

Elektronisches Bauteil aus wärmeleitfähigem Polyphthalamid-Compound (Bilder: Ensinger)

Thermisch stabil und wärmeleitfähig

Maßgeschneiderte Compounds für 3D-Mikrobauteile

Der aktuelle Stand der Kunststoffentwicklung erlaubt das Aufbringen kleiner, leitfähiger Strukturen auf dreidimensionalen Mikrobauteilen. Als geeignete Materialien für diesen Bereich finden wärmeleitfähige Compounds auf Basis von Hochtemperaturkunststoffen anspruchsvolle Herausforderungen.

Molded Interconnect Devices (MID) integrieren Leiterbahnen und elektrische Schaltungen direkt in dreidimensionale, fast beliebig formbare Kunststoffbauteile. Werkstücke sind dabei gleichzeitig Gehäuse und Leiterplatte. Unternehmen können mit den spritzgegossenen Schaltungsträgern kleinere, leichtere und kostengünstigere Bauteile entwickeln als es mit klassischen Leiterplatten möglich wäre. Zudem ermöglichen dreidimensionale MID-Systeme die Integration zusätzlicher Funktionen. Die Forschungsvereinigung 3-D MID e.V., Nürnberg, bündelt das Know-how internationaler Industrieunterneh-

men und Forschungsinstitute und treibt die Weiterentwicklung der MID-Technologie voran. Als Spezialist für Hochleistungskunststoffe ist Ensinger Compounds, Geschäftsbereich der HP Polymer GmbH, Lenzing, seit 2010 Teil des von der EU geförderten Projekts „Pilot Factory for 3D High Precision MID Assemblies“ (3D-HiPMAS). Koordiniert wird das Forschungsprojekt durch das Institut für Mikroaufbautechnik der Hahn-Schickard-Gesellschaft e.V. (HSG-IMAT), Villingen-Schwenningen, das zu den führenden Forschungs- und Entwicklungsdienstleistern auf dem Gebiet der Gehäuse-, Aufbau- und Verbin-

dungstechniken für mikrotechnische Komponenten und Systeme zählt.

Forschung und Anwendung

Das MID-Herstellverfahren ist komplex und umfasst mehrere Produktionsschritte. Es beginnt mit der Entwicklung des Grundmaterials, dann folgen das Spritzgießen, die Metallisierung sowie die Montage. Es endet mit der Qualitätssicherung. In Gemeinschaftsforschung entwickeln acht internationale Unternehmen und vier Institute bis 2015 eine europäische Pilotanlage für 3D-Mikrobauteile. Dabei haben sie sich ein ehrgeiziges Ziel gesteckt:

Mehr als 50% der heutigen Produktionskosten sollen eingespart werden.

Konkrete Ziele des Projekts sind die Miniaturisierung der im Zweikomponentenspritzgießen hergestellten 3D-Kunststoffträger für sehr schmale Leiterbahnen mit einer Breite von lediglich 150 µm. Weiterentwicklungen im Bereich der Laserdirektstrukturierung (LDS) und neue Beschichtungstechnologien präzisieren die selektive Metallisierung und sollen Pitch-Breiten (Leiterbahnbreite plus Zwischenraum) von 150 µm in 3D möglich machen. Die Montage der elektronischen Komponenten wird ebenfalls überarbeitet, angestrebt wird eine Ausrichtungsgenauigkeit von unter 10 µm. Außerdem arbeiten die Projektteilnehmer an einem zuverlässigen Online-Monitoring und einem Qualitätssprüfungssystem.

Im Rahmen des von der EU geförderten Projekts wird eine Pilotanlage für die Produktion von vier dreidimensionalen Prototypen für die Anwendungsbranchen Alternative Energie, Elektrotechnik, Mobilität und Medizin entwickelt und umgesetzt:

- Eine Mikro-Brennstoffzelle wird weiter miniaturisiert und eine elektronische Funktion direkt auf dem Bauteil integriert. Das Projektteam reduziert die Anzahl der Teile und geht einen weiteren Schritt in Richtung „Plug-and-Play“ von Brennstoffzellen in der Massenfertigung.
- Für ein Mikro-Hörgerät entwickelt das Projektteam einen verbesserten Anschluss für ein FM-System. Es reduziert die Herstellkosten, indem es unterschiedliche elektronische und mechanische Komponenten durch nur ein MID-Bauteil ersetzt.
- Ein Mikro-Switch kann dank der MID-Technologie kostengünstiger hergestellt und montiert werden. Die hohe Gestaltungsfreiheit ermöglicht zudem einen erhöhten Frequenzbereich und eine bessere RF-Leistung.
- Eine weitere Aufgabe des 3D-HiP-MAS-Teams ist die Entwicklung eines robusten Drucksensors mit einem integrierten Temperatursensor-Display und einem verkleinerten Gehäuse.

Fokus Laserdirektstrukturierung

Die gängigsten Verfahren, um Leiterbahnen auf dreidimensionale MIDs aufzubringen, sind Zweikomponenten-

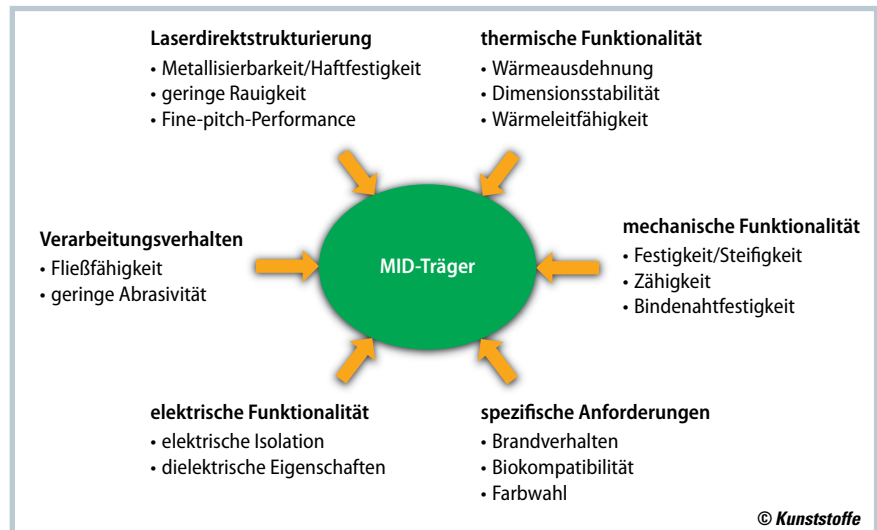


Bild 1. Umfangreiche Anforderungen an einen MID-Träger

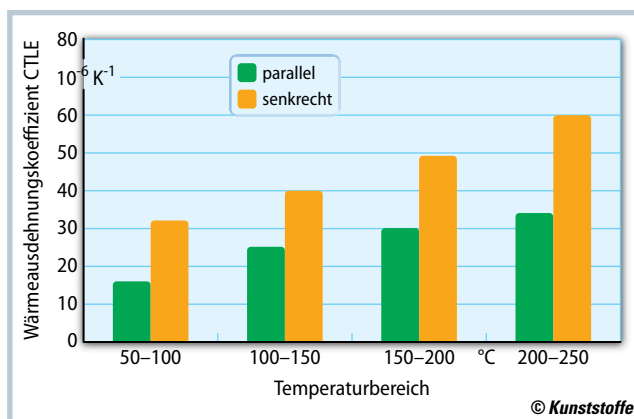


Bild 2. Das wärmeleitfähige LCP-Compound weist die geringste thermische Ausdehnung auf

spritzgießen, Heißprägen und Laserdirektstrukturierung. Das LDS-Verfahren trägt sowohl zur Miniaturisierung als auch zur Funktionsintegration von Kunststoffbauteilen bei und hat sich im Markt bisher am weitesten durchgesetzt. Deshalb setzt das 3D-HiPMAS Projekt hier seinen Fokus. Mit Laserdirektstrukturierung können dreidimensionale Schaltungsträger gestaltet und feinste Leiterbahnen realisiert werden. Zudem ist die Technologie im Vergleich zu Leiterplatten sehr flexibel einsetzbar: Schaltungsbilder können im Produktionsprozess vergleichsweise einfach verändert werden.

Die Basis bei der Laserdirektstrukturierung bilden mit Additiven versehene Polymere, die im Spritzgießen zum Kunststoffträger verarbeitet werden. Mit einem Laser werden die Strukturen der Leiterbahnen gemäß einem CAD-Layout auf den Kunststoff geschrieben. Die Laserenergie bewirkt eine Strukturänderung im Kunststoff. Daraufhin werden in Metal-

lisierungsbädern die Leiterbahnen aufgebracht und anschließend mit elektronischen Bauteilen bestückt.

Compounds für hohe Anforderungen

Kaum eine Anwendung stellt so viele unterschiedliche Anforderungen an ein Compound wie die MID-Technologie. LDS-Anwendungen erfordern vom Compound unter anderem eine hohe Wärmebeständigkeit, ein gutes isotropes Bauteilverhalten und vor allem eine gute Metallisierbarkeit (**Bild 1**).

Ensinger Compounds trägt im 3D-HiPMAS Projekt die Verantwortung für die erste Stufe, die Entwicklung des dreidimensionalen Systemträgers aus thermoplastischen Hochleistungscompounds. Das Unternehmen hat jahrzehntelange Erfahrung im Compoundieren von Hochleistungskunststoffen und betreibt einen der modernsten und flexibelsten Compoundierbetriebe in Europa. »

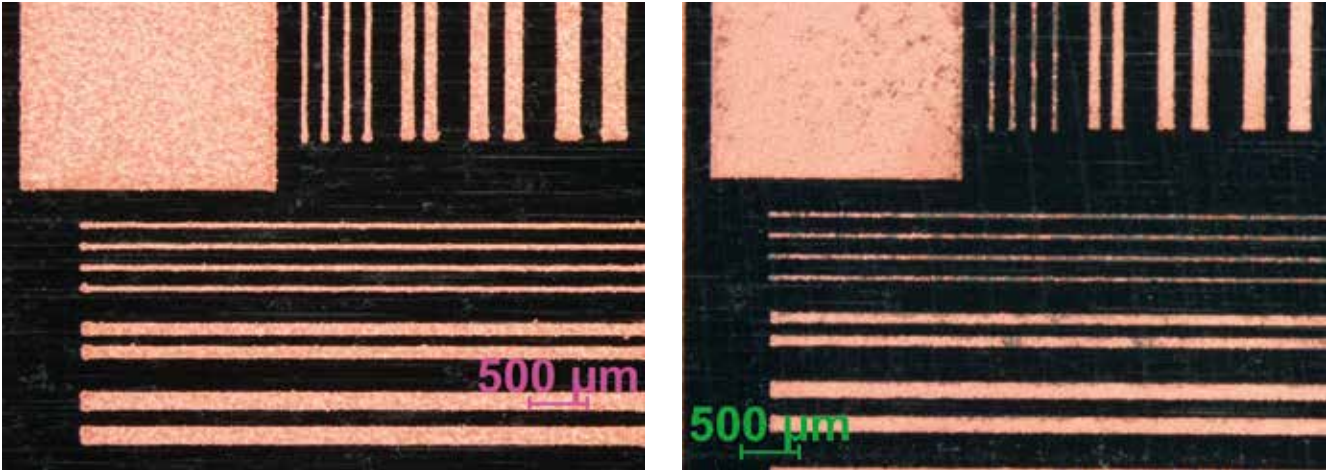


Bild 3. Die Beschichtungsqualität kann durch die richtige Wahl der Füllstoffe und Additive deutlich verbessert werden: PEEK mit mineralischem Füllstoff (links), PEEK mit Silikat-Nanotubes (rechts)

Im Fokus der Materialentwicklung stehen die Realisierung von reduzierten Leiterbahnbreiten sowie die Verbesserung der thermischen Ausdehnung und der Wärmeleitfähigkeit. Die Polymerauswahl beschränkt sich daher auf thermisch sehr stabile Kunststoffe. Als Matrixpolymere setzt Ensinger Polyetheretherketone (PEEK) und flüssigkristalline Werkstoffe (LCP) ein. LCP zeichnet sich durch eine sehr gute Dimensionsstabilität und Steifigkeit selbst bei sehr hohen Temperaturen aus. Außerdem hat der Hightech-Kunststoff gute chemische und flammhemmende Eigenschaften. Es ist der thermoplastische Kunststoff mit der geringsten Wärmeausdehnung. Durch Füllstoffe wurde die Ausdehnung sowie die Richtungsabhängigkeit der thermischen Ausdehnung reduziert (**Bild 2**).

Eine Herausforderung bei der Herstellung von 3D-Mikrobauteilen ist der Lötprozess. Beim Reflowlöten entstehen Temperaturen von bis zu 260°C. LCP und PEEK eignen sich dafür aufgrund ihrer hohen thermischen Beständigkeit gut. In umfangreichen Versuchsreihen hat Ensinger die optimalen Compound-Komponenten ermittelt. Füllstoffe wurden in ihrer Art, Geometrie und Größe gezielt an die besonderen Anforderungen angepasst. Der Hersteller konnte damit sowohl die thermische Ausdehnung des Materials als auch das Fine-Pitch-Verhalten und die Haftung der Leiterbahnen optimieren.

Der Einsatz im Miniaturbereich verlangt sehr feine Leiterbahnlayouts. Die Mikrostruktur des Kunststoffträgers muss für eine präzise Metallisierung gezielt eingestellt werden. Die Auswahl der Füllstoffe hat einen wesentlichen Einfluss auf die Beschichtungsqualität und die Funktion der Leiterbahn: Sind Bahnen unterbrochen, fließt kein Strom. Unschärfe Kanten

führen zu Überschlägen zwischen den Leiterbahnen. Sowohl Tecacomp PEEK LDS als auch Tecacomp LCP LDS sind für sehr feine Leiterbahnen optimiert und ermöglichen komplexe Schaltungen auf kleinem Raum. Durch eine spezielle Modifikation (Füllstoffe, Additive und Compoundiertechnologie) sind auch Leiterbahnen mit geringem Abstand realisierbar. **Bild 3** zeigt, wie die Beschichtungsqualität durch die richtige Wahl der Füllstoffe und Additive deutlich verbessert werden kann.

Füllstoffe leiten Wärme ab

Mit dem ebenfalls neu entwickelten Compound Tecacomp PPA LDS, das auf einem teilaromatischen Polyamid basiert, schafft Ensinger die Voraussetzung für weitere Schritte der Funktionsintegration: Mit wärmeleitfähigen Füllstoffen versehene PPA-Compounds leiten die in einem elektrischen Bauteil entstehende

Der Autor

Matthias Wuchter, M.Sc., ist Leiter der Compoundentwicklung bei Ensinger Compounds, einem Geschäftsbereich der HP Polymer GmbH, Lenzing.

Service

Digitalversion

➤ Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/1022155

English Version

➤ Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

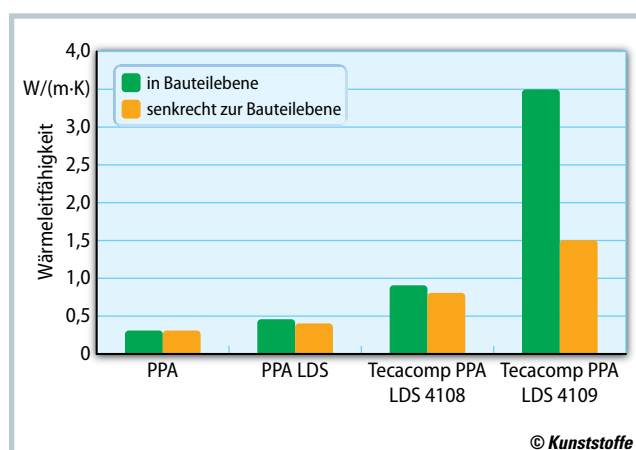


Bild 4. Vergleich der thermischen Leitfähigkeiten von laserstrukturierbaren, wärmeleitfähigen PPA-Compounds

Bild 5. Dreidimensionales Mikrobauteil, auf das durch Laserdirektstrukturierung sehr feine Leiterbahnstrukturen aufgetragen sind

(Bild: LPKF Laser & Electronics)



durch ergeben sich ganz neue Freiheiten in der Herstellung mechatronischer Baugruppen. Die Laserdirektstrukturierung ist mittlerweile in der Lage, sehr feine Leiterbahnstrukturen abzubilden und Bauteile weiter zu miniaturisieren (**Bild 5**).

Für das LDS-Verfahren modifizierte neue Tecacomp LDS-Hochleistungskunststoffe ermöglichen Fine-Pitch-Strukturen und sind durch ihr optimiertes thermisches Ausdehnungsverhalten noch zuverlässiger. 3D-Mikrobauteile aus Compounds mit wärmeleitfähigen Füllstoffen können zusätzlich Aufgaben im Wärmemanagement übernehmen. ■

Wärme ab (**Bild 4**) und bieten eine zusätzliche Kühlfunktion. Dieses Material kann ebenfalls mit dem LDS-Verfahren strukturiert werden.

Ensinger hat außerdem weitere wärmeleitfähige Werkstoffe im Portfolio. Bauteile daraus können über andere Technologien mit elektrischen Schaltungen versehen werden. Im Vergleich zu metallischen Kühlkörpern haben Bauteile aus Tecacomp TC (**Titelbild**) viele Vorteile: Sie sind im Spritzgießen frei formbar und eröffnen neue Möglichkeiten im Design effektiver Kühlelemente und der Umspritzung kompletter Baugruppen mit einem stabilen, wärmeabführenden Gehäuse. Ein einzelner, mit keramischen Füllstoffen ausgestatteter Kunststoffkörper ist in der Lage, gleich mehrere elektronische Bauteile zu fixieren, zu kühlen, elektrisch zu isolieren und vor Umwelteinflüssen zu schützen. Ensinger bietet für unterschiedliche Einsatzgebiete in den Branchen Lichttechnik, Elektrotechnik & Elektronik sowie Automobil spezifische Lösungen, beispielsweise auf Basis der Kunststoffe PP, PA, PBT und PPS. Die Bauteile verfügen über eine Wärmeleitfähigkeit zwischen 1 und 20 W/mK – je nach eingesetztem Füllstoffsystem – und können zusätzlich mit weiteren Funktionen wie Flammenschutz oder Lichtbeständigkeit ausgestattet werden.

Fazit

Der aktuelle Stand der MID-Technik ermöglicht eine intelligente Integration verschiedener Funktionen in einem dreidimensionalen Mikrobauteil. Da-