

*Dr. Werner Hunziker*

## **Chipmontage auf MID (Molded Interconnect Device) – Ein Weg zu Chipmodulen höherer Funktionalität**

Die MID (Molded Interconnect Device) – Technologie erlaubt die Erzeugung von nichtplanaren Chipmontagesubstraten. Diese können nicht nur als mehrdimensionale Chipträger agieren, sondern auch noch weitere Funktionen beinhalten, und z.B. einen direkten Bestandteil des Gehäuses oder Steckers darstellen. Für die Chipmontage auf diese speziell geformten Kunststoffträger werden nun, basierend auf den Techniken für planare Substrate, Prozesse entwickelt, welche eine industrielle Chipbestückung der MID für verschiedenste Anwendungen erlauben. Damit lassen sich z.B. aus einem Teil anwendungsspezifische, kompakte Sensormodule realisieren, welche den Messwertnehmer an einer räumlich geeigneten Stelle fixieren und gleichzeitig Zuleitungen und Interface zum Gesamtsystem beinhalten.

## MIDs

Molded Interconnect Devices (MIDs) sind spritzgegosene Kunststoffteile, welche elektrische Leiterbahnen tragen. Sie stellen somit eine Art dreidimensionale Leiterplatten dar. Elektrische Verbindungen können dabei „um die Ecke“ führen, und Bauteile können in verschiedenen Raumrichtungen angeordnet werden. Neben dieser Raumausnutzung können durch die Spritzgussform weitere Funktionen erzeugt werden, so kann es z.B. direkt Teil des Gehäuses sein, spezielle geometrische Formen, wie Vertiefungen, Kanäle, Öffnungen, etc. z.B. für Messwertaufnehmer können direkt integriert werden, wie auch Ankontaktierungen, Justiernocken oder Montagehilfen für die nächste Verpackungsstufe.

Als Grundkörper finden diverse Kunststoffe wie PBT, PP und LCP Verwendung.

Zur Erzeugung feiner dreidimensionaler Leiterbahnen werden im Wesentlichen drei Verfahren angewendet: LDS (Laser Direct Structuring), LSS (Laser Subtractive Structuring) und zwei Komponenten (2K)-Spritzguss.

Beim LDS wird der mit einem Metallkomplex versehene Kunststoff mit einem Laser beschrieben. Dies führt zu einer örtlichen Aktivierung des Metallkomplexes, wo sich der Kunststoff anschließend in chemischen Bädern metallisieren lässt.

Beim LSS-Verfahren wird zuerst die gesamte Kunststoffoberfläche chemisch aktiviert und metallisiert. Die Strukturierung erfolgt dann durch Laserablation und/oder Belichtung mit anschließenden Ätzprozessen, um die Leiterbahnen zu trennen. Dies stellt somit einen subtraktiven Prozess dar.

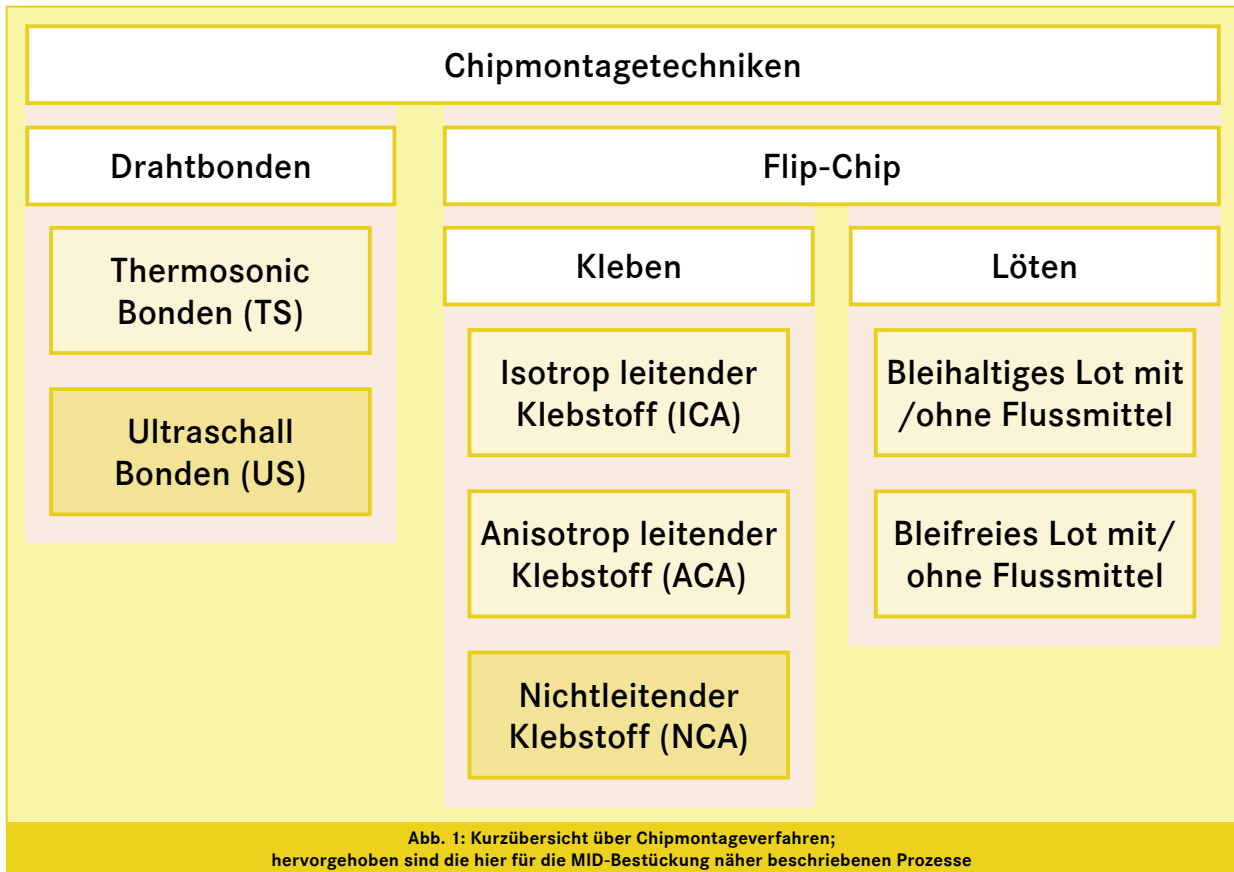
Beim 2K-Spritzguss werden in einem zweistufigen Spritzverfahren zwei verschiedene Kunststoffe so ineinander gespritzt, dass an der Oberfläche das Leiterbahnmuster aus den zwei Komponenten entsteht. Werden ein chemisch gut metallisierbarer und ein „inert“ Kunststoff verwendet, erzeugt die chemische Metallabscheidung direkt die entsprechende Leiterbahnstruktur. Eine Laserstrukturierung jedes einzelnen Teiles erübrigt sich. Die Abbildung eines solchen im LDS-Verfahren hergestellten MID-Teiles mit verschiedenen nichtplanaren Leiterbahnen und elektrischen Durchkontaktierungen

im Größenvergleich mit einem Streichholz findet sich im vorgehenden Artikel auf Seite 16.

## CHIPMONTAGETECHNIKEN

Die Chipmontage beinhaltet die mechanische und elektrische Verbindung des ursprünglichen, noch ungeschützten Silizium (Si)-Chips zu einem Gehäuse oder einem Montagesubstrat, inklusive einem ersten Schutz gegen verschiedene Umwelteinflüsse. Die ursprünglichen Montagetechniken wurden entwickelt, um einzelne Chips in stabilen Gehäusen zu verpacken. Der Druck hin zu größeren Packungsdichten, d. h. kleinerem Platzbedarf, führte zur Entwicklung einer Vielzahl von verschiedenen Chipmontagetechniken im Bereich Flip-Chip. Abbildung 1 gibt eine Kurzübersicht über die heute hauptsächlich eingesetzten Techniken. Die Hauptunterschiede zwischen Drahtbonden und Flip-Chip liegen im Platzbedarf, Prozessablauf sowie in den Stabilitätsanforderungen. Das Drahtbonden braucht durch die nach außen geführten Drähte und den Glob Top viel Platz, weist einen sequentiellen Verbindungsprozess jedes einzelnen Anschlusses auf und zeigt eine gute Stabilität durch die „beweglichen“ elektrischen Drahtverbindungen. Hauptvorteil der Flip-Chip-Prozesse ist die Platzersparnis und die parallele Verbindung aller Anschlüsse in einem Schritt.

Für die Chipmontage auf MIDs werden bei HARTING momentan die zwei in Abbildung 1 hervorgehobenen und anschließend beschriebenen Technologien entwickelt und angewendet. Das Drahtbonden stellt einerseits die auf planaren Substraten etablierteste Technik dar. Andererseits bietet es den Vorteil einer hohen Flexibilität bzgl. verschiedener Chips, welche alle ohne Zusatzprozesse drahtbondbar sind, sowie größere Freiheiten beim Substratlayout durch die variable Position und Länge der Drahtverbindungen. Die Verwendung eines Klebprozesses bei Flip-Chip-Montagen liegt primär darin begründet, dass in vielen Fällen das MID-Bauteil selbst in einem späteren Montageschritt noch bleifrei verlötet werden soll, und noch höhere Löttemperaturen zur Erzielung einer Löt hierarchie auf dem MID durch die maximalen Temperaturen der verwendeten Kunststoffe nicht möglich sind.



## DRAHTBONDEN

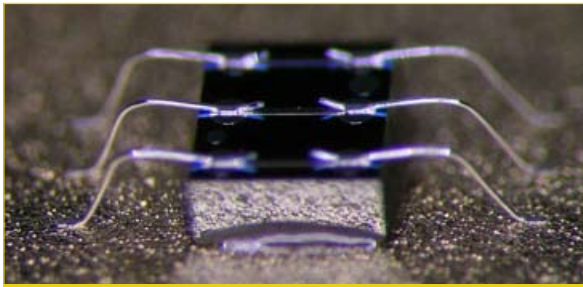
Beim Drahtbondprozess werden die Chipanschlusspads des auf das Substrat geklebten Chips mit einem sehr feinen Metalldraht (meist Au oder Al mit Durchmessern im Bereich 25-70 µm) mit den Leiterbahnen auf dem Substrat verbunden. Diese Verbindungen erfolgen durch lokales Verschweißen des Drahtes mit der darunterliegenden Metallisierung. Die erforderliche Energie wird entweder rein durch Ultraschallschwingungen des Bondtools (US-Verfahren), oder noch durch zusätzliche Erwärmung (TS-Verfahren) eingebracht. Während sich Al-Drähte rein mit Ultraschall bei Raumtemperatur bonden lassen, sind für Au-Drähte Temperaturen von über 100 °C erforderlich, was den Einsatz auf den Kunststoffsubstraten durch ihre schlechte Wärmeleitung und leichtere Verformbarkeit bei höheren Temperaturen erschwert.

Die Übertragung des auf planaren Substraten etablierten Drahtbondprozesses auf MID-Teile zeigt sich im Wesentlichen in zwei Punkten als kritisch. Um eine gute Bond-

barkeit zu erreichen, sind eine gute Ultraschallübertragung und nicht zu raue Metallschichten erforderlich.

Die gute Ultraschalleinbringung erfordert eine ‚harte‘ Auflage des Bondtools. Dazu bedarf es einerseits einer guten Fixierung des Bauteiles selbst, was bei diesen meist kleinen MID-Bauteilen zu recht aufwendigen Halterungen führen kann. Andererseits wird eine genügende Steifigkeit des Bauteiles selbst benötigt, was durch die Art des verwendeten Kunststoffes, das Layout und die Metallisierung beeinflusst wird.

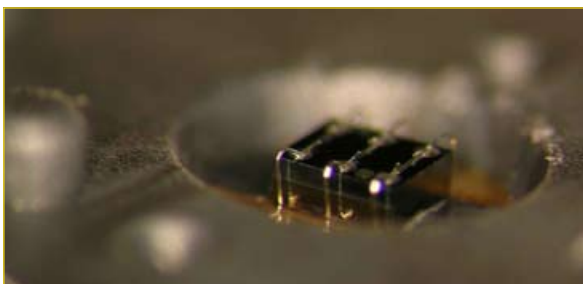
Die Forderung nach glatten Metallschichten steht im Widerspruch zur guten Haftung der Metallschicht auf der Kunststoffoberfläche. Nur eine gewisse Rauigkeit garantiert eine genügende Haftfestigkeit. Außerdem führen die verschiedenen Metallisierungsverfahren zu unterschiedlich rauen Oberflächen. LDS-Schichten sind momentan noch kaum industriell bondbar, jedoch werden durch Variation von Laserparametern und Metallisierung laufend starke Verbesserungen erzielt. Beim 2K-



**Abb. 2: Testchip gebondet mit 33 µm dickem Al-Draht auf metallisiertes MID-Substrat**

und LSS-Verfahren wird der entsprechende Kunststoff direkt chemisch aktiviert und metallisiert, was die Erzeugung bondbarer Schichten mit genügend kleiner Rauigkeit erlaubt. Abbildung 2 zeigt einen Testchip, welcher auf ein derart metallisiertes MID-Substrat geklebt und anschließend mit dem US-Verfahren mit 33 µm dickem Al-Draht gebondet wurde.

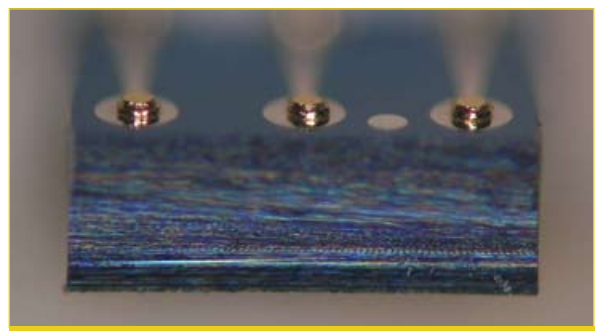
Beim Drahtbonden bringt die Verwendung von Spritzgussteilen als Montagesubstrate auch Vorteile, wie das Beispiel in Abbildung 3 demonstriert. Es können z.B. einfach Kavitäten erzeugt werden, in welchen die Chips mechanisch gut geschützt sind und der Glob Top einfach und platzsparend aufgebracht werden kann. Glob Top ist das Vergussmaterial, mit welchem Chip und Bonddrähte eingegossen werden, um diese zu stabilisieren und zu schützen. Bei planaren Substraten ist dazu häufig ein Zweischrittverfahren notwendig, bei dem um den Chip herum zuerst ein Damm aufgebracht wird, welcher dann das weite Zerfließen des über den Chip und Drähte verteilten Glob Tops verhindert.



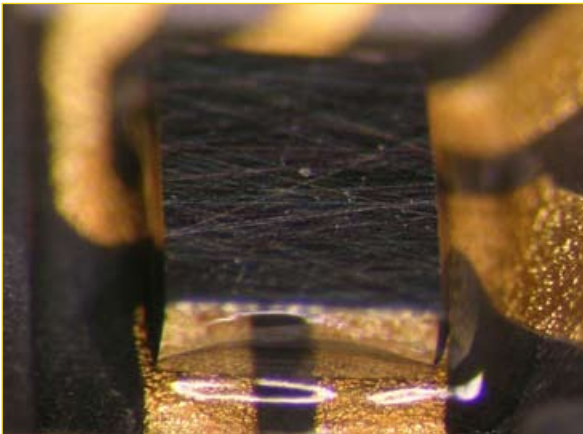
**Abb. 3: Drahtgebondeter Chip in der Vertiefung eines Spritzgussteils, welches gleichzeitig noch Justierhilfen (Noppen links) für weitere Montageschritte aufweist**

## NCA-FLIP-CHIP

Bei den Flip-Chip-Techniken wird der Chip umgedreht, und die dann auf der Unterseite liegenden elektrischen Anschlüsse direkt mit den geometrisch korrespondierenden Leiterbahnen verbunden. Die mechanische Befestigung muss somit im gleichen räumlichen Bereich wie die elektrischen Verbindungen erfolgen. Bei den meisten Verfahren (Löten und ICA = Isotropic Conductive Adhesive, isotrop leitender Klebstoff) erfolgen die beiden Schritte getrennt, indem zuerst die elektrischen Verbindungen durch kleine Hügel aus Lot oder leitfähigem Kleber erzeugt und im Prozess (löten oder aushärten) die Kontakte hergestellt werden. Im zweiten Schritt werden dann Chip und Anschlüsse mit einem Underfill noch mechanisch stabilisiert und geschützt. Beim ACA- und NCA-Prozess (ACA = Anisotropic Conductive Adhesive, Anisotrop leitender Klebstoff und NCA = NonConductive Adhesive, Nichtleitender Klebstoff) sind diese zwei Schritte in einem vereint, indem der auf der gesamten Chipfläche aufgebrauchte Kleber beim Aushärteprozess beide Funktionen erzeugt. In beiden Fällen sind elektrische leitende Erhöhungen (Bumps) auf den Chippads und/oder den Leiterbahnen notwendig, um die elektrische Kontaktierung zu gewährleisten. Beim ACA-Prozess enthält der Kleber wenige leitfähige Partikel, welche nur dort zu einer leitfähigen Verbindung führen, wo sie beim Montageprozess durch die Bumps ‚eingeklemmt‘ werden. Der NCA ist ein elektrisch nicht leitender Kleber, welcher beim Aushärten mit Druck und Wärme den direkten mechanischen und elektrischen Kontakt der Bumps zur Gegenmetallisierung gewährleistet.



**Abb. 4: Si-Testchip mit Au Stud-Bumps auf Anschlusspads**

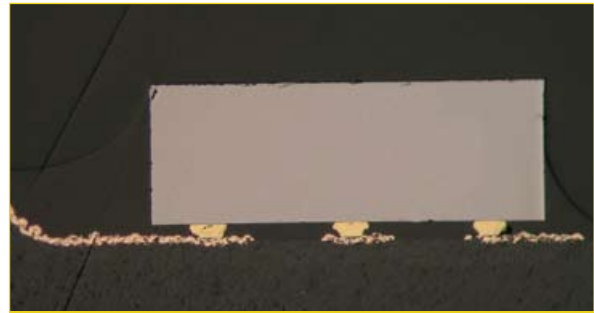


**Abb. 5: Mit NCA-Prozess-Flip-Chip montierter IC in MID-Mulde mit nichtplanaren elektrischen Zuleitungen**

Für die NCA-Flip-Chip-Montage auf den MID-Substraten werden Chips verwendet, welche mit so genannten Au Stud-Bumps versehen sind. Letztere werden mittels eines Standard Au-Drahtbondprozesses erzeugt, indem der Draht nach dem Setzen des ersten Bonds gleich abgeschnitten wird. In einem zweiten Schritt werden alle Drahtstücke auf gleiche Höhe gedrückt. Abbildung 4 zeigt einen Testchip schräg von der Seite, auf welchem die Anschlusspads mit solchen Stud-Bumps versehen sind.

Auf dem MID-Substrat werden Leiterbahnen erzeugt, welche unter dem Chip zu den entsprechenden Anschluss-pads führen. Diese können auf MIDs auch in Mulden hinein oder um Kanten herumführen, so dass Chips versenkt oder räumlich dreidimensional angeordnet werden können. Abbildung 5 zeigt eine solche Flip-Chip-Montage, bei welcher der Chip in einer Mulde liegt und über die Seitenwände elektrisch kontaktiert ist.

Der NCA-Montageprozess hat den Vorteil eines einstufigen Prozesses: Kontaktierung, Fixierung und erster Schutz in einem Schritt. Nach dem Aufbringen des Klebers an der Chipposition wird der umgedrehte Chip so in den Kleber gedrückt, dass die Stud-Bumps auf die entsprechenden Leiterbahnen gepresst werden und den elektrischen Kontakt erzeugen. Unter Aufrechterhaltung des Drucks und Temperaturen im Bereich 150-200 °C härtet der Kleber je nach Typ innerhalb von 10-30 Sekunden aus. Die bei der Aushärtung auftretenden



**Abb. 6: Querschliff durch Flip-Chip montierten Chip in MID-Mulde mit elektrischen Zuleitungen**

Schrumpfkkräfte bewirken sowohl eine stabile elektrische als auch eine mechanische Verbindung des Chips. Des Weiteren ist auch die bereits nach unten gerichtete Chipoberfläche eingegossen und somit geschützt. Abbildung 6 zeigt einen Querschliff durch einen so montierten Chip in einer Mulde. Die auf den Chippads aufgetragenen Au Stud-Bumps sind auf die auf dem MID mit dem LDS-Verfahren erzeugten Leiterbahnen aufgedrückt und zusammen mit dem Chip durch den Kleber fixiert.

#### FAZIT

Die MID-Technologie zur Herstellung nichtplanarer Bauteilträger mit beinahe beliebig geformten elektrischen Leiterbahnen hat sich in den letzten Jahren in vielen Bereichen des großen Anwendungsfeldes der Sensortechnik einen Platz geschaffen. Mit der Bereitstellung von Chipmontagetechniken für Nacktchips direkt auf MID-Substraten erweitert sich der Anwendungsbereich dieser neuen Technologie weiter. Sensoren können platzsparend und häufig näher an der Messstelle platziert werden und die Packungsdichte von Chips in dreidimensionaler Anordnung kann weiter erhöht werden. Mit der laufenden Erweiterung von Montageprozessen auf MID-Substraten komplettiert HARTING weiter den gesamten MID-Prozess vom Design zum Endprodukt.



**Dr. Werner Hunziker**  
www.HARTING-Mitronics.com  
mit@HARTING.com



People | Power | Partnership

## **HARTING Mitronics AG**

Leugenstrasse 10 · CH-2500 Biel – Schweiz  
Tel. +49 5772 47-850 · Fax +49 5772 47-9131  
E-Mail: [mit@HARTING.com](mailto:mit@HARTING.com) · Internet: [www.HARTING-Mitronics.com](http://www.HARTING-Mitronics.com)