kränen und Baggern der Neigungswinkel der Ausleger erfasst um das Umkippen der Maschinen zu verhindern, Krankenbetten bzw. OP-Tische werden über Neigungssensoren nivelliert und in modernen Spielekonsolen fließt der Neigungswinkel des Controller-Joysticks mit in die Steuerung des Computerspiels ein.

FUNKTIONSPRINZIP

Das Funktionsprinzip des am HSG-IMAT entwickelten fluidischen Neigungssensors beruht auf der Kapazitätsänderung einer neigungsabhängigen Differenzial-Kapazitäts-Anordnung. Die eigentliche Sensorzelle wird mittels semiadditiver Laser-MID-Technik aufgebaut und besteht aus zwei MID-Gehäusehälften sowie einer eingeschlossenen dielektrischen Flüssigkeit. Durch die beiden Gehäusehälften wird eine zylindrische Kavität gebildet, die zur Hälfte mit der dielektrischen Flüssigkeit gefüllt ist. In einer Gehäusehälfte sind zwei halbkreisförmige Elektroden, in der anderen Gehäusehälfte eine kreisförmige Elektrode untergebracht.

Abb. 1 zeigt den Aufbau schematisch.

Bei Neigung des Gehäuses bzgl. der Horizontalen behält die Flüssigkeit aufgrund der Gravitationskraft ihre Lage bei. Über die Elektrodenkonfiguration wird eine vom Neigungswinkel abhängige Differenzkapazität zwischen den Elektrodenpaaren gebildet, die von einer Elektronik ausgewertet wird. Der Messbereich der dargestellten Elektrodenkonfiguration ermöglicht die Erfassung des Neigungswinkels im Bereich von $\pm 90^\circ$.

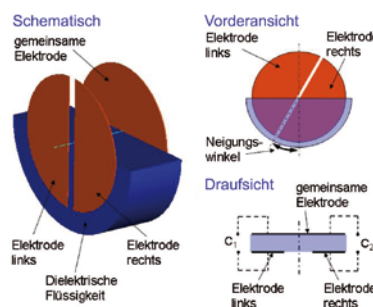


Abb. 1: Funktionsprinzip

DEMONSTRATOR

Im Vorhaben AiF-14742N wurde ein Neigungssensor-Demonstrator in MID-Technik ausgelegt, aufgebaut und charakterisiert. Abb. 2 zeigt die beiden MID-Gehäusehälften aus Liquid Crystal Polymer (LCP), die mit einer Cu/Ni/Au-Metallschicht und laserstrukturierten Trenngräben versehen sind. Am Deckel sind 10 Kontaktpins angespritzt um die elektrische Verbindung der Sensorzelle zur Leiterplatte zu ermöglichen.

Die flüssigkeitsdichte Verbindung von Deckel und Boden erfolgt mittels Kleben. Über eine Bohrung im Boden wird

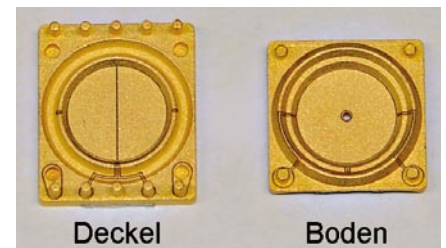


Abb. 2: MID-Gehäusehälften

die dielektrische Flüssigkeit in die Kavität gefüllt. Das Verschließen dieser Befüllöffnung erfolgt durch selektives Löten. Mit $15,4 \times 13 \times 2,8 \text{ mm}^3$ weist die Sensorzelle kompakte Abmessungen auf. Die SMD-Montage der Sensorzelle auf der Leiterplatte erfolgt über leitfähiges Kleben mit zusätzlichem Underfiller. Eine vollständig auf Leiterplatte aufgebaute Sensorzelle mit zugehörigem Auswertechip ist in Abb. 3 dargestellt.

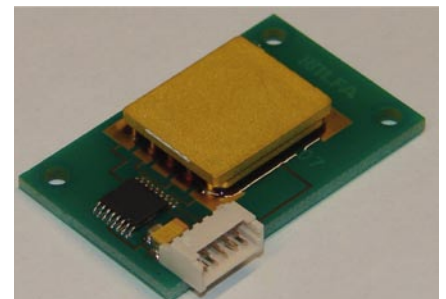


Abb. 3: MID-Neigungssensor

CHARAKTERISIERUNG

Die Charakterisierung der aufgebauten Neigungssensoren erfolgte am Neigungssensor-Prüfstand des HSG-IMAT. Dabei zeigen die Neigungssensoren über weite Bereiche ihres Messbereichs ein zum Neigungswinkel propor-

tionales Ausgangssignal. Im einfachsten Fall erfolgt die Kalibration der Sensorzelle über die Aufnahme von nur zwei Kalibrationsstützpunkten bei Raumtemperatur, durch welche eine lineare Kalibrationskennlinie gelegt wird. Die exemplarische Vermessung eines Neigungssensors auf dem Prüfstand mit entsprechender Kalibration zeigt Abb. 4.

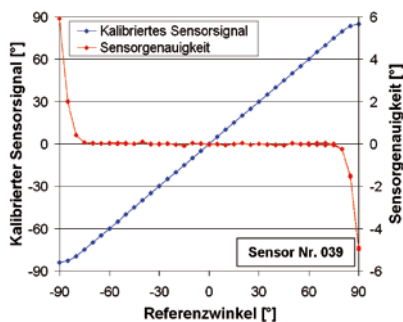


Abb. 4: Messung MID-Neigungssensor

Selbst mit dieser einfachen linearen Kalibration zeigt der Neigungssensor im Messbereich von $\pm 70^\circ$ Neigung eine Standardabweichung der Sensorgenauigkeit von weniger als $0,1^\circ$, im Messbereich von $\pm 45^\circ$ sogar nur eine Standardabweichung von $0,04^\circ$ bei Raumtemperatur. Mit einer aufwändigeren Kalibrationskennlinie kann die Genauigkeit noch gesteigert werden. Die Untersuchung und Auswertung des Temperaturganges der Sensorzelle von -15°C bis $+70^\circ\text{C}$ ergab, dass für viele Anwendungen eine Kalibration bei Raumtemperatur ausreichend sein sollte, da die Sensorzellen nur geringen Exemplarstreuungen unterliegen.

Der Neigungssensor zeigt sich sehr unempfindlich gegenüber Neigungen senkrecht zu seiner sensitiven Achse. Im Messbereich von $\pm 70^\circ$ führen Querneigungen kleiner $\pm 30^\circ$ zu einem Winkelfehler weniger als $\pm 0,05^\circ$. Im Rahmen eines Temperaturschocktests (1000 Zyklen, -40°C bis 85°C) wurden Zuverlässigkeitsuntersuchungen durchgeführt. Dabei zeigte sich kein Ausfall einer Sensorzelle und die Genauigkeit der Sensorzelle vor/nach dem Test lag im Rahmen der Reproduzierbarkeit der Aufspannung der Sensorzelle auf dem Prüfstand.

AUSBLICK

Die Neigungssensortechnologie des HSG-IMAT wird derzeit im Rahmen von Projekten mit MicroMountains Applications AG an den Industriepartner 2E mechatronic GmbH & Co. KG transferiert. Für die industrielle Umsetzung des Neigungssensors wird auf eine leiterplattenbasierte Aufbautechnik anstatt der MID-Technik zurückgegriffen. Diese Aufbautechnik bietet trotz etwas schlechterer Performance durch ein Baukastenprinzip, geringere Einstiegskosten und einfache kundenspezifische Layouts deutliche Vorteile. Für einige Varianten wurde der Messbereich auch auf volle 360° erweitert. Abb. 5 zeigt einen derartigen Neigungssensor, welcher als Leiterplatten- oder gehäusete Variante erhältlich sein wird.

Bei einer Baugröße von $79 * 26 * 15 \text{ mm}^3$ inklusive Elektronik erreicht die Sensor-



Abb. 5: Sensor von 2E mechatronic

zelle eine Auflösung von weniger als $0,01^\circ$. Bei geeigneter Kalibration wird eine Genauigkeit von $\pm 0,1^\circ$ über den Messbereich, Temperatureffekte, Querneigung und Alterung avisiert. Der Serienstart für den Neigungssensor von 2E mechatronic GmbH & Co. KG ist auf Mitte 2009 geplant.

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

Hochgenaue Mikrodosiertechnik

EINLEITUNG

In der Gruppe „Sensoren und Aktoren“ zählt die hochgenaue Mikrodosiertechnik zu den neueren Forschungsgebieten des HSG-IMAT. Die Dosierung und Förderung von flüssigen Stoffen unterschiedlicher Viskosität umfasst ein äußerst breites Spektrum von Anwendungen im industriellen Bereich und im Consumerbereich. Häufig gestellte Anforderungen sind dabei auf der einen Seite eine hohe Dosiergenauigkeit und Reproduzierbarkeit sowie auf der anderen Seite ein möglichst geringer Energieverbrauch. Um unerwünschte Wechselwirkungen mit der Umgebung auszuschließen, ist es in vielen Fällen notwendig, dass die zu fördernde Flüssigkeit kontaminationsfrei gehandhabt wird. Dies gilt insbesondere für die Dosierung von empfindlichen oder aggressiven Flüssigkeiten, wie sie beispielsweise in der Verfahrens- oder Medizintechnik zum Einsatz kommen. Für diese Aufgaben bildet die am HSG-IMAT erarbeitete und zum Schutzrecht angemeldete Dosiertechnik einen neuartigen Lösungsansatz, der durch sein simples Funktionsprinzip besticht.

FUNKTIONSPRINZIP

Das Funktionsprinzip ist in Abb. 1 schematisch dargestellt. Innerhalb eines Gehäuses befindet sich ein magnetisierbarer Pumpkörper, der sich zwischen zwei Positionen hin und her bewegen kann und dabei Flüssigkeit verdrängt.

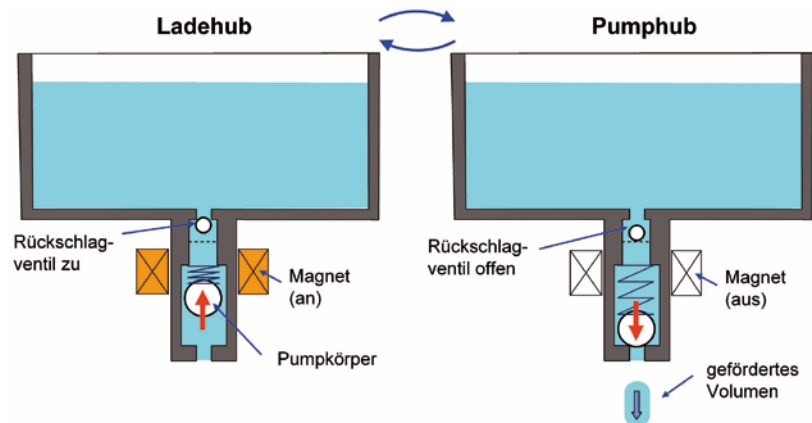


Abb. 1: Funktionsprinzip der Dosiertechnik des HSG-IMAT

Angezogen durch das Magnetfeld des Antriebs bewegt sich der Pumpkörper im Ladehub entgegen der Förderrichtung der Flüssigkeit – im Bild nach oben – und spannt dabei eine Feder. Durch ein Rückschlagventil wird erreicht, dass die verdrängte Flüssigkeit nicht in den Vorratsbehälter zurückfließt, sondern durch den Spalt zwischen Pumpkörper und Gehäusewand in den Bereich unterhalb des Pumpkörpers gelangt.

Mit dem Abschalten des Elektromagneten beginnt der sogenannte Pumphub. Die Feder drückt den Pumpkörper in seine Ausgangsposition zurück und schiebt dabei eine definierte Flüssigkeitsmenge durch den Auslass des Gehäuses. Durch das geöffnete Rückschlagventil strömt aus dem Vorratsbehälter Flüssigkeit in die Pumpkammer nach.

VORTEILE DER TECHNIK

Ein wesentlicher Vorteil der neuartigen Mikrodosiertechnik besteht in der vollständigen Trennung von Antrieb und Pumpeinheit. Die Pumpeinheit umfasst im einfachsten Fall lediglich die Pumpkammer aus Kunststoff, zwei Kugeln sowie eine Feder. Sie kann damit als kostengünstiges Einweg-Element bereits direkt in den Vorratsbehälter integriert sein. Da bei jedem Austausch des Vorratsbehälters eine neue Pumpeinheit mitgeliefert wird, ist die kontaminationsfreie Handhabung des zu fördernden Fluids gewährleistet.

Ein weiterer Vorteil ist die hohe Genauigkeit der geförderten Menge. Diese kann weitgehend unabhängig von der Viskosität der Flüssigkeit durch den Hub und die Taktfrequenz des Pumpkörpers eingestellt werden. Im Dauerbetrieb kann mit dem System so ein Förderratenbereich von ca. 0,5 ml/h bis über 1000 ml/h abgedeckt werden.

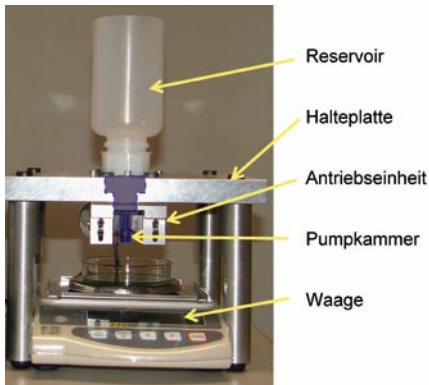


Abb. 2: Seifenspender-Demonstrator

Im deaktivierten Zustand ist das System nach außen hin dicht, da die Feder den Pumpkörper im unbestromten Zustand gegen den Auslass des Gehäuses drückt. Dadurch wird ein Nachtropfen ebenso wie ein Eintrocknen der Pumpeinheit wirkungsvoll verhindert.

ELEKTRISCHER SEIFENSPENDER

Im Rahmen der Forschungsarbeiten am HSG-IMAT wurde ein elektrischer Seifenspender aufgebaut (Abb. 2), mit dem die Funktion und die Vorteile der neuartigen Dosiertechnik gezeigt werden konnten. Dabei wurde ein modulares, flexibles Aufbaukonzept für Pumpeinheit und Antrieb realisiert. Die ersten Messungen zur Fördergenauigkeit und zum Energieverbrauch des Gesamtsystems zeigen das große Potenzial der Dosiertechnik. Mit zwei verschiedenen Flüssigseifen von deutlich unterschiedlicher Viskosität wurde jeweils eine Dosiergenauigkeit besser als $\pm 1,5\%$ erreicht (Abb. 3).

Bereits mit diesem ersten Aufbau wurde damit eine Dosiergenauigkeit erreicht, die auch Anwendungen mit höheren Genauigkeitsanforderungen gerecht werden kann. Als Maß für den Energieverbrauch des Antriebs wurde der Seifenspender über einen Zeitraum von 21 Tagen mit zwei 1,5 V Babyzellen betrieben, wobei insgesamt 45.000 Pumphübe durchgeführt wurden. Auf Basis der dabei gewonnenen Batterieentladungskurve wurde die Gesamtzahl der möglichen Pumphübe konservativ auf 63.500 extrapoliert. Dieser Wert ist zu den am Markt erhältlichen Dosiersystemen mit Batteriebetrieb konkurrenzfähig.

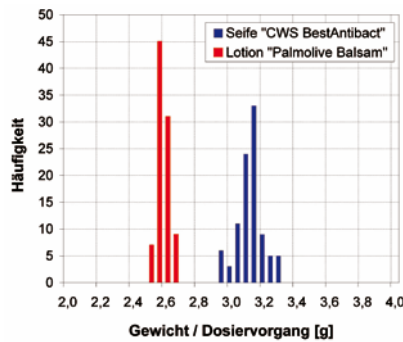


Abb. 3: Dosiergenauigkeit, $\sigma = 1,5\%$

SIMULATIONSMODELLE

Um die Untersuchungen zur Dosiertechnik auf eine gute theoretische Basis zu stellen, wurden am HSG-IMAT umfangreiche Simulationsmodelle für die elektromagnetische Antriebseinheit erarbeitet. Damit kann der Einfluss von Material- und Geometrieparametern auf die erreichte Maximalkraft und den Energieverbrauch des Antriebs be-

stimmt werden. So wird beispielsweise mit dem in Abb. 4 gezeigten Antrieb (2) bei gleicher elektrischer Leistung eine um 22% höhere Pumpkraft im Vergleich zum bisherigen Antrieb (1) erreicht und gleichzeitig das Gesamtgewicht um 75% reduziert. Im Rahmen weiterer Arbeiten wird die Pumpe derzeit über ein elektrisches Netzwerkmodell nachgebildet.

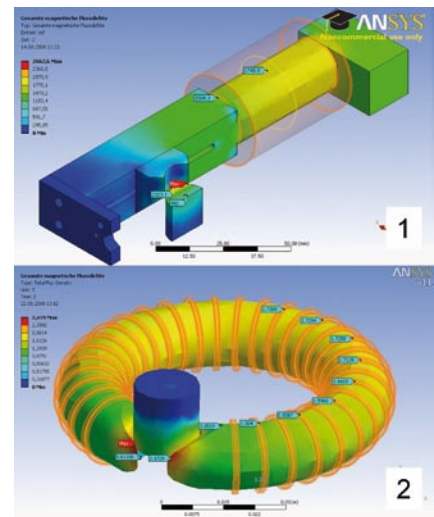


Abb. 4: Elektromagn. Simulation

Die Ergebnisse der Simulationen fließen derzeit in den Aufbau der nächsten Generation des elektrischen Seifenspenders ein. Geplant ist dabei unter anderem, eine Laufzeit im Batteriebetrieb zu realisieren, die von keinem bisher bekannten System erreicht wird.

Kontakt: Dipl.-Ing. Karl-Peter Fritz

Telefon: +49 711 685-84792

E-Mail: fritz@hsg-imat.de

Anfertigung einer Kleinserie von Modulen für interaktive Braille-Displays in Laser-MID-Technologie

EINLEITUNG

Mit der zunehmenden Verbreitung von Computeranwendungen wächst bei blinden oder stark sehbehinderten Menschen das Bedürfnis, an den heutigen Formen der Kommunikation, die sehenden Menschen insbesondere mit Hilfe von PCs zur Verfügung stehen, teilzunehmen und weitgehend uneingeschränkt mit Computern arbeiten zu können. Dies beinhaltet vor allem den Zugang zu graphischen Informationen und Windows-basierten Anwendungen sowie die Nutzung des Internet in vollem Umfang.

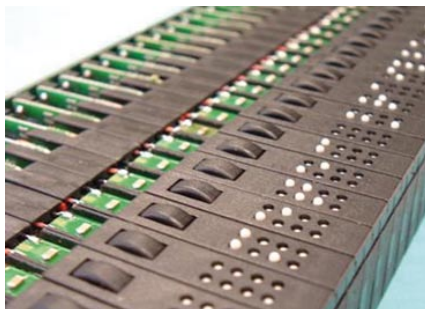


Abb. 1: Braille-Zeile

Für die bisherige Darstellung von Braille-Symbolen der Blindenschrift existieren sogenannte Braille-Zeilen (Abb. 1), die das zeilenweise Buchstaben-Lesen gestatten, dem Benutzer jedoch keinerlei Interaktionen ermöglichen.

NEUES BRAILLE-MODUL

Um nun blinden und sehbehinderten Menschen die Möglichkeit zu geben, textliche und graphische Informationen taktil zu erfassen sowie gleichzeitig Interaktionen zu ermöglichen, wurde unter Federführung durch die Metec AG

in Stuttgart ein neuartiges Braille-Modul mit 10 Stiften und einem integrierten Touchsensor entwickelt, welches die Möglichkeiten der Mausbedienung und Internet-Anwendungen bietet (Abb. 2)

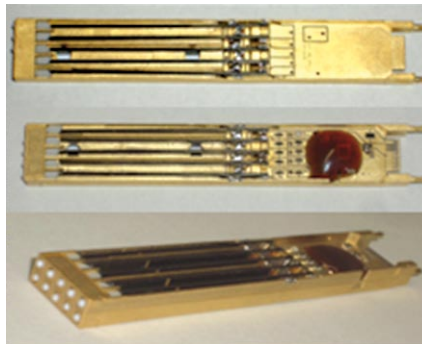


Abb. 2: Braille-Modul

Aus 720 dieser Module wird bei Metec ein zweidimensionales Braille-Display aufgebaut, welches die Größe einer DIN A4 Seite besitzt und insgesamt 7200 Braille-Stifte über Piezoaktuatoren ansteuern kann. Jedes einzelne Modul wird über einen seriellen Bus gesteuert und besitzt einen kapazitiven Touchsensor (Abb. 3). Die Module sind in Laser-MID-Technologie hergestellt und mit 14 SMD-Bauteilen bestückt, welche mit Leitleber kontaktiert werden. Zu den weiteren Aufgaben des HSG-IMAT gehören die Nacktchip-Montage sowie das Drahtbonds von Chip zu Chip und Chip zu Substrat.

Eine weitere Herausforderung an dieses MID-Bauteil war die elektrische Isolation der Spannung von 200 V, die für die Ansteuerung der Piezoaktuatoren über einen Hochvolt-Chip benötigt

wird. Auch die Steckverbindung ist in Laser-MID-Technologie auf dem Modul integriert.

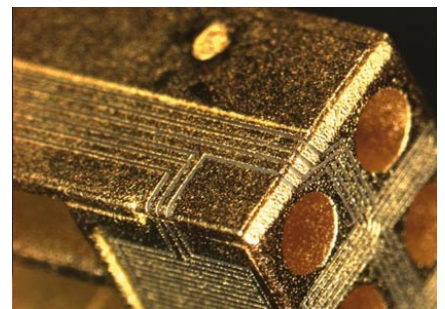


Abb. 3: Touchsensor

LASER-MID-TECHNOLOGIE

Für die Herstellung der Module wird die Laser-MID-Technologie verwendet, bei welcher die Laserstrukturierung nach der Startmetallisierung der Spritzgießteile mit Kupfer stattfindet. Anschließend folgt ein Reinigungsprozess und die Nachverstärkung mit Nickel und Gold. Die mit dieser Technologie realisierten Pitches liegen bei 140 μm , wobei die Leiterbahnbreite 85 μm beträgt und die Isolationsbreite 55 μm (Abb. 4).



Abb. 4: Kammstruktur mit sehr feinem Pitch

Diese feinen Pitches werden hauptsächlich für die Kammstrukturen im Sensorbereich des Moduls benötigt.

TOUCHSENSOR

Zu Beginn des Projekts wurden verschiedene Untersuchungen und Optimierungen durchgeführt, wobei die Ausführung des Touchsensors eine der großen Herausforderungen darstellte (s. Jahresbericht 2003). Die Sensorfläche wurde durch eine kapazitive Sensorstruktur (Abb. 5, 6) ausgeführt, deren Kapazität sich bei Annäherung oder Berührung durch einen Finger ändert.

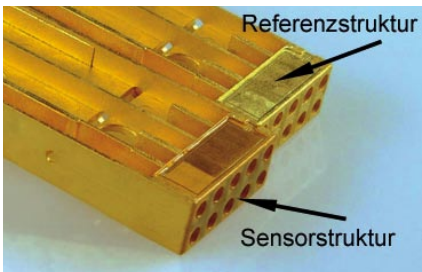


Abb. 5: Sensor- und Referenzstruktur

Mit Hilfe einer Referenzstruktur (Abb. 5) wird diese Kapazitätsänderung in einem ASIC, der im IMS Stuttgart entwickelt und gefertigt wurde, detektiert und ausgewertet.

Die Sensorstruktur wird durch einen hoch abriebfesten und hoch isolierenden Schutzlack (Abb. 6) mit einer Schichtdicke von 20 – 50 µm bedeckt. Die Leiterbahn- und Isolationsbreite der Kammstrukturen sowie die Schichtdicke wurden optimiert, um möglichst

große Kapazitätsänderungen zu erhalten.



Abb. 6: Sensor mit und ohne Schutzlack

Die Tests der Sensorik wurden auch mit blinden Personen durchgeführt, um vor allem die gewünschte Mausclickfunktion zu validieren.

TECHNOLOGIEOPTIMIERUNG

Weitere Untersuchungen zur Spannungsfestigkeit beinhalteten Durchschlagstests mit Spannungen bis zu 300 V und Leckstromtests. Hier wurden ebenfalls verschiedene Leiterbahnbreiten und Isolationsbreiten auf ihre Durchschlagsfestigkeit hin getestet. Die Isolierung der benötigten Spannung von 200 V konnte mit 300 µm breiten Isolationsgräben im vorgesehenen Bereich realisiert werden. Ein weiterer wichtiger Teil der Untersuchungen waren Tests mit verschiedenen Leitklebern zur Kontaktierung der SMD-Bauteile (Abb. 7) und der beiden ASICs. Es wurden verschiedene Trocknungszeiten untersucht und Temperaturschocktests sowie Feuchte-Wärme-Tests durchgeführt. Aufgrund der Messungen bei den

anschließenden Schertests konnte der geeignete Leitkleber für diese Anwendung bestimmt werden.

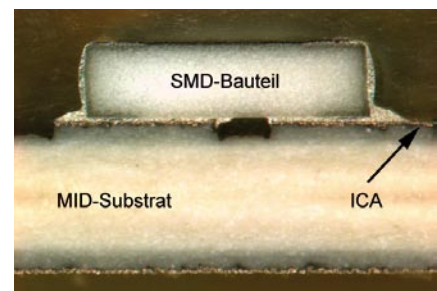


Abb. 7: SMD-Bauteil mit Leitkleber

PROZESSKETTE

In Abbildung 8 sind die Prozesskette und der Fertigungsablauf für die Braille-Module dargestellt. Für das Qualitätsmanagement wurde eigens eine Datenbank programmiert, um sämtliche Messergebnisse während der Fertigung zu erfassen und hinsichtlich einer Fehleranalyse statistisch auswerten zu können. Zudem wurde ein Werkstückträgerkonzept entwickelt (Abb. 9) in dem 4 Module gleichzeitig prozessiert werden können, wobei Werkstückträger A (WST A) für den Laserprozess, das Bestücken und die die Nacktchipmontage, das Bonden und alle elektrischen Tests eingesetzt wird. Für den Laserprozess wird zusätzlich Werkstückträger B (WST B) benötigt. Nach der Eingangsprüfung der angelieferten Spritzgießteile wird die Startmetallisierung mit Kupfer durchgeführt, mit anschließender Kontrolle der Schichtdicke. Nach der Laserstrukturierung werden die Module

elektrisch auf Kurzschlüsse getestet. Auf die Ni/Au-Beschichtung folgt eine weitere Kontrolle der Schichtdicke und ein zweiter elektrischer Test wieder auf Kurzschlüsse.

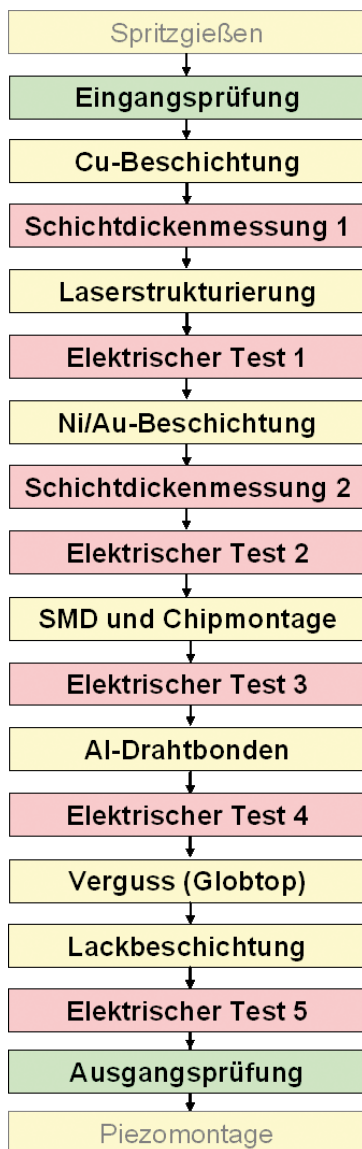


Abb. 8: Fertigungsprozesskette

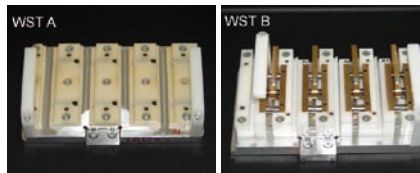


Abb. 9: Werkstückträger

Für die elektrischen Tests stehen jeweils zwei computergesteuerte Messsysteme zur Verfügung und sämtliche Metallisierungs- und Reinigungsprozesse werden in der Metallisierungsanlage (Abb. 10) durchgeführt.



Abb. 10 : Metallisierungsanlage

In weiteren Prozessschritten folgt das Dispensieren des Leitklebers, die Bestückung der SMD-Bauteile sowie die Nacktchip-Montage mit anschließendem elektrischen Test 3. Nach dem Aludrahtbonden können bereits alle elektrischen Funktionen mit dem elektrischen Test 4 geprüft werden. Der Abschlussstest 5 wird nach dem Vergießen der Chips und der Lackbeschichtung des Sensors mit dem Tampondruckverfahren durchgeführt. Nach der Ausgangskontrolle werden die Module ausgeliefert. Bei der Fa. Metec erfolgt die Piezo- und die Gesamtmontage des Displays (Abb. 11).



Abb. 11: Interaktives Braille-Display

ZUSAMMENFASSUNG

In diesem Projekt wurde die Fertigungsprozesskette für ein hoch komplexes MID-basiertes mechatronisches Modul optimiert. Die MIDs enthalten einen integrierten Touchsensor und einen integrierten Steckverbinder. Neben 2 ASICs werden 14 SMD-Bauteile sowie 10 Piezoaktuatoren aufgebaut, was eine Isolation von 200 V erfordert. In einem sehr robusten Produktionsprozess in semiadditiver Laser-MID-Technologie wurde nach Durchlaufen einer Lernkurve eine sehr gute Ausbeute erreicht.

Kontakt: Dr. Manfred Schubert
Telefon: +49 711 685-83718
E-Mail: schubert@hsg-imat.de

Publikationen & Marketing

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

Lehrveranstaltungen

VORLESUNGEN

H. Kück

Grundlagen der Mikrotechnik mit
Übungen

H. Kück

Aufbau- und Verbindungstechnik für
Mikrosysteme mit Übungen

B. Martin

Ausgewählte Messverfahren der Fein-
und Mikrotechnik

R. Mohr

Elektronik für Mikrosystemtechniker

R. Mohr

Elektronische Bauelemente in der
Mikrosystemtechnik

B. Bertsche, E. Göde, H. Kück,

E. Laurien, E. Westkämper

Einführung in den Maschinenbau

H. Kück, R. Mohr, M. Schober

Modellierung und Simulation in der
Mikrosystemtechnik

SEMINAR

Seminar der Mikrosystemtechnik

KOLLOQUIUM

Kolloquium der Mikrosystem- und
Feinwerktechnik

PRAKTIKA

Hauptfachpraktikum Mikrosystem-
technik

APMB Allgemeines Praktikum
Maschinenbau

Elektronikpraktikum

EXKURSIONEN

Ziel: HSG-IMIT,
Villingen-Schwenningen
05.02.2008, 25 Teilnehmer

Ziel: Robert Bosch GmbH,
Immenstadt
17.07.2008, 15 Teilnehmer

Studienarbeiten & Diplomarbeiten • Promotionen

IN 2008 ABGESCHLOSSENE STUDIENARBEITEN

Alscher, Sebastian

Ermittlung der kritischen Bearbeitungsparameter beim Senkerodieren
Betreuer: Dipl.-Ing. K. Hofmann

Bobrowski, Sebastian Paul

Design and Fabrication of a Piezo-electric MEMS Device Using a PZT Thin Film
Betreuer: Mr. Adams (Rose-Hulman Institute of Technology, Terre Haute)
Kontaktperson: Prof. Dr. H. Kück

Burger, Florian

Grundlegende Untersuchungen zur Abscheidung von nanoskaligen Silber- und Polymersuspensionen auf MID- und Glas-Substraten
Betreuerin: Dr. B. Obliers-Homrich

Dirr, Andreas

Auslegung und Konstruktion einer Temperaturkammer für einen Röntgen-tomographen
Betreuer: Dipl.-Ing. P. Buckmüller

Konstantin, Georg

FEM-Analysen zu einem spiralförmigen thermisch aktivierten Biegewandler
Betreuer: Dipl.-Ing. M. Schober,
Dr.-Ing. V. Mayer

Lingel, Ralph

FEM-Simulation von kapazitiven Sensorstrukturen für die Laser-MID-Technik
Betreuer: Dipl.-Ing. R. Mohr,
Dr.-Ing. M. Schubert

Mannal, Christoph

Konzeption, Konstruktion, Aufbau und Charakterisierung eines elektrischen Seifenspenders
Betreuer: Dipl.-Ing. F. Wolter

Ning, Jianli

Neigungsschalter mit Wälzkörper
Betreuer: Dr.-Ing. D. Benz

IN 2008 ABGESCHLOSSENE DIPLOMARBEITEN

Ning, Jianli

FEM-Modellierung der Elektromechanik induktiver kinetischer Energyharvester
Betreuer: Bernd Folkmer (HSG-IMIT)

PROMOTIONEN

D. Benz

Untersuchungen zum Aufbau von Neigungswinkelsensoren aus kunststoffbasierten Bauteilen

V. Mayer

Untersuchungen zu optischen Drehgebern mit mikrostrukturierten Maßverkörperungen aus Kunststoff

Messebeteiligungen • Mitwirkung in Gremien

MESSEBETEILIGUNGEN

SMT/HYBRID/PACKAGING,
Nürnberg, 03.-05.06.2008

Tag der Wissenschaft,
Stand im Pfaffenwaldring 9,
Institutsbesichtigung,
Universität Stuttgart, 21.06.2008

MID-Kongress in Fürth
24./25.09.2008

MiNaT, Neue Messe Stuttgart,
07.-09.10.2008

Electronica
München, 10.-14.11.2008

MITWIRKUNG IN GREMIEN

W. Eberhardt
Stellvertretender Vorsitzender Fach-
ausschuss 5.5 „Aufbau- und Verbin-
dungstechnik“ der GMM (ab Juni 2008)

U. Keßler
Mitglied der DVS AG A2.4 Bonden

H. Kück
Mitglied im Kuratorium der Steinbeis-
Stiftung

Mitglied im Aufsichtsrat der Micro-
Mountains Applications AG

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

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

Mitglied im Wissenschaftlichen Rat
der AiF

Mitglied im Fachbeirat des „Kom-
petenznetz MAHREG Automotive“



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 & Veröffentlichungen

W. Eberhardt, „**Hochfunktionale miniaturisierte MID-Baugruppen als komplexe Verbundsysteme**“, Forum Industrielle Gemeinschaftsforschung für den Mittelstand - Interface / Verbunde, Dresden, 26.06.2008

W. Eberhardt, „**MID Technologies for Polymer Based Multifunctional 3D Packages**“, 4M Network of Excellence, Industrial Workshop on Integration in Micromanufacturing, MiNaT, 09.10.2008

K. Hofmann, L. Staemmler, H. Kück, „**Manufacturing and verification of tools for ECF**“, Proceedings of the 4th International Conference on Multi-Material Micro Manufacture, Cardiff, 04.-11.09.2008

D. Hopp, Ch. Pruss, W. Osten, J. Seybold, V. Mayer, H. Kück, „**Hochauflösender optischer Drehgeber in Low-Cost-Bauweise**“, Deutsche Gesellschaft für angewandte Optik, DGaO Proceedings 2008
– <http://www.dgao-proceedings.de>
– ISSN: 1614-8436

H. Kück, „**Innovative Anwendungen der MID-Technik**“, Rehm-Technologie-Tage, 06.-07.03.2008

H. Kück, „**Neue Möglichkeiten in der Medizintechnik durch 3D-MID**“, 2. COMPAMED Frühjahrsforum, Aachen, 19.06.2008

H. Kück, „**Potenziale von MID-Techniken für den Aufbau von mechatronischen Systemen und Mikrosystemen**“, Mechatronik-Tage, Karlsruhe, 15.-16.09.2008

H. Kück, K.-P. Fritz, „**Entwicklung von miniaturisierten Dosiereinrichtungen und Ventilen im HSG-IMAT**“, Mitgliederversammlung der HSG, Villingen-Schwenningen, 18.11.2008

V. Mayer, M. Schneider, J. Seybold, T. Botzelmann, K.-P. Fritz, H. Kück, „**Innovativer hochauflösender inkrementeller optischer Drehgeber**“, Proceedings 14. GMA/ITG-Fachtagung Sensoren und Messsysteme, Ludwigsburg, 11.-12.03.2008

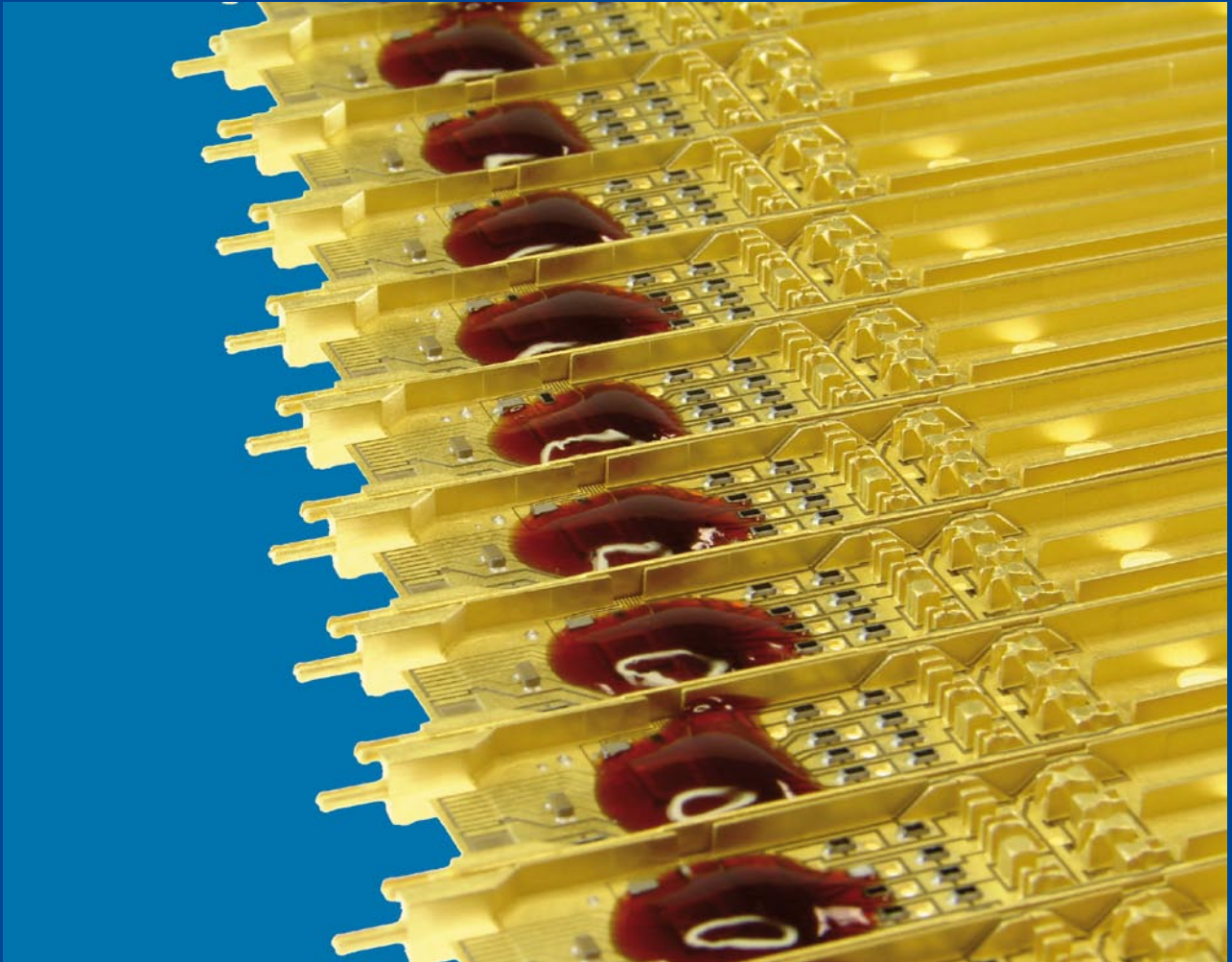
V. Mayer, M. Schneider, J. Seybold, T. Botzelmann, K.-P. Fritz, H. Kück, „**New High Resolution Optical Incremental Rotary Encoder**“, Smart Systems Integration, Barcelona, Spain, 09.-10.04.2008

R. Mohr, „**Mikrosystemtechnik macht Messung exakter**“, transmitter 3/2008

B. Obliers-Hommrich, A. Fischer, H. Willeck, W. Eberhardt, H. Kück, „**Single- and multi-layer conductive patterns fabricated using M³D technology**“, Proceedings of the 4th International Conference on Multi-Material Micro Manufacture, Cardiff, 09.-11.09.2008

M. Schubert, D. Ahrendt, U. Keßler, H. Willeck, W. Eberhardt, A. Fischer, H. Kück, H. Richter, K. Warkentin, U. Grotz, U. Baumann, E. Schäfer, „**Interactive Braille Display with Integrated Touch Sensor by Laser MID Technology**“, 8th International Congress Molded Interconnect Devices, Fürth, 24.-25.09.08

F. Schüßler, H. Richter, A. Gardocki, „**Molded Interconnect Devices for Applications with Advanced Thermal Requirements**“, 8th International Congress Molded Interconnect Devices, Fürth, 24.-25.09.08



Braille-Module

Redaktion Ulrich Allgeier
Mitarbeiter der Abteilungen
Moritz Faller

Gestaltung Monika Teichner
Moritz Faller

Druck Müller Offset Druck
Villingen-Schwenningen

© Copyright HSG-IMAT 2009
ISSN 1861-7220

