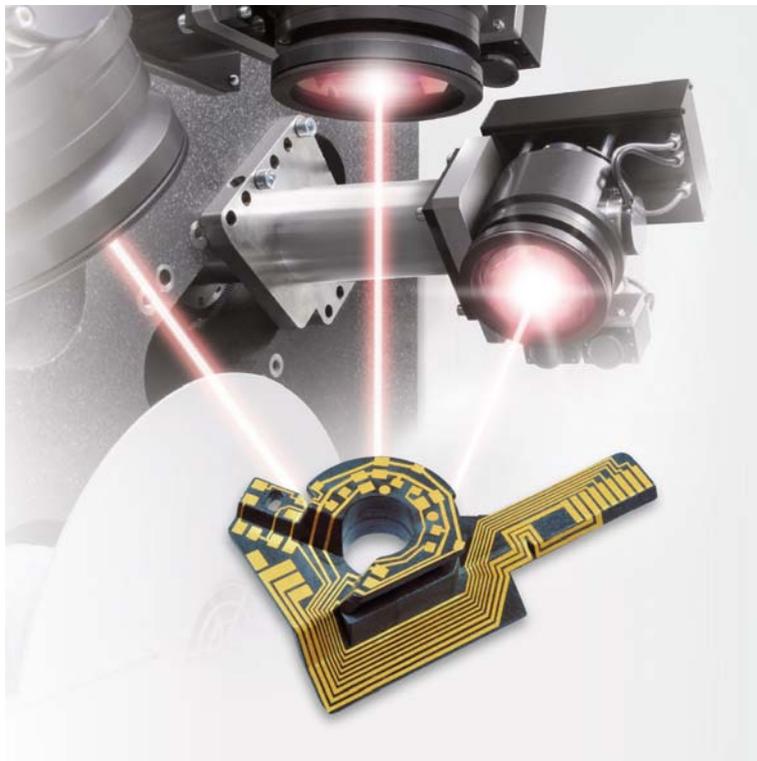


LDS MID Designregeln

Designregeln für laserdirektstrukturierte MID-Komponenten



Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	4
Werkstoffe.....	4
Werkstoffklassen.....	4
Lieferanten	5
Kriterien der Materialauswahl	6
Allgemeine Designregeln und -empfehlungen.....	7
Überblick LDS-MID Designregeln	7
LDS-MID Designregeln.....	8
Spritzguss	25
Werkzeugbau	25
Werkstoff.....	25
Oberfläche.....	25
Regeln der Anguss- und Anschnittgestaltung	25
Spritzgussprozess	26
Teilehandhabung, Verpackung und Lagerung.....	26
Handhabung	26
Verpackung und Lagerung.....	26
Laserbearbeitung	27
Datenaufbereitung	27
Kurze Füllvektoren vermeiden	27
Laserparameter	28
Weitere Prozessparameter	28
Laserbearbeitungsprozess.....	29
Teilehalterung	29
Positionierung	29
Teilehandhabung, Verpackung und Lagerung.....	29
Handhabung	29
Verpackung.....	30
Lagerung.....	30
Metallisierung	31
Teilehalterung	31

Reinigung der LDS-MID	31
Elektrolyte zur Metallisierung	32
Metallisierungsprozess.....	33
Bearbeitungsreihenfolge.....	33
Beschichtungsprozesse/Prozessstufen	33
Temperung	34
Handhabung	34
Qualitätssicherung	35
Anhang	36
Abbildungsverzeichnis.....	36
Tabellenverzeichnis.....	36
Abkürzungsverzeichnis.....	37

© LPKF Laser & Electronics AG. LPKF behält sich das Recht vor, Spezifikationen und andere Produktinformationen ohne vorherige Ankündigung zu ändern. Systeme und Produkte, die von LPKF und ihren Tochtergesellschaften angeboten werden, unterliegen bereits erteilten sowie angemeldeten US- und anderen ausländischen Patenten. Produktbezeichnungen dienen nur der Identifizierung und können Warenzeichen oder registrierte Markennamen der betreffenden Firmen sein.

Einleitung

Die Entwicklung von Moulded Interconnect Devices-Bauteilen (*MID*-Bauteilen) ist unabhängig von der gewählten Verfahrenstechnik bzw. Herstellungstechnologie ein komplexer Vorgang. Speziell für den Entwickler von *MID* auf Basis des LPKF Laserdirektstrukturierungsverfahrens (**LPKF-LDS[®]-Verfahren**) soll dieser Leitfaden den interdisziplinären Entwicklungsprozess unterstützen.

Zur Vermeidung von Fehlern oder nicht fertigungsgerechten Konstruktionen ist schon zu einem frühen Projektstadium eine sehr gute Abstimmung zwischen allen an den einzelnen Prozessen Beteiligten erforderlich.

Das trifft nicht nur auf die hier näher betrachteten **LDS**-Prozessschritte Spritzguss, Laserstrukturierung und Metallisierung zu, sondern erstreckt sich im Falle bestückter *MID* ebenso auf den Bereich der Aufbau- und Verbindungstechnik.

Werkstoffe

Zur Herstellung von **LDS-MID**-Bauteilen stehen inzwischen eine ganze Reihe verschiedener thermoplastischer Werkstoffe zur Verfügung.

Werkstoffklassen

Folgende Werkstoffe können für den **LDS**-Prozess verwendet werden:

Tab. 1: Werkstoffe

Klasse	Werkstoff
LCP	Liquid Crystal Polymer
PA 6/6T	Polyamid
PBT	Polybutylenterephthalat
PBT/PET	Polybutylenterephthalat/Polyethylenterephthalat
PPA	Polyphthalamide
PC	Polycarbonat
PC/ABS	Polycarbonat + ABS-Blend

Lieferanten

LPKF hat Materialien von unterschiedlichen Herstellern für den **LDS**-Prozess getestet und freigegeben. Folgende Materialklassen sind von den genannten Herstellern verfügbar:

Tab. 2: Lieferanten

Hersteller	Klasse
BASF AG	PA 6/6T
	PBT
LANXESS	PBT
	PET/PBT
TICONA GmbH	LCP
	LCP
RTP Co.	PC/ABS
	PC
	LCP
	PPA
DSM Engineering Plastics B.V.	PC/ABS
Mitsubishi Engineering-Plastics Corporation	PC
EVONIK INDUSTRIES	PBT
WAH HONG Industrial Corp.	PC/ABS
SABIC Innovative Plastics	PC/ABS
	PPA



Eine ausführliche Liste der freigegebenen Materialien ist auf der **LPKF**-Website unter <http://www.lpkf.com/lds-plastics> zu finden.

Hinweis

Kriterien der Materialauswahl

Da die Materialentwicklung kontinuierlich fortschreitet, wird die von **LPKF** gepflegte Liste in regelmäßigen Zeitabständen aktualisiert.

Die Auswahl des Materials richtet sich nach den Anforderungen der Anwendung für das **LDS-MID**-Bauteil. Je nach Anwendung können der Wärmeausdehnungskoeffizient, die Wasseraufnahme, die mechanischen Eigenschaften, die Lötbarkeit sowie andere weiterverarbeitende Schritte (Laserschweißen etc.) wichtige Punkte bei der Entscheidung sein. In jedem Fall ist das Werkstoffdatenblatt der Hersteller sowie deren verarbeitungstechnisches Know-how bei der Auswahl des Materials für den **LDS-MID**-Prozess zu berücksichtigen. Gern unterstützen Sie die Kunststoffhersteller in der Konstruktionsphase mit Moldflow-Studien, Füllsimulationen, Angussgestaltung und praktischen Hinweisen zur Dimensionierung Ihrer **MID**-Bauteile aus Sicht der Kunststofftechnik.

Allgemeine Designregeln und -empfehlungen

Die folgenden Designregeln (DR_xxx_LDS-MID_) sollten Sie bei der Konstruktion der MID-Bauteile berücksichtigen, um ein optimales Ergebnis zu erhalten.

Überblick LDS-MID Designregeln

Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Gültigkeit der einzelnen Design-Regeln für die verschiedenen Prozesse und Werkstoffe.

Tab. 3: Designregeln

Designregel	Allgemein	Spritzguss	Laserbearbeitung	Metallisierung	AV-Technik
DR_001 LDS-MID Nextra MID-Modul	X	X	-	-	X
DR_002 LDS-MID Kritische Stellen	X	-	-	-	X
DR_003 LDS-MID Werkstückhalterung	X	X	X	X	X
DR_004 LDS-MID Passermarken	X	-	X	-	X
DR_005 LDS-MID Anspitzen an kritischen Stellen vermeiden	-	X	-	-	-
DR_006 LDS-MID Heißkanalsysteme	-	X	-	X	-
DR_007 LDS-MID Bindenähte	-	X	X	-	X
DR_008 LDS-MID Position Auswerferpunkte	-	X	X	-	X
DR_009 LDS-MID Werkstoffschwindungen	-	X	-	-	X
DR_010 LDS-MID Thermischer Ausdehnungskoeffizient	-	X	-	-	X
DR_011 LDS-MID Laserbearbeitungszeit	-	-	X	-	-
DR_012 LDS-MID Scanfeldvolumen	X	-	X	-	-
DR_013 LDS-MID Leiterbahnbreiten bzw. -abstände	X	-	X	X	X
DR_014 LDS-MID Datamatrix- bzw. Barcode	X	-	X	X	X
DR_015 LDS-MID Kupferschichtdicke	X	X	-	X	X
DR_016 LDS-MID Bondverbindungen	X	-	X	X	X
DR_017 LDS-MID Durchkontaktierung	X	X	X	-	X
DR_018 LDS-MID Durchtauchlösungen	X	X	X	-	-
DR_019 LDS-MID Hohlnieten	X	X	X	-	X
DR_020 LDS-MID Lösbare Verbindung	X	X	X	-	X

Tab. 3: Designregeln

Designregel	Allgemein	Spritzguss	Laserbearbeitung	Metallisierung	AV-Technik
DR_021 LDS-MID Kantenradius	-	-	X	X	-
DR_022 LDS-MID Leiterbahnposition	-	-	X	X	X
DR_023 LDS-MID Einfallswinkel Laserstrahl	X	-	X	X	-
DR_024 LDS-MID Entlüftung	X	X	-	X	-
DR_025 LDS-MID Fixierung der Kunststoffteile	X	X	-	X	-
DR_026 LDS-MID Versenken von Leiterbahnen	X	X	-	X	-
DR_027 LDS-MID SMD-Bestückungsprozess	X	X	X	-	X
DR_028 LDS-MID Richtungswechsel	X	-	X	-	X
DR_029 LDS-MID Tombstone-Effekt	X	-	X	-	X
DR_030 LDS-MID Maximale Bauteilgröße	X	-	X	-	X
DR_031 LDS-MID Abstand zu Lotpads	X	-	X	-	X
DR_032 LDS-MID Passermarken	X	-	X	-	X
DR_033 LDS-MID Redundante Leiterbahnen	X	-	X	-	X
DR_034 LDS-MID Reflowlötverfahren	X	X	X	-	X
DR_035 LDS-MID Housing	X	-	-	-	X

LDS-MID Designregeln

In diesem Kapitel erfolgt eine ausführliche Beschreibung der Designregeln.

DR_001_LDS-MID_Nextra MID-Modul

Zur **CAD-Konstruktion** von *MID*-Bauteilen ist die Nutzung von Tools sinnvoll, die eine Brücke zwischen MCAD und ECAD bilden können. Nur so ist eine flexible und effiziente *MID*-Entwicklung möglich.

So ist das *Nextra*[®] *MID-Modul* der *Fa. FlowCAD* (www.flowcad.de) eine mögliche Plattform, um einen dreidimensionalen STEP-Datensatz der Leiterbahngeometrien als geschlossene Outlines zu erhalten, der dann in der Strukturierungssoftware der Lasersysteme **LPKF MicroLine 3D** oder **LPKF Fusion 3D** weiterverarbeitet werden kann.

DR_002_LDS-MID_Kritische Stellen

Definieren Sie alle "kritischen" Stellen auf dem Bauteil, z. B. Funktionsflächen wie Leiterbahnpositionen, Landeflächen für elektronische Bauelemente, Elektrodenflächen, Kontaktpads, usw..

DR_003_LDS-MID_Werkstückhalterung

Sehen Sie Möglichkeiten zur definierten **Handhabung/Halterung** des **LDS-MID**-Bauteils, z. B. für die Laserbearbeitung oder die nachfolgende Bestückung mit Elektronikbauteilen, vor.

DR_004_LDS-MID_Passermarken

Verwenden Sie **Justier-** bzw. **Passermarken**. Die Passermarken werden für die Laserbearbeitung oder *Vision-Systeme* bei der nachfolgenden Bestückung mit Elektronikbauteilen benötigt.

DR_005_LDS-MID_Anspritzen an kritischen Stellen vermeiden

Legen Sie die **Werkzeugkonstruktion** so aus, dass ein Anspritzen an kritischen Stellen vermieden wird.

DR_006_LDS-MID_Heißkanalsysteme

Wenn es möglich und kostenseitig vertretbar ist, wählen Sie Heißkanalsysteme statt Stangen- oder Bandangüssen, um an Abbrech- oder Scherkanten, die im Zuge der Entfernung der Angüsse entstehen, unerwünschte Fremdmetallisierungen durch mechanische Aktivierung des Kunststoffbauteils zu vermeiden.

DR_007_LDS-MID_Bindenähte

Vermeiden Sie Bindenähte auf den kritischen Stellen.

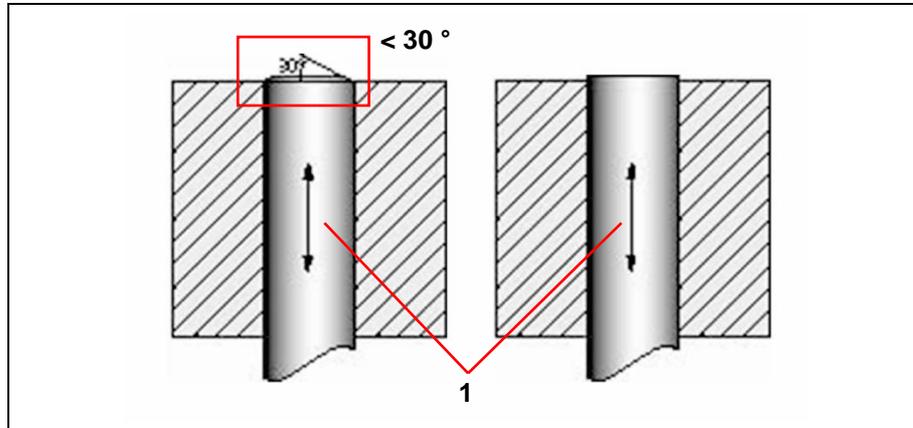
Das Leiterbild sollte nicht über Bindenähte gelegt werden, da dies besonders bei mechanischer Belastung oder Temperaturwechselbelastung kritische Auswirkungen auf die Leiterbahnen haben kann.

Achten Sie insbesondere bei *MID*-Werkstoffen der Klasse LCP auf das Leiterbild und die Bindenähte.

DR_008_LDS-MID_Position Auswerferpunkte

Vermeiden Sie Auswerferpunkte auf kritischen Stellen, z. B. Leiterbahnen. Ist dies absolut unvermeidlich, dann sollten die Auswerferstifte /1/ mit einer Fase von max. 30° an ihrem Umfang versehen werden:

Abb. 1: Fase Auswerferstift



/1/ Auswerferstift

DR_009_LDS-MID_Werkstoffschwindungen

Berücksichtigen Sie die Nachschwindung des Bauteils während der Bearbeitungsprozesse und wählen Sie optimierte Spritzgussparameter zur Minimierung der Schwindung. Achten Sie darauf, dass eine Freistrahlfeldbildung beim Einschießen der Masse in das Werkzeug verhindert wird. Ein derartiger Effekt führt zu unerwünschten Anisotropien bei der Weiterverarbeitung der *MID*-Bauteile in thermischen Prozessen, wie z. B. Lötprozessen.

Eine Mold Flow-Simulation kann vor dem Erstellen des Serienwerkzeugs eine gute Hilfe darstellen.

DR_010_LDS-MID_Thermischer Ausdehnungskoeffizient

Berücksichtigen Sie mögliche anisotrope Werkstoffeigenschaften wie z. B. den thermischen Ausdehnungskoeffizienten (Coefficient of Thermal Expansion, Abk.: CTE).

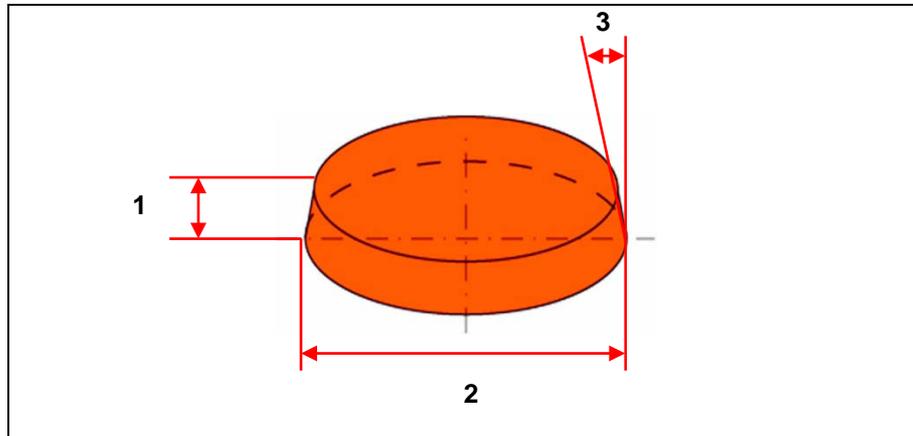
DR_011_LDS-MID_Laserbearbeitungszeit

Berücksichtigen Sie schon bei der Konstruktion des *LDS-MID*-Bauteils, dass eine geringe Anzahl von Einspannungen bzw. Bearbeitungsrichtungen die Laserbearbeitungszeit verringert und damit eine wirtschaftliche Produktion ermöglicht.

DR_012_LDS-MID_Scanfeldvolumen

Beachten Sie das maximal mögliche Scanfeldvolumen (Kegelstumpf mit einem Grundflächendurchmesser von 160 mm, einer Höhe von 24 mm und dem Mantelflächenneigungswinkel zur Grundfläche von $77,4^\circ$ für **LPKF MicroLine-3D 160 Industrial**).

Abb. 2: Scanfeldvolumen



/1/ Höhe = 24 mm

/2/ Durchmesser = 160 mm

/3/ Auslenkwinkel zur vertikalen Z-Achse = max. $12,6^\circ$

DR_013_LDS-MID_Leiterbahnbreiten bzw. -abstände

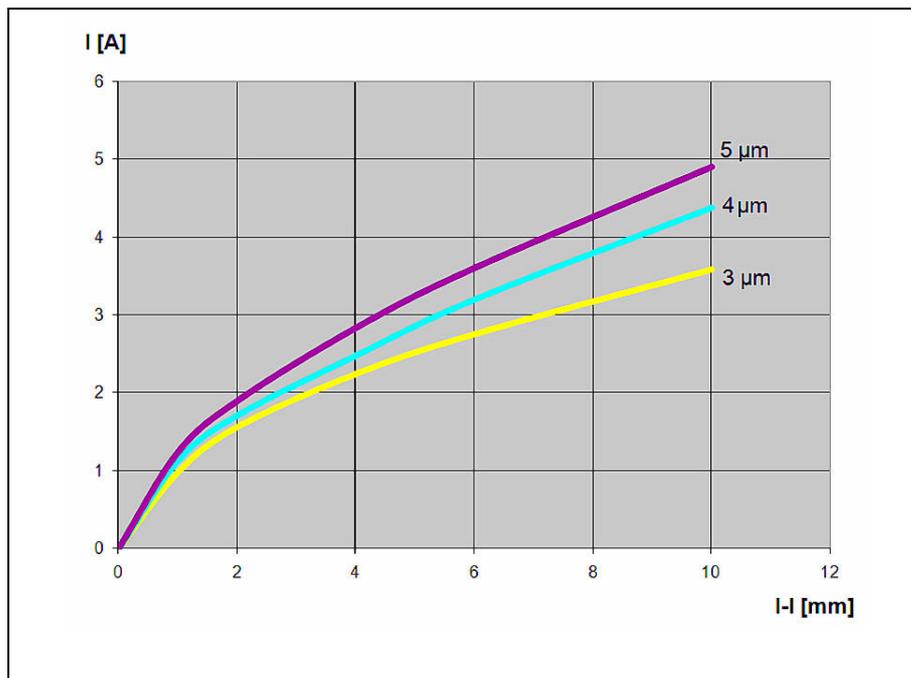
Beachten Sie die minimalen Leiterbahnbreiten und -abstände:

- empfohlene Leiterbahnbreite 150 μm
- empfohlener Leiterbahnabstand 200 μm

Stimmen Sie sich mit allen Prozessbeteiligten (Laserbearbeitung, Metallisierung und Bestückung) ab, wenn Sie geringere Werte (wie z. B. 100 μm Leiterbahnbreite und -abstand) nutzen wollen.

Bei der Dimensionierung der Leiterbahnen sollten Sie in Abhängigkeit von der Applikation der *MID*-Baugruppe auch beachten, dass die Leitfähigkeit von rein chemisch abgeschiedenen Kupferschichten nur ca. 60 % der von massivem Kupfer beträgt. Da der Freiheitsgrad "Dicke der Leiterbahn" begrenzt ist, kann die Stromtragfähigkeit nur über die Breite der Leiterbahn reguliert werden. Einen Anhaltspunkt zur Stromtragfähigkeit von chemisch abgeschiedenen Kupferleiterbahnen in Abhängigkeit von der Dicke und Breite bei einer zugelassenen Erwärmung um 40 K gibt die folgende Grafik:

Abb. 3: Dimensionierung von Leiterbahnen



I [A] = Stromstärke in Ampere

l-l [mm] = Leiterbahnbreite in mm

DR_014_LDS-MID_Datamatrix- bzw. Barcode

Mit der Strukturiersoftware bietet das **LDS®-Verfahren** die Möglichkeit der Rückverfolgung einer *MID*-Baugruppe vom Prozessschritt "Laserstrukturierung" an. Dazu müssen Leiterbahnen und ein fortlaufender Datamatrix-/ Barcode gleichzeitig aktiviert werden. Durch die anschließende Metallisierung dieser Codes wird eine gute Lesbarkeit gewährleistet.

DR_015_LDS-MID_Kupferschichtdicke

Bei **LDS-MID**-Bauteilen, die nicht galvanisch nachverstärkt werden können oder sollen, empfehlen wir aus wirtschaftlichen Gründen, die Schichtdicke für die, nach der Laserstrukturierung erfolgende, chemische Verkupferung auf 8 µm zu begrenzen.

Als Finish-Beschichtung wird für allgemeine Elektronik-Applikationen oder Löttaufbauten der stromlose Aufbau von NiP und Au empfohlen. Davon abweichende Finish-Schichten, wie z. B. chemisch Sn, chemisch Ag oder organische Schutzpassivierungen sind denkbar und mit dem Metallisierungsdienstleister abzustimmen.

Ist z. B. aus Gründen einer geforderten höheren Stromtragfähigkeit der Leiterbahnen der im chemischen Abscheidungsverfahren erreichbare bzw. wirtschaftlich sinnvolle Schichtdickenaufbau nicht ausreichend, kann eine galvanische Nachverstärkung mit Kupfer nach der chemischen Vorverkupferung erfolgen. Dies bedeutet aber im Zuge der Layouterstellung, dass zunächst alle Leiterbahnen z. B. auf einem Kontaktierungsbereich zusammengeführt werden. Das kann z. B. eine Fläche am Kunststoffteil sein, die nach der Metallisierung mechanisch abgetrennt wird, wodurch die elektrische Verbindung aller Leiterstrukturen wieder getrennt wird.

DR_016_LDS-MID_Bondverbindungen

Zunehmend finden Anwendungen für "Chip-on-MID" in der Technik Interesse, bei denen die Verbindung vom direkt auf dem Substrat aufgeklebten Chip zum Substrat über Bondverbindungen realisiert werden muss.

Generell lässt sich zwischen folgenden Bondtechnologien unterscheiden:

1. Ultraschall-Wedge-Wedge-Bonden mit Al/Si-Draht und
2. Thermosonic-Ball-Wedge-Bonden mit Au-Draht.

Diese zwei Voraussetzungen müssen erfüllt werden, damit **LDS-MID**-Bauteile erfolgreich gebondet werden können:

1. Eine möglichst glatte Bondfläche auf dem Substrat mit geringer Knospenbildung und R_z -Werten von max. 10 µm. Das stellt hohe Anforderungen sowohl an die Selektion der Laserparameter, aber auch an die Auswahl der Badchemie und die Prozessführung in der Metallisierung.
2. Die richtige Auswahl der Finish-Oberfläche, um erfolgreich Bondverbindungen realisieren zu können.

Aufgrund der beim **LDS[®]-Verfahren** prinzipbedingt auftretenden Oberflächenaufrauung sind bisher nur Bond-Applikationen bekannt geworden, die durch Ultraschall-Wedge-Wedge-Bonden mittels Al-Draht realisiert wurden. Erst in jüngster Zeit gibt es Ansätze, **LDS-MIDs** durch einen zusätzlichen Planarisierschritt im Bereich der Bondpads auch für das Thermosonic-Ball-Wedge-Bonden mit Au-Draht zugänglich zu machen.

Die gebräuchlichen Finish-Oberflächen sind:

1. Electroless Ni/Immersion Au (EN-IG)
 2. Electroless Ni/Electroless Pd/Immersion Au (EN-EP-IG)
 3. Electroless Ni/Immersion Au/Electroless Au (EN-IG-EG)
 4. Electroless Ni/Immersion Pd/Immersion Au (EN-IP-IG)
- und seit kurzem:
5. Autocatalytic Ag/Immersion Au (ASIG)

Die folgende Tabelle zeigt die Eignung der Finish-Oberflächen für verschiedene Anwendungen, darunter die Bondverfahren:

Tab. 4: Finish-Oberflächen

Anwendung	EN-IG	EN-EP-IG	EN-IG-EG	EN-IP-IG	ASIG
Leitkleben	+	+	+	+	+
Mehrfachlöten (bleifrei)	+	+	(+)	+	+
Kontakte	+	+	+	+	+
US-Bonden	+	+	(+)	+	+
TS-Bonden	-	(+)	+	+	+
Prozesshandhabung	(+)	-	+	+	+
Kosten	+	(+/-)	-	+	+
Pd-Dicke in µm	/	0,2	/	0,03	/
Ag-Dicke in µm	/	/	/	/	0,2
Au-Dicke in µm	0,1	0,1	> 0,5 gesamt	0,03	0,1

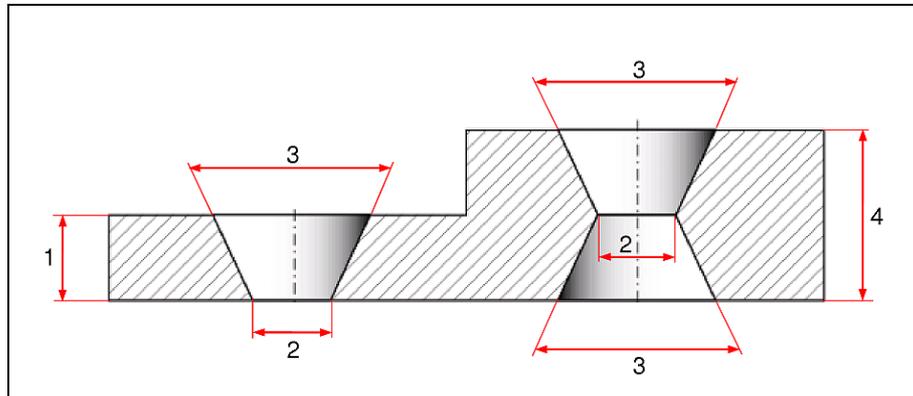
Legende:

- + geeignet/kostengünstig
- nicht geeignet/kostenungünstig
- (+) bedingt geeignet
- (+/-) die Kosten sind angemessen

DR_017_LDS-MID_Durchkontaktierung

Bei der Konstruktion von Durchkontaktierungen sind bestimmte Designvorgaben für einseitig bzw. zweiseitig kegelige Ausführungen der Durchkontaktierungen zu berücksichtigen.

Abb. 4: Durchkontaktierung



/1/ Wanddicke max. 300 μm

/3/ Winkel min. 50 °

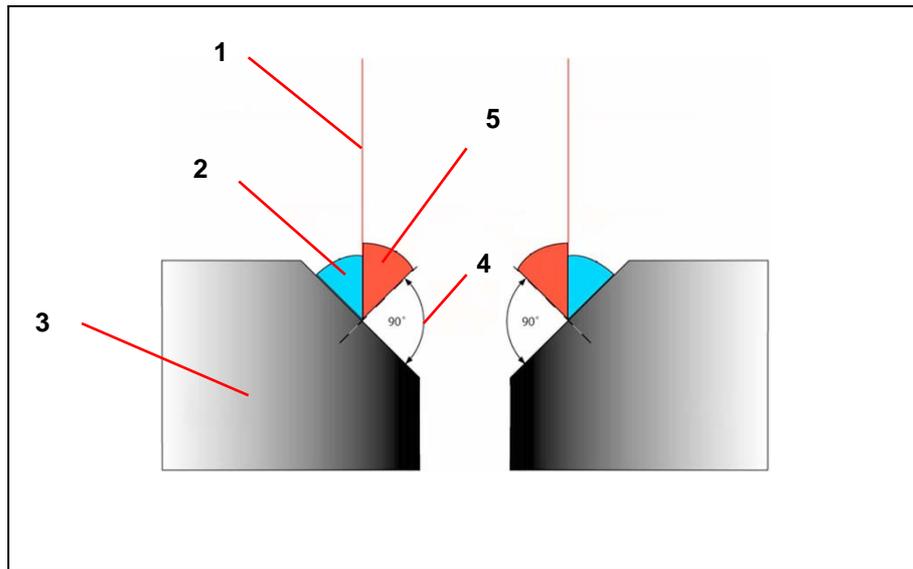
/2/ Bohrung min. 300 μm

/4/ Wanddicke max. 600 μm

Bei größeren Wanddicken /1/ oder /4/ sind die Innendurchmesser der Durchkontaktierungen zu vergrößern. Die Fasenwinkel der Durchkontaktierungen dürfen auch an vom Mittelpunkt des Scanfeldvolumens entfernten Laserpositionen den max. Einfallswinkel des Laserstrahls nicht überschreiten (siehe

DR_018_LDS-MID_Durchtauchlösungen, auf Seite 17).

Abb. 5: Laserstrahl



/1/ Mitte des Laserstrahls

/2/ 50 % des Öffnungswinkels

/3/ Werkstoff (Material)

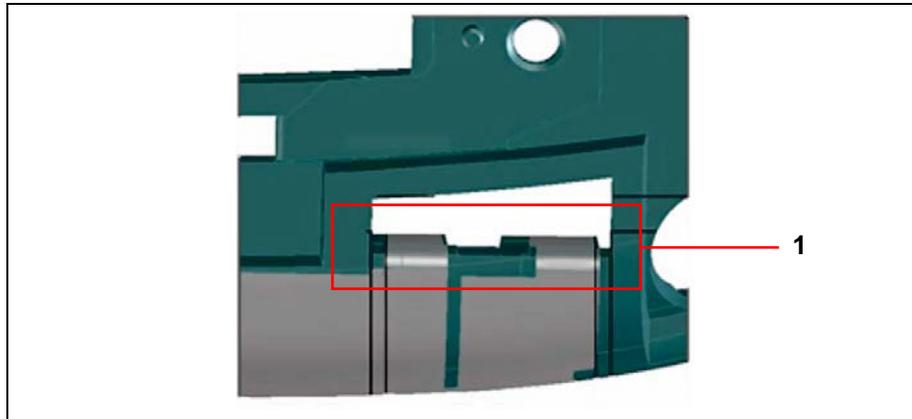
/4/ Senkrechte zur Strukturierungsoberfläche

/5/ Einfallswinkel

DR_018_LDS-MID_Durchtauchlösungen

Im Antennenbereich werden Durchkontaktierungen häufig als Durchtauchlösung über einen Kern im Spritzgusswerkzeug realisiert.

Abb. 6: Durchtauchlösung



/1/ Durchtauchlösung

In diesem Fall muss der Designer über die festzulegende Breite des Durchsteigers auch die Erreichbarkeit der durchtauchenden Leiterbahnen für die Laseraktivierung beachten.

DR_019_LDS-MID_Hohlrieten

Eine weitere Möglichkeit der Durchkontaktierung besteht im Einpressen von Hohlrieten, nach DIN 7340 - Form A, mittels einer geeigneten Durchkontaktierungspressen in spritzgusstechnisch vorbereitete Löcher.

Die Kupferhohlrieten sind im Innendurchmesser-Bereich zwischen 0,4 und 1,5 mm erhältlich.

Der Vorteil dieser Lösung besteht darin, dass damit eine zuverlässige Möglichkeit zum Anlöten von Kabeln an *MID* geschaffen wird.

Nur im Falle von LCP als *MID*-Werkstoff können (metallisierbare) Durchkontaktierungen bis herab zu einem Durchmesser von 150 µm und einem Aspektverhältnis von bis zu 1:6 auch über Laserbohren erzeugt werden. Die **MicroLine 3D**-Software enthält dazu ein entsprechendes Tool zur Technik des Wendelbohrens oder des Perkussionsbohrens.

DR_020_LDS-MID_Lösbare Verbindung

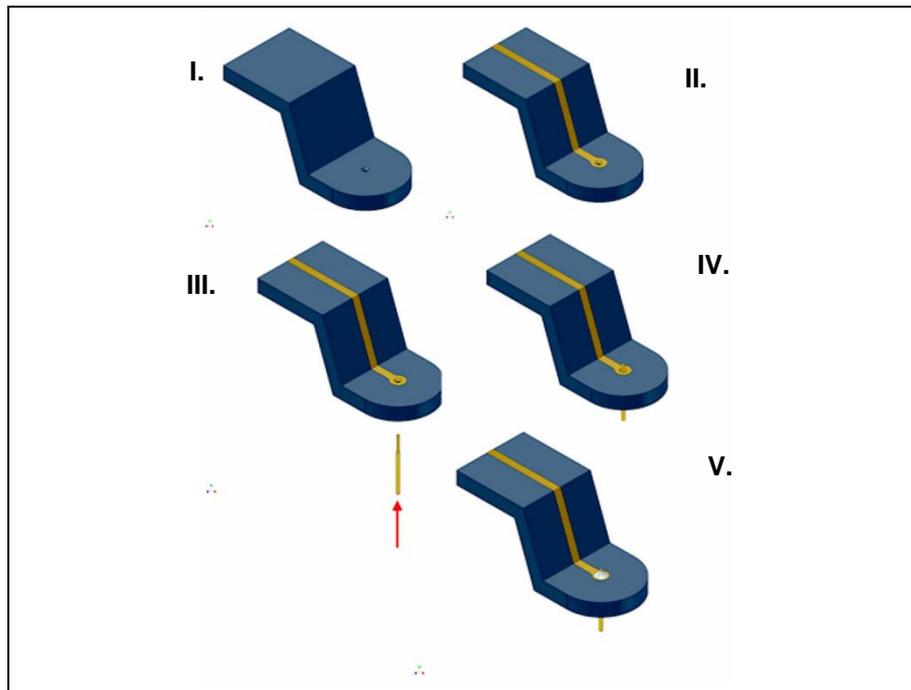
Nutzen Sie kreativ die vielfältigen konstruktiven Gestaltungsmöglichkeiten zur lös-
baren elektrischen Verbindung von *MID*-Bauteilen zur „Außenwelt“.

- Die Anbindung von *LDS-MID*-Bauteilen an PCBs, Flex-PCBs und Kabelbäumen wird am sinnvollsten über das inzwischen reichhaltig am Markt verfügbare Sortiment an SMD-Steckverbindern realisiert.

Wählen Sie dabei Typen, die über zusätzliche Lötflächen zur Fixierung des Gehäuses verfügen, so dass der Steckverbinders sowohl durch das Verlöten der Pins als auch mechanisch befestigt wird. Beim Erstellen des Layouts für die Laserstrukturierung sind diese zusätzlichen Befestigungsflächen dann zu berücksichtigen.

- Eine weitere Möglichkeit ist das Einschießen von runden oder quadratischen Steckerpins in entsprechend gestaltete Bohrungen des *MID*-Trägers und deren anschließendes Verlöten im Bestückprozess (siehe Abb. 7: Steckerpin einschießen).

Abb. 7: Steckerpin einschießen



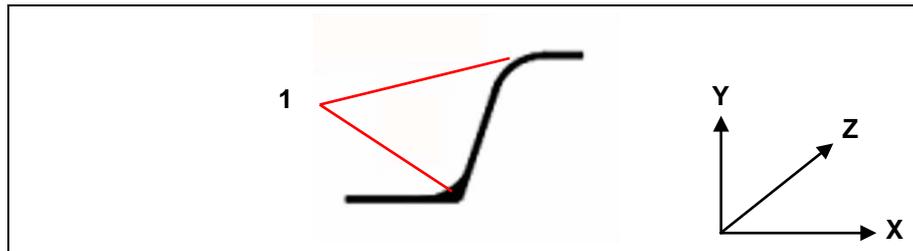
DR_021_LDS-MID_Kantenradius

Scharfkantige Übergänge sollten im Bereich von zu metallisierenden Strukturen vermieden werden.

Empfohlener Kantenradius: 150 µm

Werte von minimal 100 µm sind möglich, sollten aber mit allen am Prozess Beteiligten (Laserbearbeitung und Metallisierung) abgestimmt sein.

Abb. 8: Kantenradius



/1/ Kantenradius

DR_022_LDS-MID_Leiterbahnposition

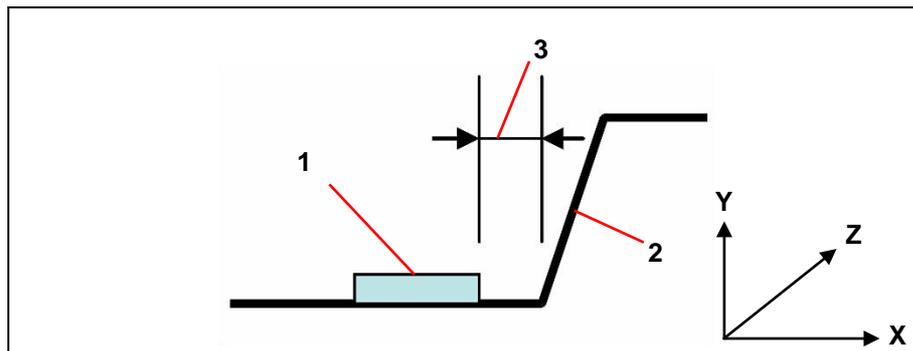
Leiterbahnen sollten so ausgelegt sein, dass sie nicht unmittelbar an Wandungen grenzen. Somit wird eine mögliche Ablagerung von Ablationsprodukten bzw. Fremdabscheidung auf der Wandung reduziert.

Je steiler der Winkel der Schräge, desto mehr Abstand sollte eingehalten werden:

150 µm bei 45° Wandneigung

250 µm bei 70° Wandneigung

Abb. 9: Leiterbahnabstand



/1/ Leiterbahn

/2/ Wandung

/3/ Abstand zwischen Leiterbahn und Wandung

Geringere Werte sind möglich, müssen aber mit allen am Prozess Beteiligten (Laserbearbeitung, Metallisierung und Bestückung) abgestimmt werden.

DR_023_LDS-MID_Einfallswinkel Laserstrahl

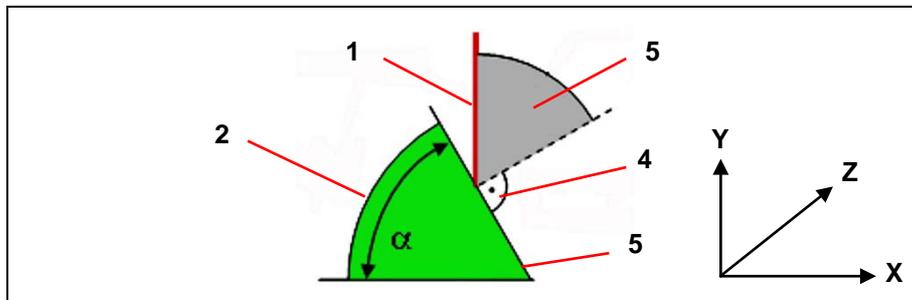
Für eine prozesssichere Aktivierung ist der maximal mögliche Einfallswinkel des Laserstrahls auf die zu strukturierende Fläche zu beachten. Als Einfallswinkel ist der Winkel zwischen dem Lot der zu aktivierenden Fläche und dem Laserstrahl definiert.

Weiterhin ist zu berücksichtigen, dass der Einfallswinkel des Laserstrahls zur Horizontalen mit größerem Abstand zur Mitte des Bearbeitungsfelds zunimmt.

- Empfohlener Einfallswinkel: 70°
- Maximaler Einfallswinkel des Laserstrahls zur Horizontalen an den Grenzen des Bearbeitungsfelds: 13° (*LPKF Microline-3D 160 IR Industrial*).

Die gleichen Winkelverhältnisse sind bei allen Prozesseinheiten am Mehrkopf-Lasersystem *MicroLine Fusion 3D* zu berücksichtigen.

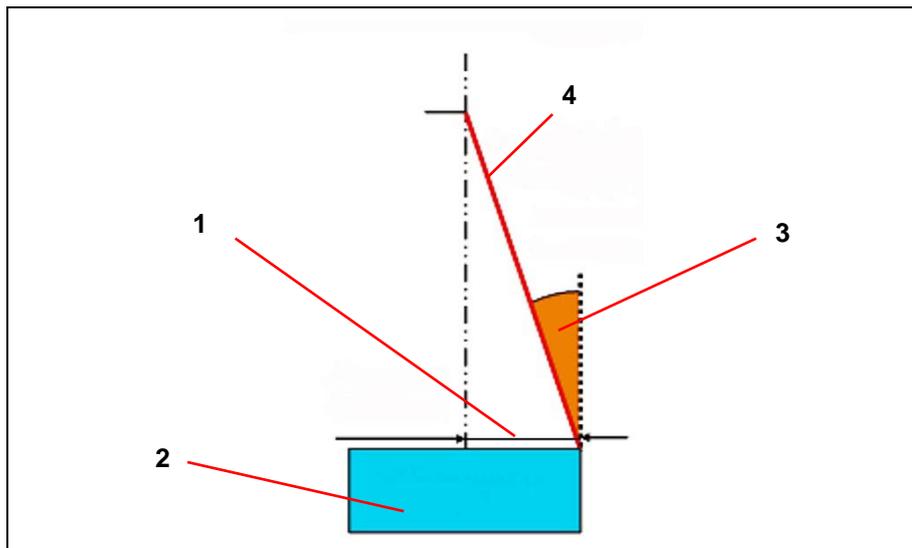
Abb. 10: Einfallswinkel



/1/ Laserstrahl
 /2/ Bauteil
 /3/ Wandung

/4/ Lot zur strukturierenden Fläche
 /5/ Einfallswinkel

Abb. 11: Bearbeitungsfeld



/1/ Abstand zur Mitte
 /2/ Bearbeitungsfeld

/3/ Einfallswinkel (13°) zur Horizontalen
 /4/ Ausgelenkter Laserstrahl

DR_024_LDS-MID_Entlüftung

Bei der Konstruktion des *MID*-Bauteils sind Entlüftungsmöglichkeiten für die bei der Metallisierung entstehenden Wasserstoffblasen vorzusehen. Unter Berücksichtigung der Befestigungslage des Bauteils am Warenträger (bei Gestellmetallisierung) ist die Konstruktion so zu gestalten, dass ein ungehindertes Ablösen dieser Wasserstoffblasen erfolgen kann, um das Dickenwachstum der Metallisierung nicht zu beeinträchtigen.

Unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten (erhöhter Aufwand für Abwasserbehandlung) ist die Konstruktion der Bauteile nicht oder nur gering schöpfend auszuführen. Dazu zählt z. B. die Vermeidung von Sackbohrungen.

DR_025_LDS-MID_Fixierung der Kunststoffteile

Zur Fixierung der Kunststoffteile im Metallisierungsprozess an Warenträgern sind Haltemöglichkeiten, z. B. Ösen, Aufnahmelöcher oder Hinterschneidungen vorzusehen, wenn die Teile nicht getrommelt werden können oder sollen.

DR_026_LDS-MID_Versenken von Leiterbahnen

Für die Metallisierung von *LDS-MID*-Bauteilen als Massenteile sollten nach Möglichkeit Leiterbahnen zum Schutz vor Beschädigungen, z. B. durch gegenseitiges Aneinanderreiben von Bauteilen speziell an Kanten, versenkt werden. Abstandshalter wie z. B. "Bumps" oder Dome auf dem *MID*-Bauteil können ein Aneinanderkleben beim Trommeln verhindern.

Die geometrische Konstruktion des Bauteils sollte so ausgelegt werden, dass ein gegenseitiges Verhaken der Bauteile im Trommelverfahren vermieden wird.

DR_027_LDS-MID_SMD-Bestückungsprozess

Sind die *MID*-Bauteile für einen SMD-Bestückungsprozess vorgesehen, sind einige grundlegende Designregeln für die Aufbau- und Verbindungstechnik zu beachten:

- Die Platzierung von Bauteilen sollte auf Ebenen erfolgen, die durchaus unterschiedliche Höhen haben können. Die diese Bestückungsebenen verbindenden Schrägen sollten unbestückt, also nur den diese Ebenen verbindenden Leiterbahnen vorbehalten bleiben. Abweichende Konzepte sind möglich, sind aber mit dem Bestückungsdienstleister bzw. dessen Anlagenlieferanten dezidiert anzustimmen.
- Für die Bewegungsfreiheit des Lotpasten-Dispensers bzw. der Bauelemente-Vakuumpinzette in automatisierten Bestückprozessen ist ein ausreichender Abstand der *SMD*-Landeflächen zu *MID*-Bauteilkanten oder -wänden vorzusehen.
- Als Toleranz der Ebenheit planarer Bestückungsflächen sollte ein Maß von 50 µm für Dispens- oder Bestückungssysteme ohne maschinelle Messung der Bauteillage nicht überschritten werden. Entsprechend hohe Anforderungen sind an die Qualität des Spritzgussteils zu stellen.

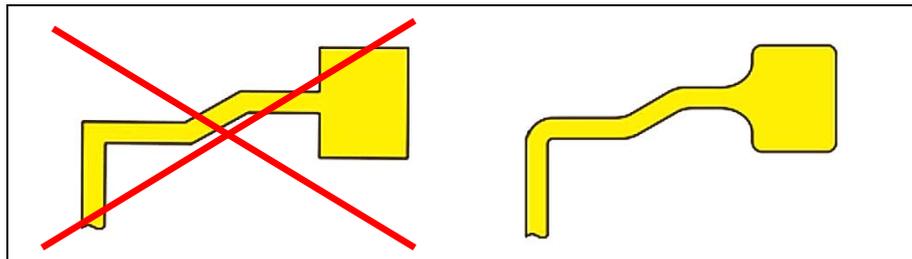
DR_028_LDS-MID_Richtungswechsel

Vermeiden Sie scharfkantige Richtungswechsel von Leiterbahnen. Versehen Sie Richtungsänderungen im Hinblick auf Stressreduzierung unter Einsatzbedingungen des *MID*-Bauteils (Temperaturwechsel) mit ausreichenden Radien (siehe Abb. 12: Optimale Leiterbahn und Pad, Seite 22). Wenig geeignet für **LDS-MIDs** ist insbesondere das Routing der Leiterbahnen mit Standardeinstellungen klassischer Routingprogramme der Leiterplattentechnik.

Beachten Sie schon bei der Konstruktion folgende Punkte:

- Die Übergänge von Leiterbahnen zu *SMD*-Bauteilpads sollten nicht abrupt, wie in der Leiterplattentechnik üblich, sondern gleitend gestaltet werden. Dies insbesondere dann, wenn ein Aufbringen einer Lötstopmmaske (wie häufig bei *MID*-Bauteilen) nicht oder nur mit hohem Aufwand möglich ist, weil dann ein durch den Kapillareffekt verursachtes Abfließen der aufschmelzenden Lotpaste von den Pads in Richtung Leiterbahnen verringert werden kann.
- Die Ecken von *SMD*-Pads sollten verrundet werden, da dadurch die Gefahr des Abhebens vom Substrat im thermischen Stress, dem die *MID*-Baugruppe während des Lötprozesses ausgesetzt ist, verringert wird.

Abb. 12: Optimale Leiterbahn und Pad



DR_029_LDS-MID_Tombstone-Effekt

Das Abfließen des Lotes von Bauteilpads und die damit verbundenen Probleme beim Reflowlöten, wie z. B. der "Grabstein (Tombstone)-Effekt" können z. B. dadurch verhindert werden, dass quer über die Leiterbahn kurz vor dem Pad ein Strich eines geeigneten Lötstopplacks mit dem Dispenser aufgetragen wird. Ein mögliches anderes Auftragsverfahren ist der Tampondruck.

DR_030_LDS-MID_Maximale Bauteilgröße

Die maximale Bauteilgröße für *SMD*-Widerstände und *SMD*-Kondensatoren sollte 1206 nicht überschreiten, da es aufgrund der stärkeren Unterschiede in den thermischen Ausdehnungskoeffizienten zwischen Kunststoffsubstrat und Leiteraufbau im Vergleich zu FR4-Aufbauten bei *MID*-Bauteilen zu erhöhten Ausfällen in thermischer Wechselbeanspruchung kommen kann.

Wegen des Fehlens von Lötstoppmasken ist zu empfehlen, zwischen zwei Pads für Bauteile der Größe 1206 nur einen Leiterzug zuzulassen.

DR_031_LDS-MID_Abstand zu Lotpads

Der Abstand von nicht mit Lot bedeckten Funktionsflächen (z. B. Kontaktflächen) zu Lotdepots für Bauelemente sollte so reichlich bemessen sein, dass ein Überfließen des Lotes vom Pad entlang der verbindenden Leiterbahnen auf die Funktionsfläche zuverlässig verhindert wird.

DR_032_LDS-MID_Passermarken

In der Regel erfolgt die Aufbau- und Verbindungstechnik in der Serienfertigung über automatisierte Prozesse. Dies bedeutet, dass die Lage der Dispens- und der Bestückposition präzise über *Visionsysteme* erkannt und überwacht werden muss. Schon in der Entwurfsphase des Schaltungslayouts sollte die Möglichkeit der Integration von geeigneten Passermarken (Fiducials) für den Bestückprozess berücksichtigt werden. Dabei ist auch die Frage des Kontrasts der Fiducials, vor dem Hintergrund des Kunststoff-Basisträgers, gemeinsam mit dem Bestückungsdienstleister abzuklären.

DR_033_LDS-MID_Redundante Leiterbahnen

Nutzen Sie die Möglichkeit der redundanten Ausbildung von Leiterzügen an „kritischen“ Stellen (siehe DR_002_LDS-MID_Kritische Stellen, auf Seite 8). Das **LDS[®]-Verfahren** bietet dazu ideale, weil unkomplizierte, Voraussetzungen.

DR_034_LDS-MID_Reflowlötverfahren

Die Auswahl des Reflowlötverfahrens sollte ebenfalls schon in der Bauteilkonstruktion Berücksichtigung finden.

- Beachten Sie bei IR- oder Konvektionslötung mögliche lokale Überhitzungen von erhabenen Geometrien oder Wänden, die den Wärmequellen zugewandt sind.
- Im Falle des für die *MID*-Technik generell empfehlenswerten Dampfphasen-(Kondensations-)Lötens achten Sie auf eine leichte Abflussmöglichkeit des Galdens, um lange Abdunstzeiten nach dem Reflowprozess zu vermeiden.
- Eine weitere mögliche Alternative ist das selektive Laserlöten mit optischer Prozesskontrolle.

DR_035_LDS-MID_Housing

Je nach Einsatzspektrum der fertig bestückten **LDS-MID**-Bauteile können konstruktiv verschiedene Möglichkeiten für das Housing der fertigen Baugruppen in Frage kommen.

- Am Markt stehen eine Reihe Vergussharze und Schutzlacke unterschiedlicher Hersteller zur Verfügung, die entweder einen vollständigen Schutz oder, partiell appliziert, einen Schutz in ausgewählten Schaltungsbereichen gewährleisten können.
- Eine verarbeitungstechnisch interessante Möglichkeit zum Schutz der *MID*-Baugruppe vor Umgebungseinflüssen besteht in der Anwendung von Hotmelt-Vergussmassen.
- Sehr interessant ist auch die Möglichkeit zur hermetischen Kapselung von *MID*-Baugruppen über das Laserschweißen, wenn als Material für die "Abdeckkappe" ein lasertransparentes Material gewählt wird. Nähere Informationen zur Verfahrenstechnik sind über unseren Geschäftsbereich Kunststoffschweißen in Erlangen (www.laserquipment.de) zu erhalten.

Spritzguss

Werkzeugbau

Werkstoff

Die Spritzgusswerkzeuge sollen nicht aus Aluminium hergestellt werden, um werkzeugbedingte Fremdabscheidung bei der Metallisierung von **LDS-MID**-Bauteilen zu vermeiden. Für die Verarbeitung von **LDS**-Materialien haben sich durchhärtbare Stähle wie 1.2343 oder 1.2767 bewährt.

Oberfläche

Eine Standardoberflächengüte ($R_z \leq 5\mu\text{m}$) ist ausreichend, ein Polieren der Oberfläche ist im Allgemeinen nicht notwendig. Für Bereiche des **MID**-Bauteils, auf denen später gebondet werden soll, empfehlen wir dagegen eine partielle Politur des Werkzeuges unter Verwendung spezifischer Laserparameter für Bondbereiche. Das Werkzeug soll so ausgelegt sein, dass eine zeitliche und örtliche Gleichmäßigkeit der Werkzeugtemperierung sichergestellt ist.

Regeln der Anguss- und Anschnittgestaltung

Beachten Sie folgende Regeln für die Anguss- und Anschnittgestaltung:

1. Vorzugsweise direkter Stangenanguss in das Zentrum des Teils.
2. Anschnitt an die dickste Wandstärke legen.
3. Immer einen Pfropfenfänger vorsehen.
4. Verteilerdurchmesser größer als Teilewanddicke.
5. Anschnittdicke mindestens 50 % der Teilewanddicke.
6. Freistrahlbildung durch große Anschnittquerschnitte und Spritzen gegen eine Wand verhindern.
7. Wenn mehrere Anschnitte notwendig sind, ist die Bildung von Bindenähten zu beachten!

Bei Mehrfachwerkzeugen macht sich, im Sinne der Sicherung gleich bleibender Qualität an allen Kavitäten, die Ausrüstung der Werkzeuge mit Werkzeuginnendruck-Sensoren bezahlt, die in die Regelcharakteristik der Spritzgussmaschine eingebunden werden.

Spritzgussprozess

Vor dem Spritzguss einer **LDS-MID**-Charge sind Rückstände aus vorherigen Spritzgussprozessen sorgfältig zu entfernen, um eine Kontamination zu vermeiden. Trennmittel, insbesondere solche auf Silikonbasis dürfen beim Spritzgießen nicht verwendet werden. Schmierstoffe für Auswerferstifte sollten vermieden oder nur äußerst sparsam verwendet werden.

Das von den Granulat-Herstellern in den Verarbeitungshinweisen angegebene Prozessfenster sowie die Anweisungen zum Vortrocknen des Materials sind einzuhalten. Zur Gewährleistung einer gleichbleibenden Qualität sollten Prozessunterbrechungen vermieden werden.

Teilehandhabung, Verpackung und Lagerung

Handhabung

Bei der Handhabung von **LDS-MID** sind Beschädigungen sowie Verschmutzungen (z. B. Kratzer, Metall- und Hautkontakt) insbesondere auf den kritischen Stellen zu vermeiden.

Verpackung und Lagerung

Geeignete Ablagen für die aus dem Spritzgießwerkzeug entnommenen Teile sowie Verpackungen für den Weitertransport sind vorzusehen. Bestens bewährt haben sich tiefgezogene Kunststofftrays, die Basis eines durchgängigen Transportkonzepts sein können. Dabei sind die möglichen Einflüsse der Verpackungsmaterialien auf Folgeprozesse zu berücksichtigen (Laserbearbeitung, Metallisierung, Löten, Kleben usw.). Die Wasseraufnahme der **LDS-MID**-Bauteile während der Lagerung ist unbedingt zu vermeiden.

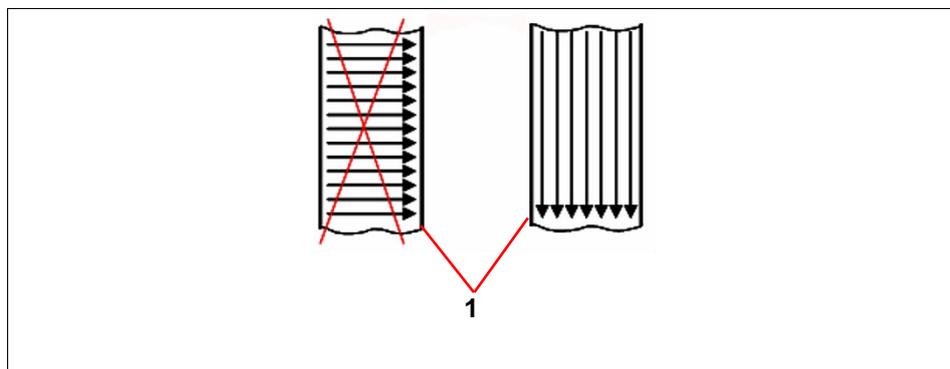
Laserbearbeitung

Datenaufbereitung

Kurze Füllvektoren vermeiden

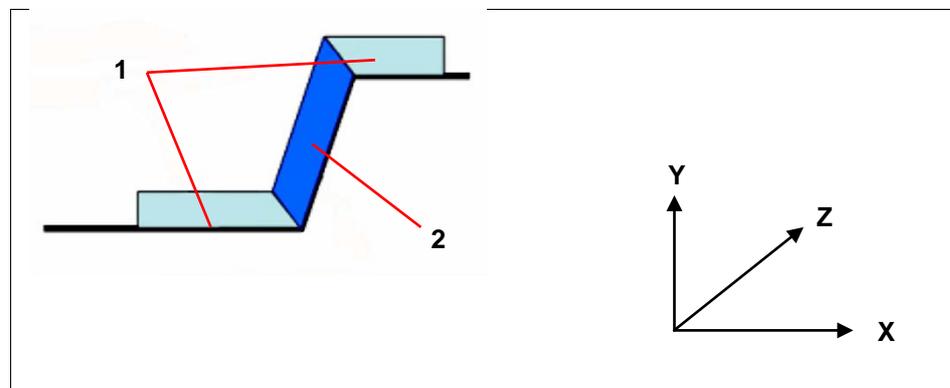
Vermeiden Sie kurze Füllvektoren. Schmale Leiterbahnen sollten daher in Leiterbahnrichtung und nicht quer dazu gefüllt werden (siehe Abb. 13: Füllvektoren). Soll ein **LDS-MID**-Bauteil mit verschiedenen Schrägen strukturiert werden, sind zur Erzielung einer prozesssicheren Aktivierung eventuell für die verschiedenen Bereiche unterschiedliche Laserparametersätze zu verwenden (siehe Abb. 14: Parametersätze). Beachten Sie aber, dass der Dynamikbereich der optischen Z-Achse nicht überschritten wird.

Abb. 13: Füllvektoren



/1/ Leiterbahnumrandung

Abb. 14: Parametersätze



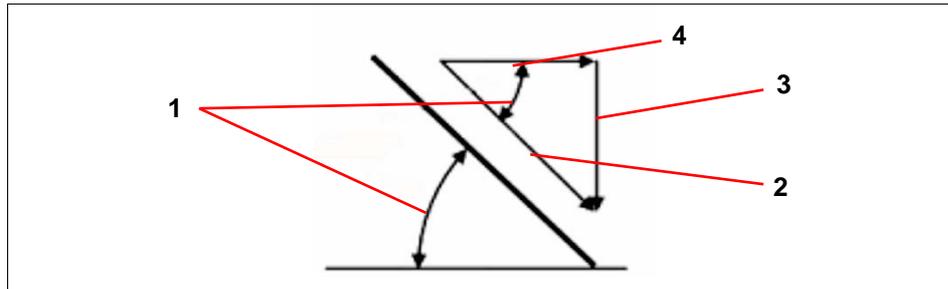
/1/ Parametersatz 1

/2/ Parametersatz 2

Laserparameter

Ein weiterer, die Frequenz beschränkender, Faktor ist die maximale Geschwindigkeit der Fokuspachführung in Z-Richtung: Je steiler eine zu bearbeitende Schräge ist, desto schneller muss der Fokus in Z-Richtung bei der Bearbeitung nachgeführt werden. Eine Fokuspachführungsgeschwindigkeit von maximal 1.000 mm/s bei der **MicroLine-3D 160i** Anlage ergibt beispielsweise eine maximale Verfahrgeschwindigkeit von 1.500 mm/s auf einer Schräge mit 45° (siehe Abb. 15: Verfahrgeschwindigkeit).

Abb. 15: Verfahrgeschwindigkeit



/1/ Winkel der schrägen Ebene = α

/3/ Geschwindigkeit Z-Richtung = v_z

/2/ Resultierende Geschwindigkeit = v

/4/ Geschwindigkeit X-Richtung = v_x

Die Formel für die Berechnung der resultierenden Geschwindigkeit der schrägen Ebene lautet:

Bei $v_z(\max) = 1.000 \text{ mm/s}$ und $\alpha(\max) = 45^\circ$ ergibt sich folgender Wert für die resultierende Geschwindigkeit v auf der Schrägen:

Weitere Prozessparameter

Geeignete Prozessparameter für mittlere Laserleistung, Längs- sowie Quer-Pitch müssen ermittelt werden, wobei die Hinweise des Laseranlagenherstellers zu beachten sind.

Zur Laserdatenaufbereitung für das neue **LPKF Fusion 3D** System steht unseren Kunden ein umfangreiches Trainings- und Schulungsvideo-Angebot für die 3D-Software **CircuitPro 3D** zur Verfügung.

Laserbearbeitungsprozess

Teilehalterung

Alle Teilehalterungen bzw. Klemmvorrichtungen für die Laserbearbeitung des **LDS-MID**-Bauteils sollen nach Möglichkeit aus Kunststoff gefertigt sein, um Fremdabscheidung bei der Metallisierung zu vermeiden. Wenn das Bauteil für die Laserbearbeitung nacheinander in mehreren Positionen eingespannt werden muss, sind geeignete Aussparungen an der Halterung bzw. Klemmvorrichtung vorzusehen, damit bereits aktivierte Bereiche beim Halten in der nächsten Position nicht beschädigt werden.

Positionierung

Durch Verwendung eines optischen Systems (*Visionsystem*) zur Ausrichtung des Leiterbilds auf dem Bauteil ist der Ausgleich von Toleranzen möglich, die durch die Bauteilhalterung/-einspannung, Scannerspiegel, Positioniersysteme etc. verursacht werden können.

Fixture Design Rules helfen dem Konstrukteur von spezifischen Teilehalterungen. Unseren Laseranlagen-Kunden stellen wir diese Unterlagen kostenfrei zur Verfügung.

Teilehandhabung, Verpackung und Lagerung

Handhabung

Bei der Handhabung von **LDS-MID**-Bauteilen während und nach dem Laserprozess sind Beschädigungen sowie Verschmutzungen (z. B. Kratzer, Metall- und Hautkontakt) insbesondere auf den aktivierten Stellen zu vermeiden (siehe Kapitel 0 Teilehandhabung, Verpackung und Lagerung, Seite 26).

Beim manuellen Be- und Entladen der zu bearbeitenden bzw. bearbeiteten Teile in bzw. aus den Laserhalterungen, empfehlen wir für den Maschinenbediener das Tragen von fusselreien Baumwollhandschuhen, die regelmäßig gereinigt werden sollten. Ganz kritisch wirkt sich das Tragen von Latex-Fingerlingen über längere Zeit auf die Qualität im Metallisierprozess aus, weil Handschweiß früher oder später durch die Latex-Fingerlinge hindurch diffundiert und so Rückstände auf den Teilen verbleiben!

Verpackung

Als Verpackungsmaterial für den Weitertransport der Teile zum Prozessschritt Metallisierung ist kein Papier zu benutzen, welches schwefelhaltige Verbindungen enthält. Feuchtigkeit und Temperatur können die Aktivierung beeinflussen, weshalb direkte Sonneneinstrahlung vermieden sowie Silikagel bei der Lagerung verwendet werden soll.

Lagerung

Eine Lagerzeit der laseraktivierten Teile von einigen Wochen zwischen Laserprozess und Metallisierung unter normalen Lagebedingungen (10 – 20° C, ≤ 65 % rel. Feuchte) ist ohne Probleme für den sich anschließenden Metallisierungsprozess möglich.

Vermeiden Sie unbedingt die Lagerung von Teilen, wenn die Möglichkeit von Betauungen in Verbindung mit Temperaturen unter 0° C besteht oder unter dem Einfluss von Industrie- (Schadgas-)Atmosphäre. Geht das nicht, muss die Lagerzeit unter diesen Bedingungen so kurz wie möglich gehalten werden.

Metallisierung

Teilehalterung

Die Festlegung der Metallisierungsmethode (d. h. Trommeln, Korb- oder Gestellmetallisierung) sowie der Art der Gestelle bzw. die Maschenweite der Trommel bzw. Körbe sollten nach Bauteileignung und in Rücksprache mit dem Metallisierungsdienstleister geschehen. Für Warenträger (Gestelle oder Körbe) sind vollflächig im Wirbelsinterverfahren mit thermoplastischen Fluorkohlenwasserstoffen (*Halar*[®]) isolierte Ausführungen zu empfehlen, die in regelmäßigen Abständen gestrippt werden müssen.

Reinigung der LDS-MID

Die Entfernung der beim Laserstrukturieren entstehenden Ablationsprodukte, die hochaktiviert sind und zu massiven Problemen hinsichtlich Fremdmetallisierungen führen können, ist für eine problemlose Weiterbearbeitung der Teile von essenzieller Bedeutung und kann sowohl unmittelbar nach dem Laserprozess, typischerweise aber eher vor der Metallisierung in Ultraschallbädern, mit Hochdruckwasserstrahl oder bei sehr hohen Ansprüchen an die Reinheit in idealer Weise durch eine CO₂-Schneestrahlsreinigung vorgenommen werden (nähere Informationen zu dieser Technologie findet man auf der Website der Firma acp-micron: www.acp-micron.com).

Gebräuchliche Medien zur Reinigung im Ultraschallbad (empfohlene Ultraschallfrequenz: 40 kHz) sind wässrige Tensid-Lösungen wie z. B. *Mucosol* oder *Tickopur* (beide nur in Europa erhältlich) sowie wässrig-alkoholische Tensid-Lösungen (z. B. *Tickopur* + Isopropanol). Da der Reinigermarkt eher lokal geprägt ist, empfehlen wir dem Anwender, sich an den Lieferanten für die Kupfer-/Nickel-/Gold-Chemie zwecks Auswahl geeigneter Reinigungsschemie zu wenden.

Bitte beachten Sie, dass die chemische Natur des Reinigungsmittels negative Auswirkungen auf die Metallisierbarkeit von **LDS-MIDs** haben kann. Entsprechende Vorversuche sind daher dringend anzuraten.

Elektrolyte zur Metallisierung

Die Lager- und Einsatzbedingungen der Hersteller stromloser Metallisierbäder (siehe Übersicht der für das **LDS®-Verfahren** geeigneten und angewandten chemischen Kupfer-Bäder) sind zu beachten. Dabei muss eventuell die Transportkette berücksichtigt werden, unter Umständen ist ein temperierter Transport notwendig.

Die Haltbarkeitsdauer der Elektrolyte ist beim Einsatz zu berücksichtigen.

Die folgende Tabelle zeigt die Anwendbarkeit der unterschiedlichen Kupferbäder für:

- 1 Anwendbarkeit als Kupfer-Strike-Bad für PC und PC/ABS im zweistufigen Prozess
- 2 Anwendbarkeit als Full-Build-Kupfer-Bad für PC und PC/ABS im zweistufigen Prozess
- 3 Anwendbarkeit als ein-stufiges Kupfer-Bad (für LCP, PA, PBT, PBT/PET, PPA)

Tab. 5: Anwendung Kupferbad

Kupferbad	Hersteller	1	2	3
Circuposit 4500	www.rohm-haas.com	Nein	Ja	Ja
Cuposit 71-HS (alt XP 6870)		Ja*	Ja	Ja
M-Copper 85	www.macdermid.com	Ja	Nein	Nein
Macuplex MID Copper		-	Ja	Ja
Macuplec 85 MX-LDS		Ja*	Ja	-
MID Copper 100		Ja	Ja	Ja
Cupralux INI	www.ato-tech.com	Ja*	Ja	Ja
Enplate MID Select 9070	www.cookson-electronics.com	Ja	Nein	Nein
Enplate Cu 872		Nein	Ja	Ja
Enplate LDS 400 (in Entwicklung)		Ja*	Ja	-
Cupro-Coat 100	www.aimt-group.com	-	Ja	Ja

*unter speziellen Konditionen

Metallisierungsprozess

Bearbeitungsreihenfolge

Zur Vermeidung von unnötigen Lagerzeiten nach der Laserbearbeitung sollten die zuerst laserbearbeiteten Bauteile auch zuerst metallisiert werden (FIFO-Prinzip (First in first out-Prinzip)).

Für die Ermittlung des Prozessfensters der Metallisierung sollen die Verarbeitungshinweise der Elektrolythersteller herangezogen werden. Während der Metallisierung ist die regelmäßige analytische Überwachung und Ergänzung der Badkomponenten unumgänglich, um ein reproduzierbares Ansprungsverhalten und eine gleichbleibende Abscheidung zu gewährleisten.

Weiterhin ist für ausreichende Warenbewegung zu sorgen. Insbesondere bei der Abscheidung von chemischem Kupfer sind die Bäder bei optimaler Badlast zu betreiben. Eine Umlauffiltration der Bäder über Filterkerzen mit Filterfeinheiten $\leq 5 \mu\text{m}$ wird empfohlen.

Beschichtungsprozesse/Prozessstufen

Die einzelnen Beschichtungsprozesse sind Nass-in-Nass durchzuführen, wobei nach jedem Prozessschritt im Hinblick auf die Standzeit der einzelnen Bäder auf eine gute Spülung zu achten ist.

Für einen problemlosen Bestückungsprozess wird eine fleckenfreie Trocknung der Teile empfohlen, indem die letzte Spüle nach den Metallisierungsprozessen als Heißspüle (ca. 90°C mit Leitfähigkeiten $< 1 \mu\text{S/cm}$) ausgebildet wird und die Teile anschließend in Umluft getrocknet werden.

Die nachfolgende Liste zeigt die wichtigsten anlagentechnischen Prozessstufen für eine Standard-**LDS**-Metallisierung:

Tab. 6: Stufen der Metallisierung

Stufe	Beschreibung
1	Vorreinigung gemäß Ausführungen in Abschnitt 6.2 „Reinigung der LDS-MID“
2	Cu-Bad / Cu-Bäder als einstufiger oder zweistufiger Prozess (Strike- + Full-Build) – Kupferprozess je nach LDS -Material und verwendeter Badchemie
3	MicroEtch
4	Pd-Aktivierung
5	Nickel-Bad (gegebenenfalls zweistufig, je nach Schichtenanforderungen)
6	Gold-Bad
7	Heißspüler
8	Trocknung

Nach jedem genannten Prozessbad (Aktivbad) ist eine gute Stand-/Fließspül-Kombination einzufügen.

Für interessierte Laseranlagen-Kunden, die in die Metallisierung von **LDS**-Teilen einsteigen möchten, stellt **LPKF** gern detaillierte Designempfehlungen für komplette Metallisieranlagen sowohl für Prototypen-Fertigungen als auch für Serienfertigungen zur Verfügung.

Temperung

Eine Temperung der *MID*-Bauteile nach der Metallisierung und vor den Prozessen der Aufbau- und Verbindungstechnik kann in vielen Fällen zu einer Verbesserung der Haftfestigkeit des Kunststoff-Metall-Verbundes führen.

Außer bei PC/ABS als Material hat sich eine Temperung bei 120° C für eine Stunde zur thermischen Konsolidierung des metallisierten *MID*-Bauteils bewährt. PC/ABS sollte bei Temperaturen < 85° C, dann aber mit verlängerter Zeit getempert werden.

Handhabung

Bei der Handhabung metallisierter **LDS-MID**-Bauteile sind Beschädigungen so-wie Verschmutzungen (z. B. Kratzer, Metall- und Hautkontakt) insbesondere auf den metallisierten Stellen zu vermeiden. Geeignete Verpackungen sind vorzusehen, je nach Bauteil mit Teilevereinzelnung (z. B. Tiefziehtrays). Dabei sind die möglichen Einflüsse der Verpackungsmaterialien auf Folgeprozesse zu berücksichtigen (Löten, Kleben etc.). Elektrostatische Aufladung durch die Verpackung soll vermieden werden, vor allem vor der Bestückung der **LDS-MID**-Bauteile. Ob eine Electro Static Discharge –Verpackung (ESD-Verpackung) zum Einsatz kommen soll, hängt von der Schaltungstechnik der Baugruppe und deren ESD-Empfindlichkeit ab und ist mit dem Dienstleister der Aufbau- und Verbindungstechnik abzustimmen.

Qualitätssicherung

Vor der Fertigungsplanung in den einzelnen Prozessstufen empfiehlt sich die Erstellung einer Prozess-FMEA, um daraus die notwendigen Schnittstellen für qualitätssichernde Maßnahmen abzuleiten und festzulegen.

Mögliche Prüfmethode können der **LDS-QS-Matrix** für die Fertigung von **LDS-MID** entnommen werden. Diese sowie Fehlerbilder in den einzelnen Prozessstufen sind Bestandteil der Anlagendokumentation bei Lieferung der **MicroLine-3D**-Laseranlagen.

Anhang

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Fase Auswerferstift.....	10
Abb. 2: Scanfeldvolumen.....	11
Abb. 3: Dimensionierung von Leiterbahnen.....	12
Abb. 4: Durchkontaktierung	15
Abb. 5: Laserstrahl.....	16
Abb. 6: Durchtauchlösung	17
Abb. 7: Steckerpin einschließen	18
Abb. 8: Kantenradius	19
Abb. 9: Leiterbahnabstand.....	19
Abb. 10: Einfallswinkel.....	20
Abb. 11: Bearbeitungsfeld	20
Abb. 12: Optimale Leiterbahn und Pad.....	22
Abb. 13: Füllvektoren.....	27
Abb. 14: Parametersätze	27
Abb. 15: Verfahrensgeschwindigkeit	28

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Werkstoffe.....	4
Tab. 2: Lieferanten.....	5
Tab. 3: Designregeln.....	7
Tab. 4: Finish-Oberflächen	14
Tab. 5: Anwendung Kupferbad	32
Tab. 6: Stufen der Metallisierung.....	33

Abkürzungsverzeichnis

A	ABS	Acrylnitril-Butadien-Styrol
	Ag	Silber
	Al	Aluminium
	ASIG	Autocatalytic Silver Immersion Gold (engl.)
	Au	Gold
C	CAD	Computer Aided Design
	CO ₂	Kohlenstoffdioxid
	CTE	Coefficient of Thermal Expansion (engl.)
	Cu	Kupfer
D	DIN	Deutsches Institut für Normung
E	ECAD	Elektronisches CAD
	EG	Electroless Au
	EN	Electroless Ni
	EP	Electroless Pd
	ESD	Electro Static Discharge (engl.)
F	FMEA	Fehler-Möglichkeiten- und Einflussanalyse
I	IG	Immersion Au
	IR	Infrarot
L	LCP	Liquid Crystal Polymer
	LDS	Laserdirektstrukturierung
M	MCAD	Mechanisches CAD
	MID	Moulded Interconnect Devices (engl.)
N	NiP	Nickel-Phosphor
P	PA	Polyamid
	PBT/PET	Polybutylenterephthalat
	PC	Polycarbonat
	PCB	Printed Circuit Board
	Pd	Palladium
	PPA	Polyphthalamid
Q	QS	Qualitätssicherung
S	Si	Silizium
	SMD	Surface-mounted device (engl.)
	Sn	Zinn

Kontakt:

LPKF Laser & Electronics AG
Osteriede 7 · D-30827 Garbsen
Germany

Tel.: +49 5131 7095-0 · www.lpkf.com