

# Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss für die Serienproduktion von MID

Dr. Christian Goth und Dr. Michael Römer



Pushing Performance

People | Power | Partnership

*HARTING Mitronics bietet die vollständige Wertschöpfungskette für 3D-MID-Technologien aus einer Hand. Das heisst, Sie finden alle Prozessschritte unter einem Dach, von der Entwicklung bis zur Serienfertigung von kundenspezifischen Produkten. Durch diesen Ansatz wird die Anzahl der logistischen Schnittstellen minimiert, die Kosten können gesenkt und das Qualitätsniveau multifunktionaler MID-Packages garantiert werden. HARTING Mitronics fertigt das mechanische Formteil und die Struktur des Leiterbilds mit Einkomponenten-spritzguss und Laserdirektstrukturierung oder mit Zweikomponentenspritzguss. Wesentliche Kriterien für die Technologieauswahl sind hierbei die minimalen Strukturgrössen, das 3D-Design (2D, 2,5D bzw. n\*2D oder 3D), die jeweiligen Anforderungen an die Designflexibilität und die Relation zwischen Investition und Bauteilkosten.*

## 1 Laserdirektstrukturierung

Bei der Laserdirektstrukturierung wird eine gezielte Veränderung der Oberfläche eines im Einkomponentenspritzguss hergestellten thermoplastischen Formteils vorgenommen. Die durch den Laser aktivierten Bereiche können anschliessend selektiv metallisiert werden (Abbildung 1 und 2).



Abbildung 1: In LDS-Technologie gefertigter Sensorträger für eine Grossbildkamera

Die Spritzgussteile müssen allerdings aus speziell dotiertem Kunststoffmaterial mit metallorganischen Verbindungen als Additiv hergestellt werden.

# Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss für die Serienproduktion von MID

Dr. Christian Goth und Dr. Michael Römer



Pushing Performance

People | Power | Partnership

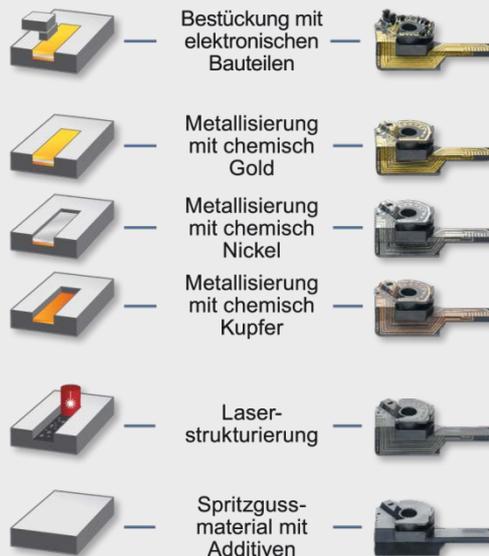


Abbildung 2: Prinzip der Laserdirektstrukturierung

## 1.1 Prozessablauf

### ■ Einkomponentenspritzguss

Die laserstrukturierbaren Formteile werden im Einkomponentenspritzguss hergestellt. Dafür wird ein spezielles Material benötigt, das die laseraktivierbaren Komponenten enthält (LDS-Material). Das getrocknete und vorgewärmte Kunststoffgranulat wird unter hoher Temperatur und mit hohem Druck in die Werkzeugform gepresst. Nach dem Abkühlen wird das erstarrte Bauteil der Werkzeugform entnommen. Die Anforderungen an den Spritzguss, das Werkzeug und die Handhabung sind spezifisch, um die nachfolgende Metallisierung effizient durchführen zu können sowie die Lebensdauer der Baugruppen nicht negativ zu beeinträchtigen. Das Spritzgusswerkzeug darf keine Beschädigungen (z. B. Kratzer) aufweisen. Ebenso ist auf Trennmittel zu verzichten. An der Oberfläche des Werkstücks und im Kunststoff sind Verunreinigungen zu vermeiden. Das Spritzgussteil darf keine Risse, Grate, Blasen, Brandstellen, Glanzstellen, Schlieren oder Einfallstellen zeigen. Bei der Teileentnahme und beim Transport der Bauteile müssen Vorkehrungen getroffen werden, um eine Beeinträchtigung der Bauteile durch Direktkontakt oder Reibung zu vermeiden. [6]

### ■ Laserdirektstrukturierung für den Additivprozess

Bei der Laserdirektstrukturierung folgt HARTING Mitronics dem LPKF-LDS<sup>®</sup>-Verfahren der LPKF Laser and Electronics AG, Garbsen (Abbildung 3). Die Strukturierung erfolgt hierbei mittels Laserstrahl durch Freilegen und Aktivieren spezieller Wirksubstanzen (Additive) im Kunststoff-Compound. Das infrarote Laserlicht ( $\lambda = 1064 \text{ nm}$ ) bildet dabei eine mikrorauhe Oberfläche in den bestrahlten Bereichen mit Metallpartikeln und Mikrokavitäten. Die Metallpartikel werden dabei durch die eingebrachte Laserenergie derart verändert, dass sie im folgenden Metallisierungsschritt katalytisch wirken und eine selektive Metallabscheidung erfolgt. Die Rauheit ermöglicht eine optimale Haftfestigkeit der Leiterbahnen.

# Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss für die Serienproduktion von MID

Dr. Christian Goth und Dr. Michael Römer



Pushing Performance

People | Power | Partnership

Mit dem Standardlaser von LPKF werden bei HARTING Mitronics momentan Leiterbahnen von 150  $\mu\text{m}$  Breite und 150  $\mu\text{m}$  Abstand realisiert. Das Standardsystem schreibt mit einer Geschwindigkeit von 4 m/s. Andere Laserquellen mit einer optimierten Fokussierung und einem Laserfokus von bis zu 40  $\mu\text{m}$  erlauben feinere Strukturen.



Abbildung 3: Laseranlage zur Strukturierung der Substrate mit anschließender Reinigung

## ■ Reinigung der strukturierten Baugruppen

Im anschließenden Arbeitsschritt müssen die Bauteile von Ablationsresten gereinigt werden, um die chemische, aussenstromlose Metallisierung nicht zu beeinträchtigen. Dabei ist darauf zu achten, dass die aktivierte Kunststoffoberfläche nicht deaktiviert wird. Eine unzureichende Reinigung kann zu ungewollten Metallabscheidungen und im Extremfall zu Brücken in der metallisierten Struktur führen. Die Reinigung kann beispielsweise mit nasschemischen Verfahren unter zusätzlicher Ultraschall- oder Temperatureinbringung, mit Wasser- oder  $\text{CO}_2$ -Schneestrahler erfolgen.

## ■ Metallisierung

Die Metallisierung im LPKF-LDS<sup>®</sup>-Verfahren erfolgt durch einen additiven Leiterbahnaufbau mit Hilfe chemisch-reduktiver, aussenstromloser Cu-, Ni- und Au-Bäder. Der Schichtaufbau Cu-Ni-Au wird in einem Gesamtdurchlauf aufgebracht, wobei Kupfer stets die Startmetallisierung bildet. Typische Schichtdicken sind hierbei 7  $\mu\text{m}$  Cu, 7  $\mu\text{m}$  Ni und 0,1  $\mu\text{m}$  Au. In Abhängigkeit von der Grösse können die Bauteile an einem Gestell oder in einer Trommel metallisiert werden. Die geringere Aktivität der laserstrukturierten Oberfläche im Vergleich zu mit Palladium katalysierten Oberflächen wird durch eine höhere Aktivität des Kupferbades kompensiert [2]. Als wirtschaftliche Alternative zum Schichtaufbau Cu-Ni-Au ist eine Variante

# Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss für die Serienproduktion von MID

Dr. Christian Goth und Dr. Michael Römer



People | Power | Partnership

Cu-Sn zur Fertigung von Leiterbahnen beispielsweise für Sicherheitskappen möglich. Diese Variante ist aber nur eingeschränkt für Applikationen, die gelötet werden müssen, geeignet.

## ■ Prüfung

Nach der Metallisierung wird der Schaltungsträger mittels automatischer optischer Inspektion (AOI) auf Fremdabscheidungen, Brücken und Unterbrechungen der Leiterbahn überprüft. Ferner ist es möglich, Risse in der Metallisierung bis zu einer gewissen Dimension sowie eine Delamination der Leiterbahn bei Schattenbildung zu detektieren.

## 1.2 Materialien für die LDS-Technologie

Für die Laserdirektstrukturierung sind speziell dotierte Thermoplaste erforderlich. Metalloxische Additive werden in ausreichender Konzentration feinst dispergiert (4 bis 10 Gew.-% in Abhängigkeit der Polymermatrix) und stochastisch verteilt im Werkstoff eingebracht. Aufgrund der guten Temperaturbeständigkeit der Additive erfolgt während der Kunststoffverarbeitung noch keine Keimbildung. Durch die eingebrachte Laserenergie kann das Additiv, umgeben von einer organischen Matrix, zu einer für die anschließende chemische Metallisierung katalytisch wirksamen Spezies aktiviert werden. Die Laserstrahlung versetzt die Polymermoleküle in Schwingungen, wodurch beim Erreichen einer Mindestenergie die Molekülketten aufbrechen und die Polymermatrix abgetragen wird (photochemische Ablation) oder verdampft (Relaxation). Während der folgenden Metallisierung, die in chemischen Kupferbädern vorgenommen wird, wirkt das freigelegte und aktivierte Additiv in den bestrahlten Bereichen katalytisch, so dass die Metallisierung nur in den laserstrukturierten Bereichen des Bauteils erfolgt. Die Additive beeinträchtigen nicht die elektrischen Eigenschaften, haben keine toxische Wirkung und sind extraktionsbeständig. [3] [4]

Auf dem Markt sind zahlreiche amorphe und teilkristalline Kunststoffe für den LDS-Prozess verfügbar. Die Werkstoffe können anhand ihrer Eigenschaften für den Herstellungsprozess und die späteren Einsatzbedingungen im Feld sowie anhand des Materialpreises klassifiziert werden. Wichtige Materialeigenschaften sind dabei die Verarbeitungstemperatur, die Wärmeformbeständigkeit, die Fließfähigkeit sowie die elektrischen und mechanischen Eigenschaften. [3] Für komplexe MID, die im Lötprozess verarbeitet werden, sind Werkstoffe notwendig, die für die Verarbeitung im Dampfphasen- oder Reflow-Lötofen bei Temperaturen von 230 bis 260°C geeignet sind. Für Werkstoffe, die für diese Verarbeitungstemperaturen nicht geeignet sind, müssen alternative Verbindungsprozesse mit niedrighschmelzendem Lot oder Leitklebstoffe eingesetzt werden.

Eine aktuelle Übersicht über die speziell für das LDS-Verfahren geeigneten und freigegebenen Materialien ist auf der Homepage der LPKF Laser & Electronics AG zu finden ([www.lpkf.com](http://www.lpkf.com)). Es sind Hochtemperaturthermoplaste wie PEEK oder LCP, technische Werkstoffe wie PA, PPA oder PET/PBT sowie Standard-kunststoffe wie PC/ABS und auch zwei Duroplasttypen verfügbar. Die Werkstoffe werden von LPKF in Zusammenarbeit mit den Kunststoffherstellern entwickelt, wobei LPKF die Metallisierbarkeit und die Haftfestigkeit der Metallisierung prüft. HARTING Mitronics führt darüber hinaus eine intensive Qualifizierung der Materialien entsprechend den Anforderungen der jeweiligen Serienanwendung durch.

## 1.3 Design-Grundregeln

Für die Laserdirektstrukturierung sind bei HARTING Mitronics umfassende Gestaltungsrichtlinien verfügbar, die bei der Konstruktion eines MID zu berücksichtigen sind.

# Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss für die Serienproduktion von MID

Dr. Christian Goth und Dr. Michael Römer



Pushing Performance

People | Power | Partnership

Ein wichtiger Punkt ist hierbei die Dimensionierung der Leiterbahnbreiten und -abstände. Die in der Praxis bewährten Breiten von minimal 150  $\mu\text{m}$  und Abstände von 150  $\mu\text{m}$  müssen zwingend berücksichtigt werden; nur im Spezialfall sind Unterschreitungen möglich. Die Leiterbahnen sollten dabei so konzipiert sein, dass Wandungen nicht direkt berührt werden. Wenn aus Kostengründen ein Drehen des Bauteils während des Laservorgangs vermieden werden soll, sollte bei einer Wandneigung von 45° der Abstand grösser als 150  $\mu\text{m}$  sein. Bei steileren Winkeln vergrössert sich der Abstand. Ebenso sind in der Regel ein ausreichender Abstand der Leiterbahnen zu den Auswerferpunkten vorzusehen sowie ein Verlauf im Bereich der Bindenähte des Spritzgussteils zu vermeiden.

Bei der geometrischen Auslegung der Baugruppe ist zu berücksichtigen, dass der durch den Laser bearbeitbare Bereich durch den Scanbereich des Lasersystems begrenzt wird. Für die Produktgruppe LPKF MicroLine-3D 160 Industrial bildet das maximal mögliche Scanfeldvolumen einen Kegelstumpf mit einem Grundflächendurchmesser von 160 mm, einer Höhe von 24 mm und einem Neigungswinkel von 77° zwischen Mantelfläche und Grundlinie. Innerhalb dieses Bereiches kann das Werkstück ohne Verdrehungen oder Verschiebung bearbeitet werden. Bei Systemen mit bis zu vier Laserköpfen in unterschiedlicher Position vergrössert sich der Bearbeitungsraum.

Der Einfallswinkel – definiert als Winkel zwischen dem Lot der zu aktivierenden Fläche und dem Laserstrahl – bestimmt den Energieeintrag pro Fläche. Die Energie, die sich bei schräger Bestrahlung auf eine grössere Fläche verteilt, muss zur Ablation des Kunststoffes und zur Aktivierung des Additivs ausreichen. Daher wird ein Einfallswinkel von maximal 60° empfohlen. Der Krümmungsradius sollte dabei grösser als 300  $\mu\text{m}$  sein, um scharfkantige Übergänge zu vermeiden. Die Realisierung von Durchkontaktierungen ist mit einem Durchmesser grösser 300  $\mu\text{m}$  möglich, wobei ein Aspektverhältnis kleiner 1:1 bei einseitigen konischen Bohrungen und 2:1 für beidseitig konische Bohrungen berücksichtigt werden muss. Weitere detaillierte Design-Rules können der Gestaltungsrichtlinie MID-LDS entnommen werden. [4]

## 2 Zweikomponentenspritzguss

Beim Zweikomponentenspritzguss (2K-Spritzguss) wird der Schaltungsträger in zwei aufeinanderfolgenden Spritzgussvorgängen aus unterschiedlichen Kunststoffkomponenten gefertigt. Dabei ist eine der beiden Kunststoffkomponenten metallisierbar, die andere jedoch nicht. So können anschliessend die durch das Werkzeug vorgegebenen Strukturen selbstdefinierend metallisiert werden (Abbildung 4 und 5).



Abbildung 4: Im Zweikomponentenspritzguss-Verfahren gefertigte MID-Komponente für einen Steckverbinder

# Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss für die Serienproduktion von MID

Dr. Christian Goth und Dr. Michael Römer



People | Power | Partnership

## 2.1 Prozessablauf bei der Zweikomponentenspritzguss-Technologie

### Zweikomponentensspritzguss

Beim Zweikomponentensspritzguss wird im ersten Schritt ein Vorspritzling gefertigt, der anschliessend direkt umspritzt wird (Abbildung 6). Abhängig von der Geometrie des Bauteils wird jeweils diejenige Komponente zuerst gespritzt, die mechanisch stabiler ist (das kann sowohl die metallisierbare als auch die nicht metallisierbare Komponente sein). Das Schaltungslayout basiert bei der 2K-Technologie auf der Geometrie des Spritzgusswerkzeugs. Daher bestehen nur eingeschränkte Möglichkeiten zur weiteren Miniaturisierung.

Die bei der LDS-Technologie genannten speziellen Anforderungen an den Spritzguss, das Werkzeug und die Handhabung sind hier gleichermassen zu berücksichtigen.

### Aktivierung/Reinigung

Die Mikrorauheit der Oberfläche und das Freilegen der Katalysatoren werden durch eine nasschemische Vorbehandlung (i. A. basisch, z. B. heisse Kalilauge) erzeugt. Die Oberflächenrauheit definiert die Haftfestigkeit der Metallisierung, wobei eine zu starke Rauheit ggf. die Verbindungstechnik negativ beeinflusst. Während des Vorbehandlungsprozesses wird nur die Oberfläche des kernkatalytischen Werkstoffs selektiv aufgeraut und somit die Katalysatorkeime an der Oberfläche freigelegt. In einem anschliessenden Neutralisationsschritt (Dekapierung, i. A. sauer, z. B.  $H_2SO_4$ ) werden die anhaftenden Reste der Vorbehandlungsmedien und die abgelösten Kunststoffpartikel entfernt. Eine Bekeimung (z. B. mit Pd) ist nur bei Verwendung nicht kernkatalytischer Werkstoffe erforderlich. Diese Materialien werden in der Serienfertigung derzeit allerdings nicht eingesetzt. [2]

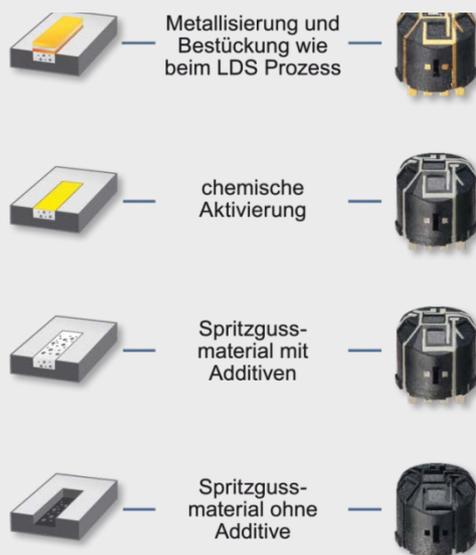


Abbildung 5: Prinzip des Zweikomponentenspritzgusses

# Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss für die Serienproduktion von MID

Dr. Christian Goth und Dr. Michael Römer



People | Power | Partnership

## ■ Metallisierung

Die Metallisierung wird bei der 2K-Technologie ebenfalls mittels chemisch-reduktiver, ausenstromloser Metallisierungsbäder durchgeführt. Der Schichtaufbau, die Schichtdicke und die Prozessführung sind mit der LDS-Technologie vergleichbar.

## ■ Prüfung

Nach der Metallisierung kann der Schaltungsträger wie bei der Laserdirektstrukturierung mittels AOI geprüft werden.

## 2.2 Materialien für die Zweikomponentenspritzguss-Technologie

Bei der 2K-Technologie werden zur Herstellung von MID spezielle Materialkombinationen eingesetzt. In einen der beiden Werkstoffe ist ein Katalysator – beispielsweise Pd oder Fe – eincompoundiert. Die eingesetzten Werkstoffe müssen dabei ein unterschiedliches Verhalten im Aktivierungs- und im Metallisierungsprozess haben.

Für Serienanwendungen wird in der MID-Technologie fast ausschliesslich die Materialkombination LCP Vectra<sup>®</sup> E820i Pd als metallisierbare (also kernkatalytische) und LCP Vectra<sup>®</sup> E130i als nicht metallisierbare Komponente eingesetzt. Grundsätzlich sind weitere Materialkombinationen verfügbar. Für kostengünstige Anwendungen, die nicht gelötet werden müssen, ist beispielsweise auch die Kombination PC (z. B. Lexan 121) als nicht metallisierbare Komponente und PC/ABS (beizbar, z. B. Cycloy MC 1300) als metallisierbare Komponente möglich. Grundsätzlich ist darauf zu achten, dass beide verwendeten Kunststoffe nahezu identische Temperaturexpansionskoeffizienten besitzen.

## 2.3 Design-Grundregeln

Für die Zweikomponentenspritzguss-Technologie hat HARTING Mitronics ebenfalls umfassende Gestaltungsrichtlinien für die Konstruktion eines MID entwickelt. [6]

Im Zweikomponentenspritzguss werden die Leiterbahnen durch den Spritzgussprozess realisiert. Deshalb sind die erzielbaren Leiterbahnbreiten und Leiterbahnabstände sehr stark von den Materialeigenschaften und der Geometrie des Formteils abhängig. Die minimale Leiterbahnbreite beträgt ca. 300 µm bei einem minimalen Leiterbahnabstand von 300 µm. Durchkontaktierungen können in der 2K-Technologie in zylindrischer Form ebenfalls mit einem Durchmesser grösser 300 µm realisiert werden, wobei hier ein Aspektverhältnis von maximal 2:1 zu beachten ist. Für konkave und konvexe Flächen gilt ein Krümmungsradius von mindestens 300 µm. Die Bauteilgrösse sollte dabei für die Bauteillänge, -breite und -höhe jeweils in einem Bereich zwischen 5 bis 40 mm liegen, wobei Sondergrössen generell möglich sind.

Bei der Verwendung von LCP im Zweikomponentenspritzguss ist zu beachten, dass die Haftungsneigung gering ist. Deshalb ist eine Verbindung zwischen erster und zweiter Komponente durch entsprechende konstruktive Massnahmen herzustellen. LCP ist aber ein flüssigkristallines Polymer mit sehr guten Fließeigenschaften. Das Material ist daher ideal für miniaturisierte Baugruppen mit langen Fließwegen bei dünnen Wandstärken geeignet. Weitere detaillierte Design-Rules können der Gestaltungsrichtlinien MID-2K entnommen werden.

# Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss für die Serienproduktion von MID

Dr. Christian Goth und Dr. Michael Römer



Pushing Performance

People | Power | Partnership



Abbildung 6: Spritzgussmaschine zur Herstellung der MID-Basissubstrate

### 3 Spezifische Vorteile und vergleichende technologische Betrachtung

Die beiden verfügbaren Fertigungstechnologien lassen Produkt- und Prozessinnovationen in hoher Vielfalt zu. Für eine funktionsorientierte und fertigungsoptimale Konzeption in technologischer und wirtschaftlicher Hinsicht ist ein umfassendes Prozessverständnis erforderlich. Die Herausforderungen für ein optimales MID-Design sind demzufolge die gleichzeitige Berücksichtigung der technischen Anforderungen, die an die Baugruppe gestellt werden, und die fertigungstechnische Realisierbarkeit der MID-Prozesse.

In Tabelle 1 ist eine Übersicht über die charakteristischen Eigenschaften der Technologien Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss dargestellt. [5] [6] Die angegebenen Werte sind dabei als Standard zu betrachten. Abweichende Werte können im Einzelfall analysiert werden.

Die Laserdirektstrukturierung zeichnet sich durch eine hohe Flexibilität, z. B. bei Layoutänderungen in der Entwicklungsphase oder auch bei einer Vielzahl an Varianten aus. Ebenso können mit der LDS-Technologie im Vergleich zum Zweikomponentenspritzguss feine Leiterbahnen realisiert werden. Ferner bietet die Laserdirektstrukturierung verschiedene Möglichkeiten zur einfachen Herstellung von Prototypen mittels des ProtoPaint LDS-Verfahrens, entwickelt von LPKF. Mit einem Lacksystem, das die laseraktivierbaren Additive enthält, kann die Substratoberfläche modifiziert und mittels LPKF-LDS®-Technologie strukturiert werden. Die Metallisierung kann in den Standardanlagen für MID durchgeführt werden. Alternativ stehen auch Laborsysteme zur Verfügung. Aufgrund der begrenzten Temperaturbeständigkeit des Lacksystems sollten als Verbindungstechniken das Leitkleben mit isotropen Leitklebstoffen oder das Lötten mit niedrigschmelzenden

# Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss für die Serienproduktion von MID

Dr. Christian Goth und Dr. Michael Römer



Pushing Performance

People | Power | Partnership

Lotpasten eingesetzt werden. Der Einsatz moderner Prototyping-Technologien wie der Stereolithografie, des selektiven Lasersinterns oder des Fused Deposition Modeling ermöglicht eine deutliche Verkürzung der Entwicklungsprozesse. Des Weiteren können die Grundkörper auch durch die mechanische Bearbeitung (z. B. Fräsen) entsprechender Halbzeuge hergestellt werden. Bei der Verwendung von LDS-Materialien muss der Grundkörper nach der mechanischen Bearbeitung allerdings gründlich gereinigt und chemisch deaktiviert werden, um Fremdmetallisierungen zu vermeiden.

Der Zweikomponentenspritzguss ermöglicht eine sehr hohe 3D-Design-Flexibilität, die nahezu unabhängig von der Prozesszeit ist. So sind auch Leiterbahnen in Kavitäten und im Bereich von Hinterschnidungen möglich, die der Laser aufgrund von Abschattungseffekten nicht erreichen kann. Da die Strukturierung während des Spritzgiessens erfolgt, ist die Rauheit im Vergleich zu laserstrukturierten Leiterbahnen deutlich reduziert. Das Drahtbonden ist folglich auf den metallisierten Flächen ohne weitere Nachbehandlung möglich. Bei LDS-Schaltungsträgern kann die Rauheit durch zusätzliche Massnahmen – wie zum Beispiel mit einem Stempel oder mittels CO<sub>2</sub>-Schneestrahl – reduziert werden.

Die elektrischen Eigenschaften der beiden Verfahren unterscheiden sich aufgrund des identischen Schichtaufbaus und der gleichen Schichtdicken nur geringfügig. Die Stromtragfähigkeit wird wegen der begrenzten Schichtdicken der nasschemischen Metallisierung durch die Leiterbahnbreite bestimmt. Generell ist zu berücksichtigen, dass die Leitfähigkeit von rein chemisch abgeschiedenen Kupferschichten nur ca. 60 Prozent der von massivem Kupfer beträgt [7]. Als Richtwert für das Schichtsystem Cu-Ni-Au gilt als spezifischer Widerstand  $9 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$  bei typischen Schichtdicken an ebenen Strukturen. Grössere Schichtstärken sind mit galvanischen Verfahren möglich, wodurch sich auch glattere und härtere Leiterbahnen realisieren lassen. Dafür müssen aber die zu beschichtenden Flächen elektrisch ankontaktiert werden. Folglich können sich Einschränkungen für das Layout ergeben oder es sind sogenannte Opferstrukturen notwendig. [2]

Neben einem reinen Vergleich der technischen Optionen ist stets die Wirtschaftlichkeit der möglichen Lösungsalternativen zu berücksichtigen. Hier ist in Abhängigkeit der Komplexität und der Stückzahl eine spezifische Analyse der jeweiligen Applikation erforderlich. Aufgrund der höheren Werkzeugkosten bei der 2K-Technologie wird bei Applikationen mit geringen Stückzahlen die Laserdirektstrukturierung eingesetzt. Bei hohen Stückzahlen kann die kürzere Prozesszeit beim Zweikomponentenspritzguss vorteilhaft sein.

# Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss für die Serienproduktion von MID

Dr. Christian Goth und Dr. Michael Römer



Pushing Performance

People | Power | Partnership

Tabelle 1: Vergleichende Betrachtung der Technologien Laserstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss

	Laserdirektstrukturierung	Zweikomponentenspritzguss
<b>Leiterbild-Definition</b>	Additiv	Spritzguss
<b>Substratwerkstoffe</b>	LPKF-LDS <sup>®</sup> -geeignetes Material	Kombination aus z. B. PC/ABS, LCP/LCP, PPA/PPS
<b>3D-Design-Flexibilität</b>	Mittel	Hoch
<b>Re-Design-Flexibilität</b>	Hoch	Gering
<b>Maximale Anzahl an Verdrahtungslagen</b>	2	2
<b>Minimaler Leiterbahnabstand in <math>\mu\text{m}</math></b>	150	300
<b>Minimale Leiterbahnbreite in <math>\mu\text{m}</math></b>	150	300
<b>Durchkontaktierung in <math>\mu\text{m}</math></b>	Grösser als $\varnothing$ 300	Grösser als $\varnothing$ 300
<b>Aspektverhältnis (s/D)</b>	Kleiner als 1:1	Maximal 2:1
<b>Krümmungsradius in <math>\mu\text{m}</math></b>	Mindestens 300	Mindestens 300
<b>Mögliche Montagetechniken</b>	SMD, Flip-Chip, Drahtbonden	SMD, Flip-Chip, Drahtbonden

# Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss für die Serienproduktion von MID

Dr. Christian Goth und Dr. Michael Römer



People | Power | Partnership

## Autoren

Dr.-Ing. Christian Goth ist für HARTING Mitronics als Strategic Technology Manager tätig. Er hat an der Universität Erlangen-Nürnberg zu dem Thema „Analyse und Optimierung der Entwicklung und Zuverlässigkeit räumlicher elektronischer Schaltungsträger (3D-MID)“ unter der Leitung von Prof. Franke am Lehrstuhl für Fertigungsautomatisierung und Produktionssystematik promoviert. Von 2007 bis 2011 war er Geschäftsführer der Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e.V.

Dr. Michael Römer ist für HARTING Mitronics als Vice Präsident Sales Europe seit Januar 2012 tätig. Er hat in Anorganischer Chemie an der Universität Bielefeld promoviert. Er ist einer der Mitbegründer der Forschungsvereinigung Räumliche Elektronische Baugruppen 3-D MID e.V. in Erlangen. Von 1985 bis 2012 war er als Marketing- und Salesmanager in verschiedenen Unternehmen wie General Electric Plastics, Hoechst/Ticona und Bosch tätig.

## Literatur

- [1] BIRKICHT, A.: 3D-MID aus einer Hand: HARTING Mitronics verfügt über die vollständige MID-Prozesskette im eigenen Haus. In: Elektronik – Sonderausgabe Räumliche Elektronische Schaltungsträger, 2011, S. 28-30.
- [2] EBERHARDT, W.; WESER, S.; KÜCK, H.: Von der Deko in die Industrie: Metallisierung von MID mit nasschemischen Verfahren. In: Elektronik – Sonderausgabe Räumliche Elektronische Schaltungsträger, 2011, S. 24-27.
- [3] FRANKE, J. (HRSG.): Räumliche elektronische Baugruppen (3D-MID) – Werkstoffe, Herstellung, Montage und Anwendungen für spritzgegossene Schaltungsträger. München: Carl Hanser Verlag, 2013.
- [4] HEININGER, N. et al.: Laserbasierte Herstellung multifunktionaler Packages am Beispiel von innovativen Mikrodrehgebern für die Automatisierungs- und Kraftfahrzeugtechnik. <http://www.lpkf.de>, Zugriff am 08.01.2012.
- [5] HARTING MITRONICS (HRSG.): Gestaltungsrichtlinie MID-LDS. Ausgabe 1.2, Stand 30.09.2009.
- [6] HARTING MITRONICS (HRSG.): Gestaltungsrichtlinien MID-2K. Ausgabe 1.2, Stand 30.09.2009.
- [7] LPKF LASER & ELECTRONICS AG (HRSG.): LDS-MID Designregeln – Technische Information. Version 2.0, Stand 10.11.2010, Garbsen, 2010.

# Laserdirektstrukturierung und Zweikomponentenspritzguss für die Serienproduktion von MID

Dr. Christian Goth und Dr. Michael Römer



Pushing Performance

People | Power | Partnership

## Glossar

### Fachbegriffe

Abkürzung	Begriff	Erklärung
	Ablation	Abtragen von Material durch Aufheizung
	Relaxation	Veränderung des Atomabstands in einem Festkörper an oder nahe der Oberfläche
CTE	Coefficient of Thermal Expansion / Thermischer Ausdehnungskoeffizient	Kennwert, der das Verhalten eines Stoffes bezüglich Veränderungen seiner Abmessungen bei Temperaturveränderungen beschreibt
FC	Flip-Chip	Ungehäuster Halbleiter-Chip (meist Silizium), der mit der Kontaktierungsseite zum Substrat (engl. to flip, umdrehen) montiert wird
MID	Molded Interconnect Devices	Spritzgegossenes Formteil mit integrierter Leiterstruktur und Bauelementen (optional)
SMT	Surface Mount Technology	Bezeichnung der Technik zur Oberflächenmontage der SMD-Bauelemente

### Abkürzungsverzeichnis

2D	Zweidimensional	Ni	Nickel
2K	Zweikomponenten	PA	Polyamid
3D	Dreidimensional	PBT	Polybutylenterephthalat
ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol	PC	Polycarbonat
AOI	Automatische optische Inspektion	Pd	Palladium
Au	Gold	PEEK	Polyetheretherketon
b	Leiterbahnbreite	PET	Polyethylenterephthalat
Cu	Kupfer	PPA	Polyphthalamid
Fe	Eisen	r	Krümmungsradius
Gew.	Gewicht	s	Dicke des Bauteils
LCP	Liquid Crystal Polymer	Sn	Zinn
LDS	Laserdirektstrukturierung	$\omega$	Einfallswinkel

### Formeln und Einheiten

CO <sub>2</sub>	Kohlenstoffdioxid	$\lambda$	Wellenlänge
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Schwefelsäure	$\Omega$	Ohm