

# Laserstrukturierte Schaltungsträger

Die Laser-Direkt-Strukturierung (LDS) ist eine Technologie, die zur Herstellung von MIDs (Molded Interconnect Devices) genutzt wird. Neben der daraus resultierenden hohen Designflexibilität von 3D-Schaltungsträgern zählen auch die Kombinationen von Schaltungsträger und Gehäuse zu den Vorteilen der LDS.

Als Molded Interconnect Devices (MID) oder spritzgegossene Schaltungsträger werden elektronische Bauteile bezeichnet, bei denen metallische Leiterbahnen auf spritzgegossene Kunststoffträger aufgetragen werden. Dabei kommen unterschiedliche Techniken zum Einsatz. Als Vorteile der MID-Technologie gelten die verbesserte Gestaltungsfreiheit und Umweltverträglichkeit sowie ein Rationalisierungspotenzial bezüglich der Herstellung des Endproduktes. Die MID-Technologie vereint elektrische und mechanische Funktionen in einem Bauteil.

Wesentliche Einsatzgebiete für die MID-Technologie sind der Automobilbau, die Industrieautomatisierung, die Medizintechnik, die Hausgeräteindustrie, die Telekommunikationstechnik, die Mess- und Analysetechnik sowie die Luft- und Raumfahrt. Das Marktvolumen der MID-Technologie wird von Experten mit einem stetigen Wachstum bedacht: So wurde das Marktvolumen in Deutschland für das Jahr 2004 mit etwa 10,7 Mio. € und die Marktgröße im Jahr 2005 mit rund 14,1 Mio. € angegeben, und das prognostizierte Volumen für 2008 wird auf bereits 56,2 Mio. € geschätzt.

Die verbesserte Gestaltungsfreiheit und vor allem die Integration von elektrischen und mechanischen Funktionen in ein Spritzgussteil können zu einer Miniaturisierung der Baugruppe führen. Außerdem können neue Funktionen

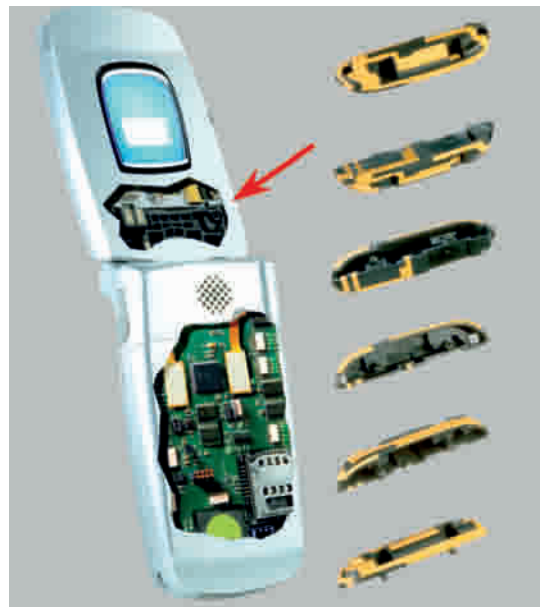
realisiert und beliebige Formen gestaltet werden. Die Rationalisierungspotenziale durch MIDs liegen in der Reduzierung der Teileanzahl (Materialeinsparung) und der Verkürzung der Prozessketten. Des Weiteren können durch die Reduzierung der Montageschritte die Zuverlässigkeit erhöht werden.

Nicht zu vernachlässigen ist die Umweltverträglichkeit der MID-Technologie. Durch den Einsatz der MID-Technologie kann der Materialmix einer Kombination aus Leiterplatte und Mechanikkomponente (konventionelle Lösung), der meist aus vielen Werkstoffen besteht, durch ein metallisiertes Kunststoffteil (MID) ersetzt werden. MIDs werden aus recycelbaren Thermoplasten hergestellt und sind unkritischer bei der Entsorgung als konventionelle Leiterplatten. Das Basismaterial für eine Leiterplatte ist dagegen im Allgemeinen ein schwer entsorgbarer und nicht recycelbarer Duroplast.

### MID-Herstellverfahren

MIDs können auf verschiedenste Art produziert werden. Die wichtigsten Verfahren zur Aufbringung der Leiterbahnen der metallisierten Flächen sind der Zweikomponentenspritzguss, das Heiß-

Durch die Laserablation entstehen mikroskopisch kleine Kavernen und Hinterschneidungen, in denen sich das Kupfer bei der Metallisierung haftfest verankern kann.



Handygehäuse, Antennenmodule und andere Freiformteile aus laserstrukturierbaren Kunststoffen lassen sich mit dem LPKF LDS-Verfahren strukturieren und aktivieren.

prägen, das Maskenbelichtungsverfahren, die Laserstrukturierung und das Folienhinterspritzen. Grundsätzlich wird zwischen subtraktiv strukturierenden und additiv metallisierenden Verfahren unterschieden.

Zur Fertigung von 3D-Schaltungsträgern sind Verfahren wie 2-Komponenten-Spritzgießen und Heißprägen bereits bekannt. Beide Verfahren sind an produktspezifische Werkzeuge zur Her-



Beim LPKF-LDS-Verfahren strukturiert der Laserstrahl das Leiterbild direkt vom Rechner auf die Oberfläche des 3D-Spritzgießformteils.



stellung der Leiterstruktur auf dem Bauteil gebunden. Die damit verbundenen hohen Initialkosten der Fertigung schränken die Flexibilität der Verfahren für kleine Stückzahlen und Designänderungen erheblich ein. Ein seriennahes Prototyping ist nahezu ausgeschlossen. Die zunehmende Miniaturisierung der Leiterbahnstrukturen auf MID-Bauteilen lässt den zeitlichen und finanziellen Aufwand für entsprechende Werkzeuge zusätzlich steigen.

Beim Laser-MID-Verfahren unterscheidet man die Laser-Direkt-Strukturierung (additiv) und die subtraktive Laserstrukturierung. Bei der Laser-Direkt-Strukturierung (LDS) erfolgt im ersten Schritt eine Oberflächenaktivierung und Oberflächenstrukturierung mittels Laser. Auf die strukturierten Flächen wird anschließend Kupfer aufgetragen. Bei der subtraktiven Laserstrukturierung wird hingegen die gesamte Bauteiloberfläche metallisiert und anschließend Ätzresist aufgetragen. Mit Hilfe des Lasers wird der Ätzresist strukturiert und die freigelegte Kupferschicht weggeätzt.

## Materialauswahl und Serienfertigung

Das Unternehmen LPKF Laser & Electronics AG aus dem niedersächsischen

Garbsen hat spezielle Lasersysteme für die Produktion von dreidimensionalen, spritzgegossenen Schaltungsträgern (MIDs) realisiert. Das LPKF-System MicroLine 3D wird in der Serienfertigung von MIDs eingesetzt. Hierzu zählen beispielsweise Handygehäuse, Antennenmodule und andere Freiformteile aus laserstrukturierten Kunststoffen, die sich mit dem System MicroLine 3D in größerer Stückzahl strukturieren und aktivieren lassen.

Nach Angaben von LPKF eröffnet MicroLine 3D-Laseranlagen dem Nutzer die kostengünstige Fertigung von MIDs in wenigen Prozessschritten.

Zu den grundlegenden Schritten der Serienherstellung von 3D-MIDs gehört die Materialauswahl. Es müssen Werkstoffe und Thermoplaste verwendet werden, welche für die Herstellung spritzgegossener Schaltungsträger geeignet sind.

Für die Herstellung spritzgegossener Schaltungsträger im LPKF-LDS-Verfahren stehen eine Reihe von Serienwerkstoffen bzw. Thermoplasten zur Verfügung, die sich aufgrund ihrer vielfältigen Eigenschaften für eine große Anzahl von unterschiedlichen Anwendungen eignen:

- PA6/6T ist ein teilaromatisches Polyamid auf Basis von Ultramid (BASF AG) mit hoher Wärmeformbeständig-



Das Lasersystem MicroLine 3D ist ein speziell für die Serienfertigung von MIDs entwickeltes Lasersystem.

keit und guten mechanischen Eigenschaften.

- PBT (Polybutylenterephthalat) auf Basis von Pocan (Lanxess) hat gute elektrische Eigenschaften und gute Verarbeitungseigenschaften.
- LCP (Liquid Crystal Polymer) auf Basis von Vectra (Ticona GmbH) hat eine niedrige Schmelzviskosität und sehr hohe Wärmeformbeständigkeit.
- PC/ABS (Polycarbonat/Acrylnitril/Butadien/Styrol) hat sehr gute Oberflächeneigenschaften und sehr gute mechanische Eigenschaften.

## Spritzgießen als erster Prozessschritt

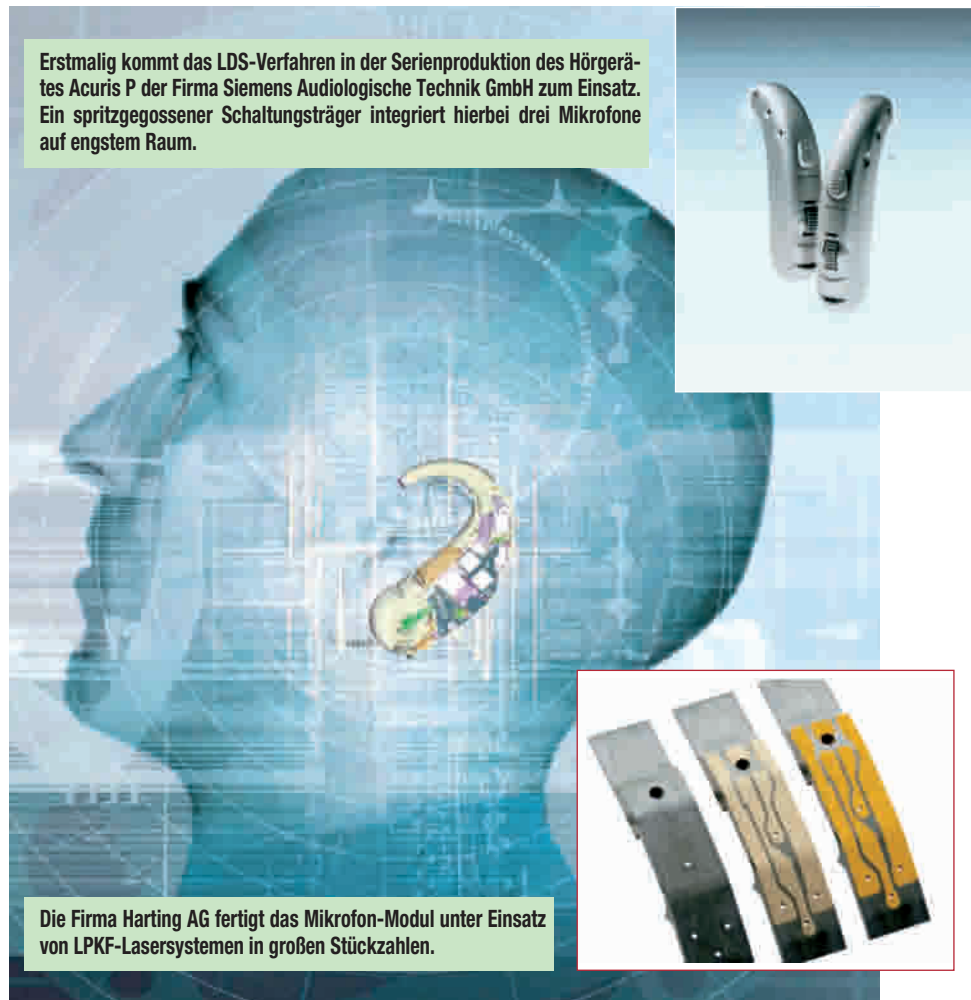
Die laserstrukturierbaren Formteile werden im 1-Komponenten-Spritzguss hergestellt. Das getrocknete und vorgewärmte Kunststoffgranulat wird dazu mit hohem Druck in die Werkzeugform gepresst. Nach dem Abkühlen wird das erstarrte Bauteil der Werkzeugform entnommen. Im Anschluss kann das spritzgegossene Formteil mit dem LPKF MicroLine 3D strukturiert werden.

Dem laseraktivierbaren thermoplastischen Kunststoffmaterial wird als spezielles Additiv ein metallorganischer Komplex zugesetzt. Um diesen zu aktivieren, induziert der Laserstrahl in seinem Fokus eine physikalisch-chemische Reaktion.

Dabei werden die Komplex-Bindungen in der Polymermatrix aufgebrochen und Metallatome von den organischen Liganden abgespalten. Diese dienen als Keime bei der reduktiven Verkupferung.

Neben der Aktivierung hat der Laser die Aufgabe, eine mikrorauhe Oberfläche zu erzeugen. Die in den Kunststoff eingebrachten Füllstoffe werden vom Laser nicht ablatiert, sondern lediglich die Polymermatrix. Dadurch entstehen mikroskopisch kleine Kavernen und Hinterschneidungen, in denen sich das Kupfer bei der Metallisierung haften verankern kann.

Die Metallisierung beim LPKF-LDS-Verfahren beginnt mit einem Reinigungsschritt zur Entfernung des Laserdebris. Im Anschluss daran erfolgt der



Erstmals kommt das LDS-Verfahren in der Serienproduktion des Hörgerätes Acuris P der Firma Siemens Audiologische Technik GmbH zum Einsatz. Ein spritzgegossener Schaltungsträger integriert hierbei drei Mikrofone auf engstem Raum.

Die Firma Harting AG fertigt das Mikrofon-Modul unter Einsatz von LPKF-Lasersystemen in großen Stückzahlen.

additive Leiterbahnaufbau mit Hilfe von stromlosen Cu-Bädern.

## Von der Metallisierung bis zur Bestückung

Vorteilhaft ist dabei, dass dieser Prozess ohne vorhergehende Aktivierungsschritte auskommt. Typischerweise werden mit solchen Bädern circa 5 bis 8  $\mu\text{m}/\text{h}$  abgeschieden. Ist anwendungsbedingt eine Erhöhung der Cu-Schichtstärke erforderlich, so kann dies mit handelsüblichen galvanischen Cu-Bädern vorgenommen werden. Applikationsspezifische Beschichtungen, beispielsweise Ni, Au, Sn, Sn/Pb, Ag, Ag/Pd usw., können ebenfalls eingebracht werden.

Der Lotpastenauftrag kann grundsätzlich per Schablonendruck erfolgen. Dazu werden allerdings ebene Flächen gleichen Niveaus benötigt. Müssen un-

terschiedliche Höhenniveaus erreicht werden oder Lotdepots in Kavitäten appliziert werden, ist idealerweise das Dispensieren einzusetzen.

Eine Reihe der laseraktivierbaren Kunststoffe, die eine hohe Wärmeformbeständigkeit aufweisen, wie PA6/6T, LCP und auch das PET/PBT Blend sind reflow-lötfähig und daher kompatibel zu Standard SMT-Prozessen.

Ähnlich verhält es sich bei der Bestückung von SMD-Bauteilen. Liegen alle Bauteile in einer Ebene, kann zur automatischen Bestückung ein Standard-Bestückungsautomat verwendet werden. Höhenversetzte Flächen sind nur automatisch bestückbar, wenn der Pick-and-Placer über eine Z-Achse verfügt. Schwieriger ist die automatische Bestückung auf Schrägen oder Freiformflächen, diese werden meist von Hand oder mit Sondermaschinen bestückt.

Neben dem Bestücken von SMD-Bau-

teilen eignen sich die im LDS-Verfahren hergestellten MIDs auch für Chip-Ankontaktierverfahren, z. B. das Bonden. Für Bond-Verbindungen ist Aluminium Dickdraht, Gold Dick- oder Dünndraht mit z. B. 25 µm Durchmesser einsetzbar.

## Fazit und Ausblick

Seit dem Jahr 1997 beschäftigt sich die LPKF mit der MID-Technologie. Mit der Einführung des LDS-Verfahrens im Jahr 2002 hat LPKF ein neues Marktsegment erobert. Lizenzverträge mit namhaften Kunststoffherstellern stellen die Verfügbarkeit der speziell für das LDS-Verfahren geeigneten Materialien sicher.

Bei der letztjährigen Fachmesse *Production* in München stellten sich bereits einige Firmen als Dienstleistungsanbieter dieser neuen Technologie vor. Zum Dienstleistungsangebot gehören beispielsweise die Realisierung einzelner Prozessschritte oder die gesamte Prozesskette für die Serienfertigung von MIDs im LDS-Verfahren.



Als bekannter Anwender der LPKF-LDS-Technologie hat sich bereits die Schweizer Harting AG hervorgetan. Das Unternehmen hat auf Basis des additiven Leiterbildaufbaus für MID-Substrate bereits serienmäßig Schaltungsträger für Hörgeräte (Mikrofon-Modul) hergestellt sowie RFID-Antennen realisiert, für die dem Unternehmen im Jahr

2006 in Hannover der Hermes Award verliehen wurde. Das LDS-Verfahren bietet eine flexible und wirtschaftliche Alternative zu anderen MID-Verfahren, da der Laser das Schaltungslayout direkt vom Rechner auf das Spritzgießteil überträgt.

Dabei werden keine zusätzlichen Werkzeuge oder Masken benötigt. Die Strukturierung erfolgt allein auf Basis der vorliegenden CAD-Daten. Das Werkzeug »Laser« eignet sich ideal für die Erzeugung feinsten Strukturen.

Zudem werden die Werkzeugkosten signifikant gesenkt, da die laserstrukturierten MIDs im 1-Komponenten-Spritzguss hergestellt werden können.

Das bedeutet hohe Kosteneffizienz, insbesondere bei feinen Strukturen und kleinen bis mittleren Stückzahlen. Hinzu kommt eine hohe Umweltverträglichkeit, da das Verfahren ohne Beiz- und Ätzchemikalien auskommt.

## KONTAKT

LPKF Laser & Electronics AG  
[www.lpkf.de](http://www.lpkf.de)