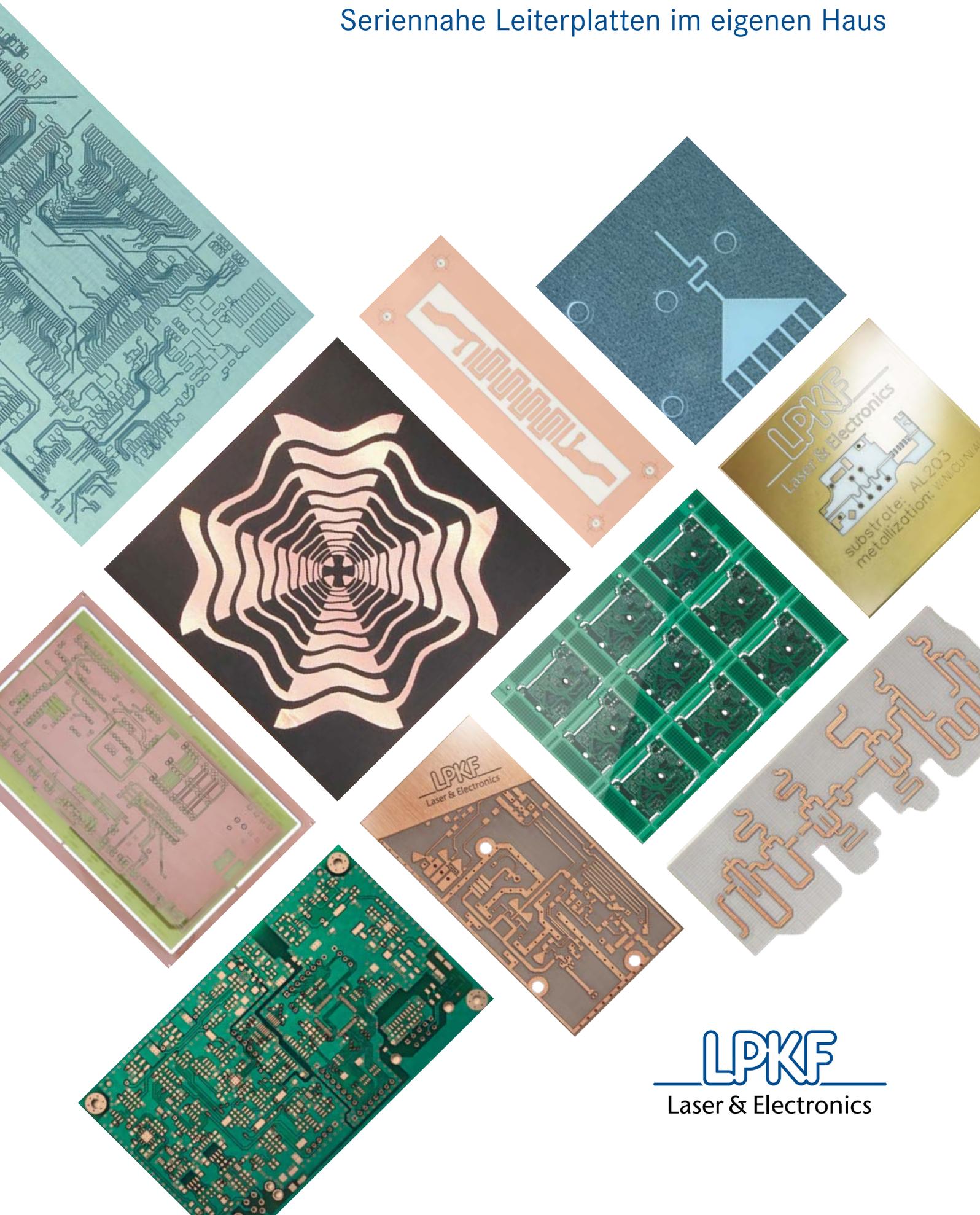


LPKF TechGuide PCB-Prototyping Seriennahe Leiterplatten im eigenen Haus



Vertriebs- und Servicekontakte

Hier finden Sie alle Informationen zu Vertrieb und Service.

Unsere kompetenten Mitarbeiter beraten Sie gerne.

LPKF Vertrieb und Service

Deutschland (LPKF Zentrale)

Telefon +49 (5131) 7095-0
Fax +49 (5131) 7095-90

E-Mail sales.rp@lpkf.com
support.rp@lpkf.com

Website www.lpkf.com

Nord-/Zentralamerika

Telefon +1 (503) 454-4200
Fax +1 (503) 682-7151

E-Mail sales@lpkfusa.com
support@lpkfusa.com

Website www.lpkfusa.com

China

Telefon
Vertrieb +86 (22) 2378-5318
Service +86 (22) 2378-5328

E-Mail sales.china@lpkf.com

Website www.lpkf.cn

Japan

Telefon +81 47 432-5100
Fax +81 47 432-5104

E-Mail info.japan@lpkf.com

Website www.lpkf.jp

Südkorea

Telefon +82 (31) 689 3660
Fax +82 (31) 478 5988

E-Mail sales.korea@lpkf.com

Website www.lpkf.kr

Weltweite LPKF-Vertretungen

Die LPKF SE verfügt über ein weltweites Vertriebsnetz. Eine Darstellung aller LPKF-Vertretungen finden Sie auf Seite 38.

Für weitere Informationen besuchen Sie bitte unsere Website www.lpkf.com.



TechGuide

Wissen wie es geht ... Der TechGuide stellt die innovativen Prototyping-Lösungen von LPKF vor, ganz praktisch mit vielen Applikationen und Erläuterungen. Mit diesen umfassenden Prototyping-Verfahren lassen sich Leiterplatten (PCBs) im eigenen Haus seriennah fertigen.

Vom Entwurf bis zum fertigen Prototypen vergehen nur wenige Stunden, ohne dass Entwurfsdaten das Haus verlassen. Darüber hinaus eignen sich die LPKF-Verfahren zur Inhouse-Produktion von Kleinserien – on demand. Prototyping von LPKF, das bedeutet: in kurzer Zeit auf umweltschonende Weise zuverlässige Ergebnisse und seriennahe Produktmuster.

Diese Technischen Informationen ergänzen den LPKF-Produktkatalog. Dieser Katalog ersetzt nicht die Handbücher zu den einzelnen Produkten. Beachten Sie die Sicherheitshinweise und gesetzlichen Bestimmungen.

i Alle technischen Angaben und Prozessfolgen sind exemplarisch zu verstehen und können sich ohne vorherige Ankündigung ändern.

Inhalt	
Prozessschritte des PCB-Prototyping	2
Surface Mounted Technology (SMT)	3
Grundwissen Leiterplatten	4
LPKF Software	6
Leiterplatten strukturieren und bearbeiten	8
Laser-Mikromaterialbearbeitung	10
Leistungstarker Desktop-Hybrid – LPKF ProtoLaser H4	12
Leiterplattenstrukturierung mit dem LPKF ProtoLaser S4	14
Das Allzweckwerkzeug – LPKF ProtoLaser U4	16
Jenseits der Vorstellungskraft – LPKF ProtoLaser R4	18
Multilayer: Herstellen und Verpressen	20
Körnen, Bohren und Ausschneiden	22
Systeme zur Durchkontaktierung	23
Vergleich der Durchkontaktierungsverfahren	26
Lötstopplack und Bestückungsdruck	27
Lotpastendruck	28
SMD-Bestückung	29
Reflow-Löten	30
Applikationen	31
Fachbegriffe aus der Elektronik	34
Ihr LPKF-Kontakt weltweit	38
Impressum	40

Prozessschritte des PCB-Prototyping

Von der Idee bis zum fertigen Produkt – nach dem Entwurf mit der Design-Software muss die Leiterplatte physikalisch hergestellt werden. Im ersten Schritt erzeugt ein Fräsbohrplotter oder ein Lasersystem die Leiterbahnen auf einem Basismaterial. Weitere Bearbeitungsschritte führen schnell zur funktionsfähigen Leiterplatte.

Leiterplatten strukturieren

Die Fräsbohrplotter der LPKF-ProtoMat-Serie setzen weltweit Standards in Präzision, Flexibilität und Bedienerfreundlichkeit. Die Geräte fräsen die Leiterplattenstruktur aus einem vollflächig beschichtetem Basismaterial. Die LPKF-Fräsbohrplotter verkürzen die Herstellungszeit von Leiterplatten-Prototypen und damit die Entwicklungszeit für neue Produkte erheblich. Hochgeschwindigkeitsspindeln mit Drehzahlen von 30 000–100 000 U/min, eine mechanische Auflösung bis zu 0,25 µm (0,01 Mil) sowie die sehr hohe Wiederholgenauigkeit gewährleisten die Herstellung feinsten Strukturen auch bei HF- und Mikrowellenanwendungen. Bei mehrlagigen Leiterplatten und bei der Steckmontage von Elektronik-Bauteilen sind Bohrungen

erforderlich. Auch diese Bohrungen nehmen die LPKF ProtoMaten vor.

Wenn es um höchste Präzision geht, setzen Lasersysteme neue Maßstäbe: die LPKF ProtoLaser strukturieren werkzeug- und berührungslos und sind für viele Substrate und leitende Beschichtungen bereits vorkonfiguriert. Mit ihren besonderen Fähigkeiten bei HF-Boards und Keramikmaterial sind diese Systeme weltweit einzigartig.

Im LPKF ProtoLaser H4 wachsen beide Welten zusammen: Die präzise Laserstrukturierung der Oberfläche wird durch eine zusätzliche Fräs-/Bohrspindel für mechanisches Bohren und Schneiden ergänzt.



Surface Mounted Technology (SMT)

Unter SMT versteht man ein Konstruktionsprinzip, bei dem winzige elektronische Bauteile direkt auf eine Leiterplatte aufgebracht werden. Bei den Bauteilen handelt es sich um SMD (Surface Mounted Device), also oberflächenmontierbare Elemente. Das SMT-Prototyping umfasst den Lotpastendruck sowie die SMD-Montage.

SMT-Prototyping im eigenen Unternehmen (inhouse) spart Zeit und trägt dazu bei, dass sensible Daten nicht unnötig Dritten zugänglich gemacht werden. Das SMT-Prototyping setzt ein präzise aufeinander abgestimmtes Produktionssystem voraus.



Bohren und Durchkontaktieren

Ein Prozessschritt ist das Durchkontaktieren der Leiterplatte. Ein ProtoMat oder ProtoLaser bohrt Löcher in doppelseitige Leiterplatten oder Multilayer. Die Durchkontaktierung kann je nach Einsatzgebiet der Leiterplatten und der technischen Anforderungen galvanisch, mit einer Paste oder mit einer Niettechnik erfolgen. Für alle Verfahren bietet LPKF professionelle Systeme an.

Multilayer

Auch komplette mehrlagige Schaltungen lassen sich in kürzester Zeit professionell herstellen. Mit der LPKF MultiPress S4 steht Entwicklern eine hochmoderne Multilayer-Pressen (einschließlich Vakuum) für die Inhouse-Fertigung zur Verfügung.

Leiterplatten herauslösen

Das Herausstrennen der Leiterplatten aus dem Basismaterial ist eine weitere Aufgabe, die von den LPKF-ProtoMats übernommen wird. Eine oder mehrere Platinen werden auf einem Basismaterial angeordnet und mit einem Fräswerkzeug oder einem LPKF-ProtoLaser separiert.

Lötstopplack

Bei SMT-Baugruppen ist der Einsatz von Lötstopplack häufig unverzichtbar. Das Aufbringen einer Lötstopplackmaske auf die Leiterplatte vermeidet Kurzschlüsse und Korrosion.

Bestückungsdruck

Auch für die Beschriftung der Leiterplatte mit Bauteilbezeichnungen oder dem Logo des herstellenden Unternehmens bietet LPKF mit ProLegend eine umweltverträgliche und einfach zu handhabende Lösung.

Lotpastenschablonen

Auf alle zu bestückenden Pads wird eine SMD-Lotpaste mit Hilfe einer Lotpastenschablone (Stencil) aufgetragen. Schablonen für das Prototyping können mit einem LPKF ProtoMat oder einem Lasersystem gefertigt werden. Der Druckvorgang erfolgt auf einem speziellen Schablonendrucker wie zum Beispiel dem LPKF ProtoPrint S4.

SMD-Bestückung

Die Bestückung der Leiterplatte mit SMD-Bauteilen erfordert hohe Präzision. Für das PCB-Prototyping wird dazu ein manuelles und ein vollautomatisches Bestückungssystem wie der LPKF ProtoPlace E4 oder der LPKF ProtoPlace S4 benutzt, bei dem die exakte Positionierung der Elemente über ein Kamerasystem oder eine Software mit einem kombinierten Kamerasystem kontrolliert wird.

Reflow-Löten

Der letzte Arbeitsschritt des SMT-Prototypings ist das Reflow-Löten. Das Lot auf der Leiterplatte wird in einem LPKF ProtoFlow S4 Reflow-Ofen mit einem vorgegebenen Temperaturprofil erhitzt. Dabei schmilzt die Lotpaste und verbindet Leiterplatte und Bauelemente.

Grundwissen Leiterplatten

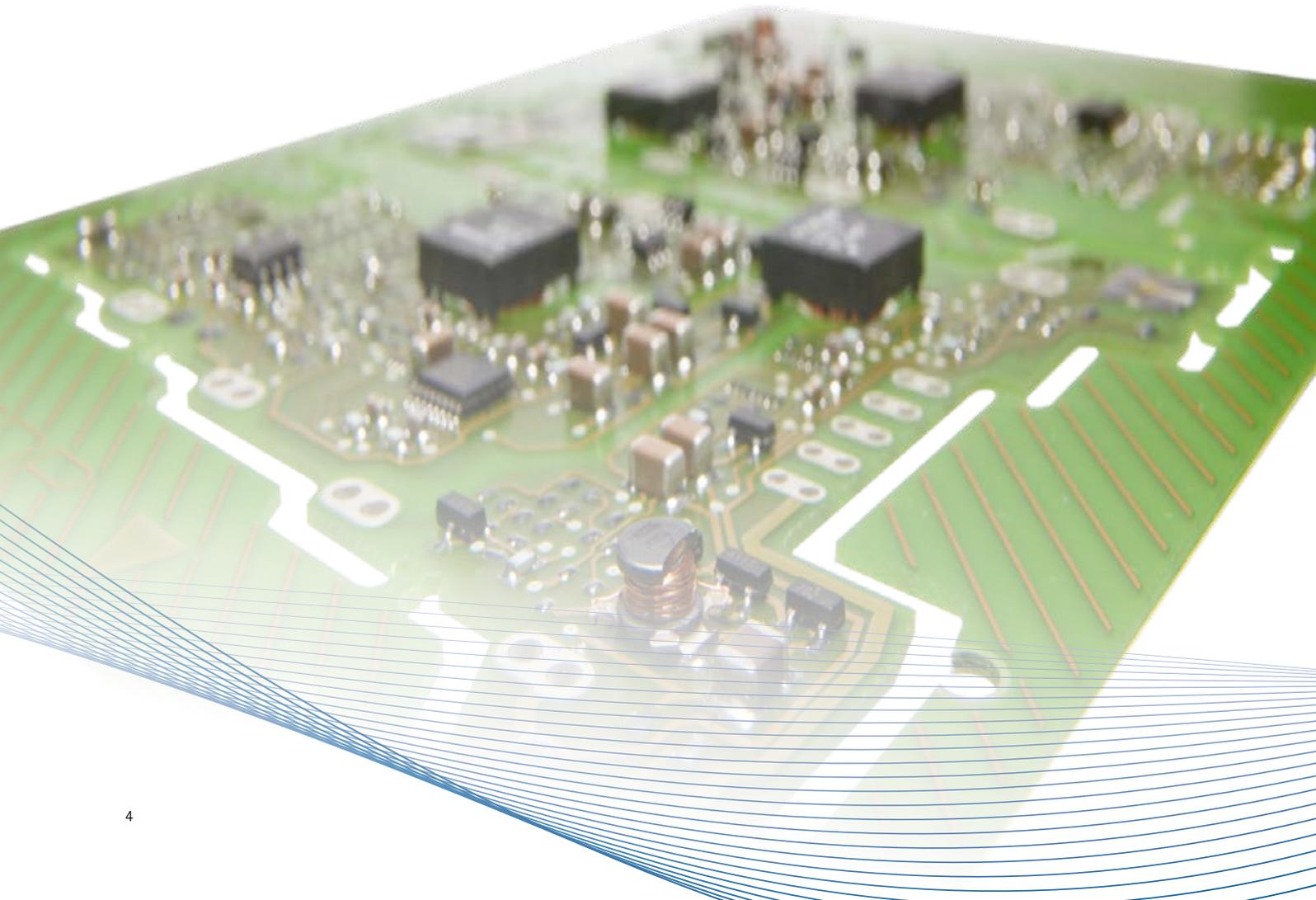
Die Leiterplatte ist nicht nur Träger von Elektronikbauteilen, sondern dient auch ihrer elektronischen Vernetzung durch Leiterbahnen, der Abschirmung gegen elektronische Felder oder der Wärmeleitung. Mit zunehmender Komplexität müssen mehr Leiterbahnen und Bauteile auf gleichem Raum untergebracht werden. Dafür bietet das Prototyping unterschiedliche technische Lösungen.

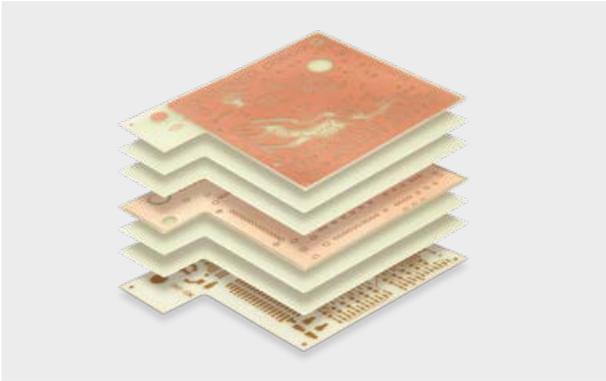
Einseitige Leiterplatten

Das Basismaterial einer einseitigen Leiterplatte besteht aus einem elektrisch isolierenden Substrat, das mit einem leitenden Material beschichtet ist. Verwendung finden vorwiegend Substrate wie FR4, einem glasfaserverstärkten Epoxidharz, und die leitende Schicht ist üblicherweise Kupfer. Der Kupferauftrag wird in Mikrometern (μm) oder in Unzen (oz – Unzen pro Quadratfuß) angegeben. Zumeist kommen Schichtstärken von $35\ \mu\text{m}$ (1 oz) zum Einsatz. Für einige Anwendungsfälle wird das Kupfer mit einem zusätzlichen Metall wie Nickel, Zinn oder Gold beschichtet (Oberflächenfinish). Das FR4-Substrat variiert in seiner Stärke zwischen $0,25\ \text{mm}$ (10 Mil) und $3,125\ \text{mm}$ (125 Mil). Am häufigsten kommt $0,8\ \text{mm}$ (29 Mil) oder $1,6\ \text{mm}$ (59 Mil) starkes Basismaterial zum Einsatz.

Doppelseitige Leiterplatten

Bei doppelseitigen Leiterplatten wird neben der Oberseite auch die Unterseite der Platine mit leitendem Material – in der Regel Kupfer – beschichtet. Für das Bohren und Fräsen von doppelseitigen Leiterplatten sind die LPKF-Fräsbplotter mit einem mechanischen Passersystem oder einer Kamera zur automatischen Positionserfassung ausgestattet. Damit wird sichergestellt, dass die Strukturen auf Ober- und Unterseite der doppelseitigen Leiterplatte genau zueinander passen. Die ProtoLaser-Systeme sind von Haus aus mit einem Vakuumtisch und einem Visionsystem ausgerüstet.

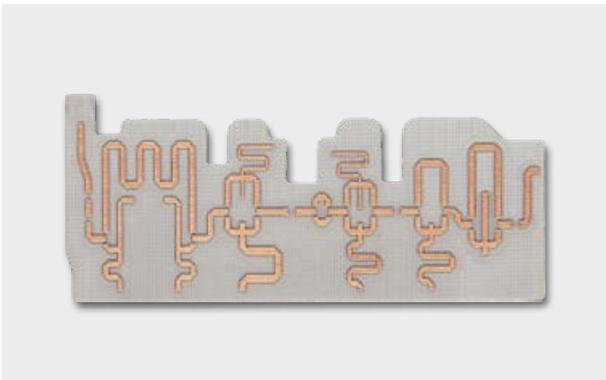




Multilayer

Multilayer

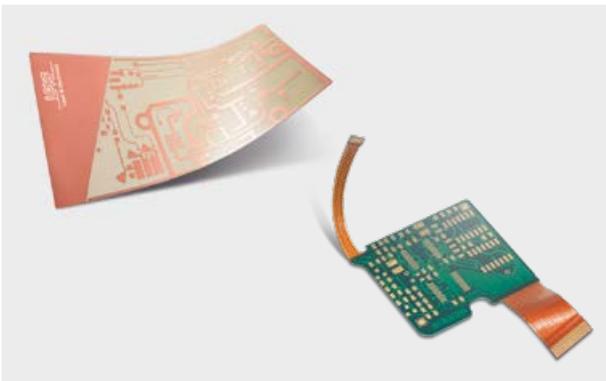
Als Multilayer bezeichnet man mehrlagige Leiterplatten. Sie werden aus mehreren Lagen Leiterplatten und Isolationsmaterial verpresst. Die Anzahl der voneinander isolierten, leitenden Schichten (Layer) ist theoretisch unbegrenzt. Multilayer können in den Innenlagen aus doppelseitig und in den Außenlagen aus einseitig strukturierten Leiterplatten aufgebaut werden. Zur Herstellung der elektrischen Verbindungen zwischen den einzelnen Lagen ist ein auf Multilayer abgestimmtes Durchkontaktierungsverfahren notwendig.



TMM-Substrate und PTFE-Substrate

HF- und Mikrowellenschaltungen

HF- oder Mikrowellen-Leiterplatten werden aus Materialien mit besonderen elektrischen und mechanischen Eigenschaften gefertigt, zum Beispiel aus glasfaserverstärktem Polymerharz mit dem Zusatz keramischer Partikel RO4000® und viele mehr. Die Bearbeitung der oft hochempfindlichen Oberflächen sowie die exakten Geometrien erfordern höchste Präzision – Fräsbohrplotter mit hohen Spindeldrehzahlen oder die ProtoLaser sichern die exakte Übereinstimmung zwischen Entwurf/Simulation und Strukturierungsergebnis.



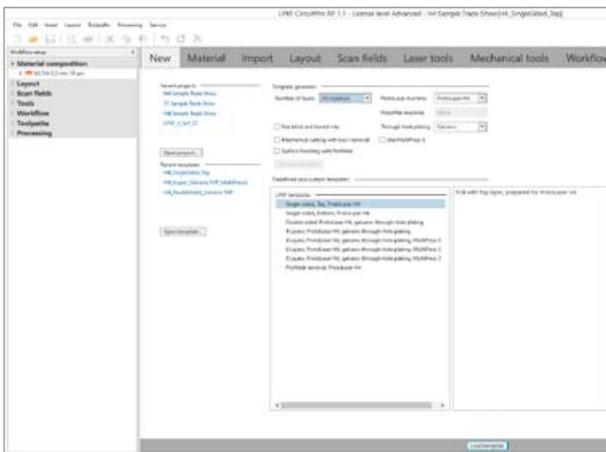
Flexible und starrflexible Substrate

Flexible und starrflexible Leiterplatten

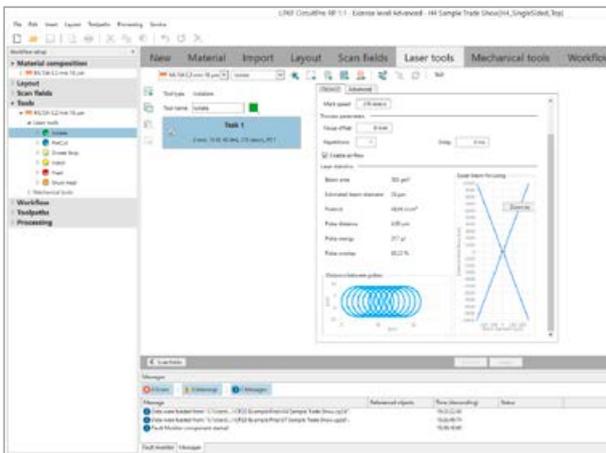
Flexible Leiterplatten bestehen üblicherweise aus Polyimid-Folien mit Kupfer-Leiterbahnen. Starrflexible Leiterplatten entstehen aus der Kombination von flexiblen Substraten und starren Leiterplatten. Die Herstellung von starrflexiblen Leiterplatten ist ähnlich der von Multilayern.

LPKF-Software – Intelligenter Helfer beim Prototyping

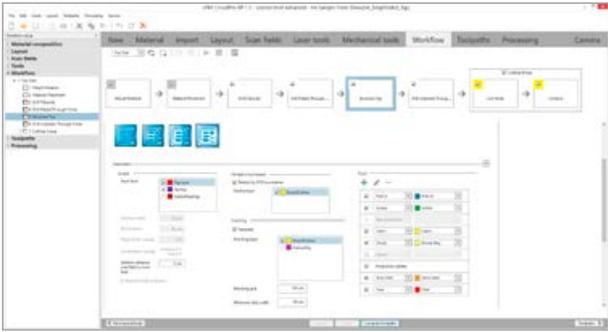
Präzision zählt – und deshalb ist die Ansteuerung moderner Prototyping-Systeme ohne eine ausgefeilte Software undenkbar. LPKF CircuitPro ist die neueste Generation der leistungsfähigen CAM- und Maschinensoftware. Sie vereint die Datenaufbereitung und Systemsteuerung in einem Programm.



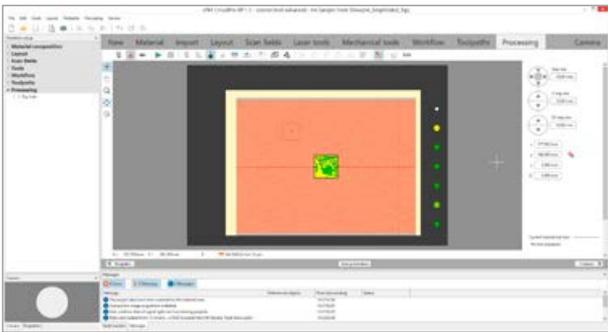
Bereits bei der Installation fragt LPKF CircuitPro die verfügbaren Prototyping-Komponenten ab und berücksichtigt diese beim Produktionsprozess. LPKF CircuitPro übernimmt die Entwurfsdaten von CAD/EDA-Systemen. Der Prozessplanungs-Assistent fragt z. B. nach der Anzahl der Lagen, dem verwendeten Material und der Art der Weiterverarbeitung. Schritt für Schritt entsteht der Rahmen für das Projekt.



Anschließend gilt es, diese Daten für das Prototyping zu optimieren. Dann startet der Design-Rule-Check: Er stellt fest, ob sich der Entwurf mit den vorhandenen Werkzeugen tatsächlich physikalisch fertigen lässt und weist zum Beispiel auf zu geringe Leiterbahnabstände hin.

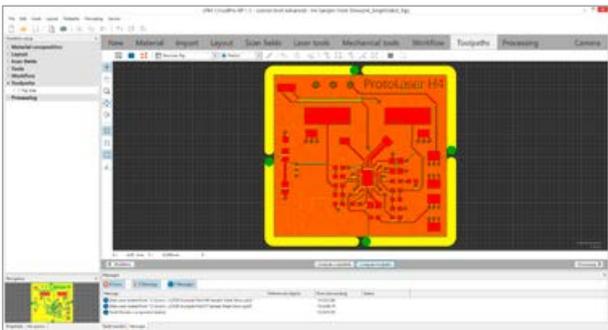


Im nächsten Schritt erzeugt LPKF CircuitPro Fräslinien zum Isolieren der Leiterbahnen und die Konturen zum Ausfräsen der Leiterplatte – beides im Technology-Dialog. In einer Aktion sind damit alle leiterplatten-spezifischen Aufgaben vereint.



Die weitere Produktionssteuerung übernimmt der Produktionsassistent. Er führt den Benutzer registerweise durch den Produktionsprozess. LPKF CircuitPro fragt nach einem Wechsel aus der CAM- in die Maschinenansicht die Materialeigenschaften ab und definiert die Position auf dem Arbeitstisch.

Anschließend wird das Projekt auf der noch leeren virtuellen Arbeitsfläche platziert – und eigentlich könnte die Produktion jetzt beginnen. An diesem Punkt lassen sich mehrere Leiterplatten eines Projektes in einen Nutzen setzen. Auf einem Basismaterial werden mehrere Leiterplatten gefertigt.

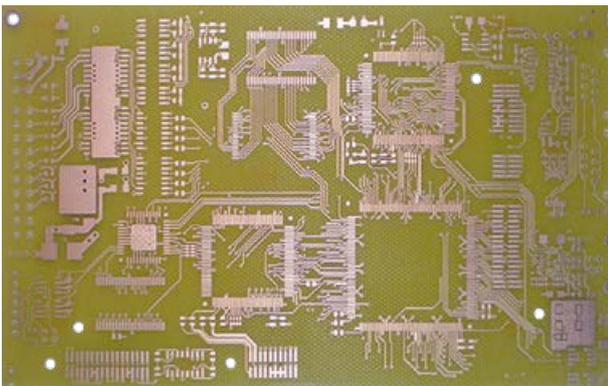


Bei der Bearbeitung der Platine zeigt der Assistent erforderliche manuelle Eingriffe an. Das können z. B. das Umdrehen der bearbeiteten Platine, die Durchkontaktierung oder der Wechsel eines Werkzeugs sein. Wird das Projekt am Ende gespeichert, stehen beim nächsten Mal alle Produktionsdaten sofort zur Verfügung.

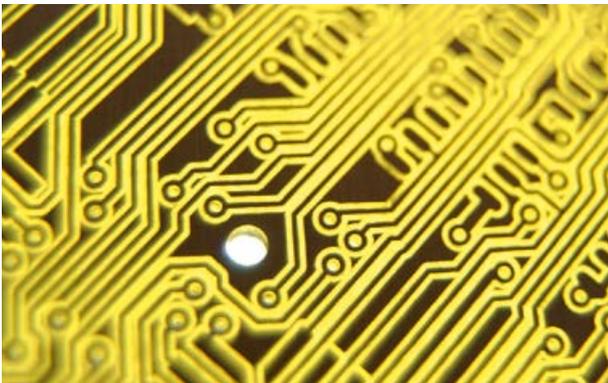
In der aktuellen Version wurde Wert auf eine besonders effektive Erkennung geometrischer Strukturen gelegt. Damit entfallen Nebenzeiten bei ProtoMaten und ProtoLasern, die Arbeitsgeschwindigkeit steigt deutlich.

Leiterplatten strukturieren und bearbeiten

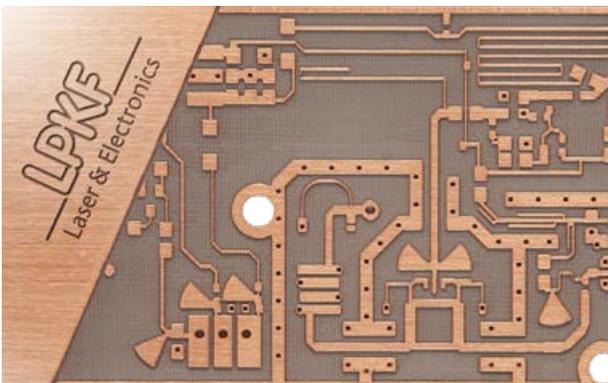
Nach dem Entwurf der Schaltung muss das geplante Layout aus Leiterbahnen auf eine Platine übertragen werden. Im PCB-Prototyping hat sich ein Negativ-Verfahren durchgesetzt: Aus einer vollflächig beschichteten Leiterplatte werden isolierende Bereiche herausgefräst. Die isolierenden Kanäle bilden die Kontur der Leiterbahnen und Lötflächen. Je nach Anforderungsprofil stehen prinzipiell zwei Fertigungsvarianten zur Auswahl: die mechanische Strukturierung mittels Fräsen und die Laserstrukturierung.



Einseitige und doppelseitige Leiterplatten sowie Multilayer



Leitungsnetze entstehen durch das Fräsen von Konturen



Schaltungsträger für HF- und Mikrowellentechnik

Leitungsnetze durch Konturfräsen erzeugen

Der Fräsprozess überträgt das Leiterplattenlayout der Außen- und Innenlagen auf das Basismaterial. Das leitende Material wird dabei mit einem schnell laufenden Fräs Werkzeug von der isolierenden Schicht abgetragen.

Je höher die Drehzahl, desto feinere Werkzeuge können beim Fräsen eingesetzt werden. Das ist vor allem bei Basismaterialien für HF-Anwendungen von Vorteil. Die Fräsbohrspindel gibt durch ihre maximale Drehzahl die mögliche Feinheit der Strukturen sowie die kleinstmöglichen Bohrdurchmesser vor.

Sämtliche Leiterbahnen und Lötflächen werden zuerst mit dem Standardfräser umrandet. Dies garantiert sowohl saubere als auch exakt gleiche Kantengeometrien, was positiv in die elektrischen Eigenschaften einer Leiterplatte einfließt. Nur an Stellen mit geringem Isolationsabstand wird ein kleiner Fräser eingesetzt. Isolationsflächen werden aus Zeit- und Kostengründen automatisch mit dem größtmöglichen Fräs Werkzeug freige fräst.

Einige Fräs Werkzeuge zur Strukturierung der Leiterplatten sind mit einer konischen Spitze versehen. Zu Beginn des Fräsprozesses wird über die Frästiefe im Basismaterial (Eintauchtiefe) die Fräsbreite und damit der minimale Isolationsabstand bestimmt.

Für die Fräsbreiteneinstellung existieren verschiedene Verfahren: Ist ein automatischer Werkzeugwechsel installiert, werden die Bohr- und Fräs Werkzeuge während des Fertigungsprozesses automatisch ausgetauscht. Der Werkzeugwechsel ist mit einer automatischen Fräsbreiteneinstellung kombiniert. Damit ist ein bedienerloses Arbeiten möglich. Beim manuellen Werkzeugwechsel erfolgt die Fräsbreiteneinstellung mit einer Mikrometerschraube.

Gesteuert wird der Wechsel über die Systemsoftware LPKF CircuitPro. In der Steuerungssoftware ist die Standzeit der verschiedenen Werkzeuge hinterlegt. Eine Warnmeldung weist auf einen anstehenden Werkzeugwechsel hin. Die Schallschutzhauben der LPKF-Fräsb Bohrplotter minimieren die Geräuschemission. Sie gewährleisten zudem optimalen Arbeitsschutz in jeder Arbeitsumgebung.

Die Laserstrukturierung

Für die direkte Strukturierung von kupferbeschichteten Leiterplatten bietet der Laser beste Voraussetzungen. Hohe Präzision und Kantengenauigkeit qualifizieren das Laserverfahren insbesondere für die Strukturierung von HF-Layouts. Die Laser-Mikrobearbeitung überzeugt mit hohen Energiedichten auf kleinstem Raum, einer guten Fokussierbarkeit und der freien Steuerung des Laserspots.

Da die Schichten von Verbundmaterialien unterschiedliche Ablationsschwellen haben, kommt bei der Laserstrukturierung das patentierte Verfahren einer gezielten Delamination zum Einsatz. Dabei erzeugt der Laserstrahl mit einem genau dosierten Energieeintrag zunächst die Leiterbahnstruktur auf der Oberfläche der Leiterplatte.



LPKF ProtoLaser S4

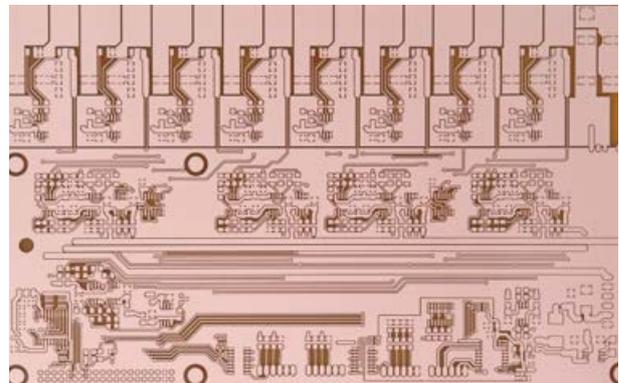
Dann löst er gezielt die leitfähige Schicht – in der Regel Kupfer – mit geringerer Energie ab, ohne das Substrat der Leiterplatte zu beeinträchtigen. Durch dieses patentierte Verfahren ist der Laser zur Direktstrukturierung von Leiterplatten aus laminiertem Material bei einer Abtragsgeschwindigkeit von bis zu 9 cm²/min einsetzbar. Da das Trägermaterial kaum beeinflusst wird, erfüllen die gemessenen Isolationswiderstände die Vorgabe der IPC-Norm TM 650.

Bei der Strukturierung von rein keramischen Schaltungsträgern werden die leitenden Metallschichten mit hoher Laserenergie verdampft und nicht delaminiert. Dabei realisiert der Laser Isolationsabstände von 15 µm. Zum Bohren und Trennen dicker Platinen aus Laminaten empfehlen sich mechanische Werkzeuge. Der ProtoLaser S4 und der ProtoLaser U4 können im Rahmen gewisser, vom Material abhängiger Grenzen auch per Laser bohren. Zusätzlich sind UV-Laser bei der Bearbeitung von Blind-Vias unverzichtbar.

Neben den LPKF ProtoMaten beherrscht auch der LPKF ProtoLaser H4 mechanisches Bohren und Fräsen. Das Strukturieren der Schaltung erfolgt extrem effizient mittels Infrarotlaser (IR), und mechanisches Bohren garantiert auch auf dicken Substraten und Multilayern perfekt gerade und saubere Löcher.

Leistungsfähige Maschinensoftware

Die CAM-Software LPKF CircuitPro ist die Basis für eine einfache Handhabung der LPKF ProtoMaten und der ProtoLaser. Sie setzt die Entwürfe der gängigen Layout-Programme in Steuerdaten für die Strukturierungssysteme um, lässt Optimierungen an Layoutelementen zu und bietet Prüfroutinen. Das ermöglicht jedem



FR4-Platine, mit ProtoLaser S4 strukturiert

Anwender die unkomplizierte Herstellung von Einzelstücken und Kleinserien. LPKF-Systeme sind ideal geeignet für Hochleistungs-, Analog-, Digital-, HF- und Mikrowellen-Anwendungen. Optionen wie ein Vakuumsystem oder das Visionsystem erleichtern die Handhabung zusätzlich und reduzieren die notwendigen Eingriffe des Anwenders auf ein Minimum.

Laser-Mikromaterialbearbeitung

Laserlicht unterscheidet sich grundsätzlich von dem herkömmlicher Beleuchtungskörper, und zwar unter mehreren Aspekten. Laserlicht ist monochrom, es weist nur eine geringe Frequenzspreizung auf. Gleichzeitig lassen sich Laserstrahlen gut bündeln – die hohen Energiemengen werden in einem eng auf den Strahldurchmesser begrenzten Wirkungsbereich konzentriert. Im Fokus des Lasers tritt eine höhere Energiedichte als auf der Sonnenoberfläche auf.

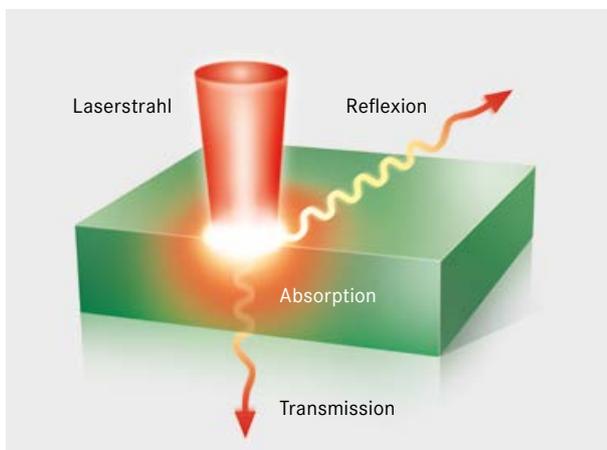
Je nach emittierender Laserquelle ändert sich die Wellenlänge des Lasers – das ist ein wesentlicher Aspekt für die breite Anwendbarkeit. Unterschiedliche Materialien haben ein unterschiedliches Absorptionsverhalten. Je höher die Absorption eines Materials ist, desto mehr Energie überträgt der Laser.

Die eingetragene Laserenergie verteilt sich auf die Bereiche:

- Transmission – der Anteil des Laserlichts, der das Material durchdringt,
- Reflexion – der Anteil der Laserenergie, der vom Material zurückgestrahlt wird,
- Absorption – die Energie, die im zu bearbeitenden Material wirksam wird.

Der Laser bringt berührungslos Energie auf das Material auf. Die absorbierte Energie regt Elektronen im Zielmaterial an. Daraus resultieren drei Wirkungsformen:

- Durch die zugeführte Energie brechen chemische Bindungen auf.
- Das Material schmilzt durch den Energieeintrag auf.
- Hohe Pulsenergien verdampfen das Material.

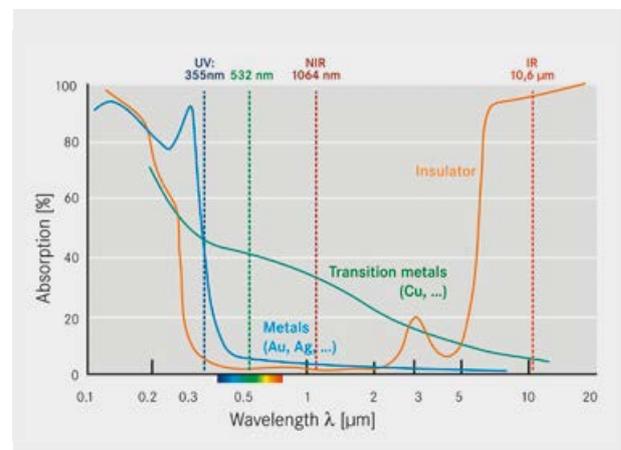


Nur die absorbierte Energie wirkt im Bauteil

Darüber hinaus lassen sich bei geeigneten Materialien fotochemische Reaktionen hervorrufen. Laserverfahren sind Non-Tooling-Verfahren, sie benötigen keine Werkzeuge. Dies macht das Verfahren kostengünstig, schnell und stabil.

Die Laser-Mikromaterialbearbeitung gehört zu den Kernkompetenzen von LPKF. Laser schneiden, bohren und strukturieren. Laser bearbeiten dünne Multilayer, starre, starrflexible und flexible Leiterplatten. Sie arbeiten hochpräzise, schonend und schnell. Anwendungen wie Gravieren, Ritzen und Markieren waren typische Anwendungen der ersten Generation der Lasersysteme. Im Laufe der Jahre hat sich das Anwendungsspektrum erweitert, z. B. um unsichtbare, mikrostrukturierte Layouts auf Folien und Glaträgern für Touchscreens.

Zunehmende Bedeutung gewinnt die Mikrobearbeitung von Keramik. Laser können sowohl zur Direktstrukturierung durch Verdampfen einer leitenden Beschichtung eingesetzt werden als auch zum exakten Schneiden/Ritzen des Materials.



Je nach Laser-Wellenlänge und Material unterscheiden sich die Absorptionswerte



LPKF ProtoLaser H4

Der LPKF ProtoLaser H4 stellt eine weitere Stufe bei der Miniaturisierung und berührungslosen Bearbeitung von Standard- und High-Density-Platinen auf FR4 und vergleichbaren Materialien dar. Er besitzt dieselben kompakten Abmessungen wie der LPKF ProtoMat, ermöglicht jedoch durch Laserbearbeitung höhere Geschwindigkeit, Keramikbearbeitung sowie Metallabtrag von besonders flexiblen Materialien, und das ganz ohne Kosten durch Werkzeugverschleiß. Damit sind Zeit- und Geldersparnis garantiert.

Dank des Plug-and-Play-Konzepts und ihrer Erfahrung mit der Software LPKF CircuitPro können bisherige Anwender des LPKF ProtoMat mühelos zur Laserbearbeitung von Platinen voranschreiten.

LPKF ProtoLaser S4

Der LPKF ProtoLaser S4 steht für effizientes Prototyping von komplexen Digital- und Anlogschaltungen, HF- und Mikrowellenleiterplatten bis zu einer Größe von 229 mm x 305 mm (9" x 12"). Das System ist anwendbar bei nichtlamierten und laminierten Leiterplatten. Der ProtoLaser S4 strukturiert ein Layout von der Größe DIN A4 in knapp 20 Minuten.

Mit einer Laserquelle im Bereich des grünen, sichtbaren Lichts ist dieser Laborlaser insbesondere für die hochpräzise PCB-Bearbeitung optimiert.

LPKF ProtoLaser U4

Der LPKF ProtoLaser U4 ist mit einem UV-Laser ausgestattet. Dieser Laser eignet sich aufgrund seiner hohen Strahlqualität und seines Absorptionsverhaltens für zahlreiche Aufgaben.

Durch die spezifische Wellenlänge des UV-Lasers kann der ProtoLaser U4 Materialien in einem Arbeitsgang strukturieren, gravieren und trennen. Dieses Lasersystem ist im unteren Leistungsbereich stabilisiert, so dass sich auch dünne und organische Schichten mit minimalem thermischen Eintrag bearbeiten lassen.

LPKF ProtoLaser R4

Je kürzer der Bearbeitungsimpuls, desto geringer ist der Wärmeeintrag in das umgebende Material. Mit dem Pikosekundenlaser gibt es praktisch keine Wärmeübertragung mehr, das Material verdampft direkt. Dieser thermische Effekt ist beim Schneiden und bei der Bearbeitung temperaturempfindlicher Materialien von großer Bedeutung. Der Laser bietet sehr hohe Pulsenergie beim Schneiden, zum Beispiel bei Keramikmaterialien wie Al_2O_3 und GaN. Die präzise Leistungseinstellung ermöglicht den Abtrag dünner Transparentfolie und das Entfernen metallischer Schichten von Kunststofffolien (d. h. DuPont ME614 auf PET).

Leistungsstarker Desktop-Hybrid – LPKF ProtoLaser H4

Mit seinem robusten, vom ProtoMat übernommenen Tischdesign fügt sich dieses Lasersystem problemlos in jedes Labor ein. Ausgestattet mit einem IR-Laser und einem Fräskopf mit 60 000 U/min, bietet der LPKF ProtoLaser H4 höchste Geschwindigkeit beim Abtrag des Kupfers von Leiterplatten sowie gratfreies Bohren und Fräsen bei jeder Substratstärke.



Eine sorgfältig optimierte 1064-Nanometer-Laserquelle nutzt Impulse mit einer Länge von 120 ns, um Platinen mit Kupferbeschichtung effizient zu bearbeiten. Zu den typischen Anwendungen zählt unter anderem das Strukturieren von beidseitigem FR4 mit einer Kupferstärke von 5 bis 35 μm . Während die Bearbeitung von Übergangsmetallen dem vorgesehenen Zweck entspricht, sind Polyimidfolien für das Nahinfrarot-Laserlicht nahezu durchlässig – sie lassen sich möglicherweise zwar schneiden, jedoch nur in schlechter Qualität, mit sichtbaren Wärmeeinflusszonen und geschmolzenen Kanten. Genau diese Transparenz ermöglicht jedoch das Strukturieren von Kupfer auf DuPont® Pyralux™ AC (nur mit einseitiger Kupferbeschichtung erhältlich).

Auf einem IR-durchlässigen Substrat kann überschüssige Laserenergie die untere Lage erwärmen und minimale Veränderungen im Substrat bewirken, während die Oberseite des doppelseitig beschichteten Materials geschnitten wird. Bei der Bearbeitung der Unterseite kann das Substrat ungewollt durchgeschnitten werden. Das Prozessfenster ist zu schmal, daher raten wir davon ab, beidseitige Flex-Substrate auf beiden Seiten zu bearbeiten. Beispielsweise einseitiges Aluminium auf PET ist jedoch die perfekte Aufgabe für den ProtoLaser H4.

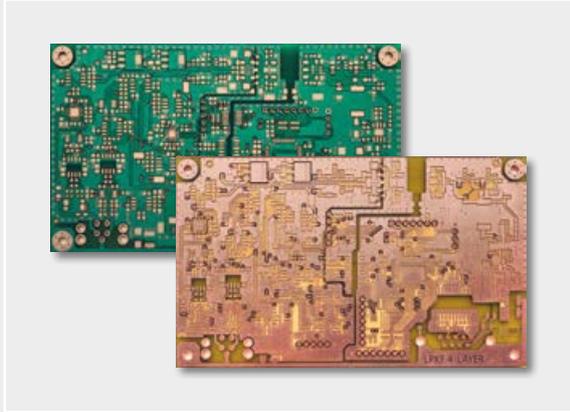
Ebenso können verschiedene HF-Materialien, PTFE und keramikgefüllte Materialien bearbeitet werden. Neben dem Strukturieren von Metallschichten auf Keramik, zum Beispiel Aluminium, ist auch das Bohren und Schneiden möglich, sofern kleinere Verformungen kein Problem darstellen. Anstelle von PI kann Messing ein gutes und leicht zu verarbeitendes Material für SMT-Stencils sein. Bei harzbasierten Substraten ist das IR-Laserbohren nicht empfehlenswert, da die erzeugte Wärme das Substrat schmelzen und verschmoren kann.

Ein Hochfrequenz-Spindelmotor ist die ideale Ergänzung zum Bohren und Ausschneiden. Multilayer-Platinen aus gängigen Materialien werden immer dicker, und mechanisches Durchbohren des kompletten Aufbaus stellt die optimale Variante dar. Der ProtoLaser H4 ist mit einem Magazin für sechs Werkzeuge ausgestattet, was für die meisten Projekte ausreichen sollte. Falls die Größe der Bohrlöcher vom CAD abweicht, kann der Bediener die Bohrungen dem nächstliegenden Werkzeug zuweisen oder während des Bohr- oder Schneidvorgangs die Bohrer im Werkzeugmagazin gemäß den Anforderungen der Software wechseln. Beim automatischen Werkzeugwechsel wird für jedes Werkzeug die Position der Werkzeugspitze gemessen, damit die Werkzeugeindringtiefe jederzeit an die Dicke des Platinaufbaus angepasst ist.

Die Software LPKF CircuitPro arbeitet nahtlos mit dem LPKF Contac S4 und MultiPress S4 zusammen, um doppelseitige und Multilayer-Platinen [<https://en.lpkf.com/knowledge-center/1214/146.htm>] herzustellen. Dadurch bildet diese Kombination das ideale Gespann für das Prototyping von HDI-Leiterplatten mit 100 μm Linie, 50 μm Abstand auf FR4 und vergleichbaren Substraten. Kleinere Linien sind grundsätzlich möglich, hängen jedoch vom Material ab und erfordern unter Umständen eine Anpassung der Parameter durch einen erfahrenen Bediener.

Prototyping weiterentwickeln

Kombinieren Sie mechanische Bearbeitung und Laserbearbeitung auf ganz neue Weise.



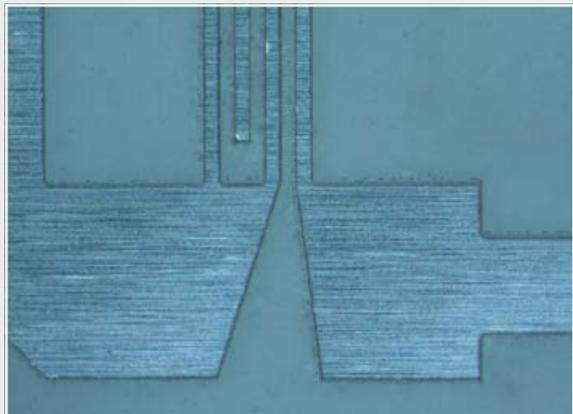
Vierlagige Platine mit galvanischer Durchkontaktierung und Lötstopplack



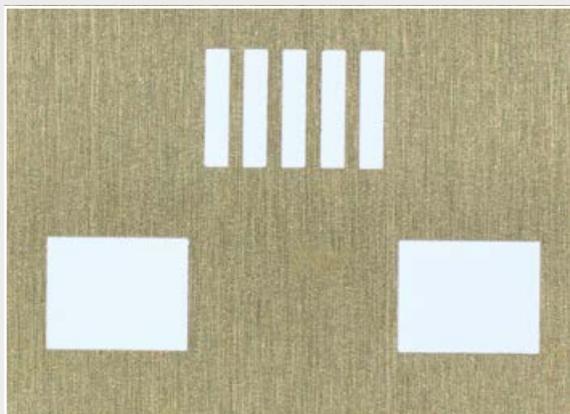
Rogers RO 5880-Antenne (funktioniert auch auf RO 3003, RO 4003)



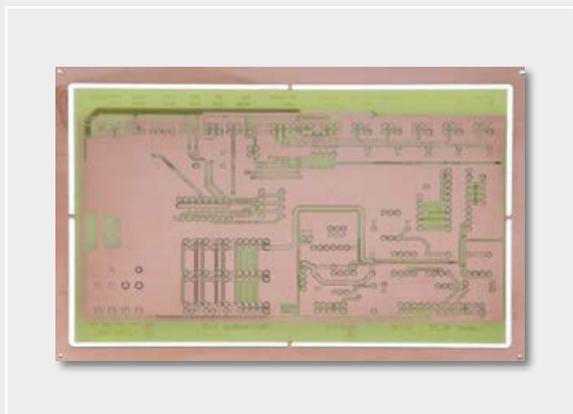
Ausgangsfächer auf Dupont AC 354500R für Gadgets



Al auf PET ist eine gängige Low-Cost-Lösung für RFID-Antennen und Schaltkreise



Leicht zu bearbeitender SMT-Stencil aus Messing



Digitallayout auf FR4-Material

Leiterplattenstrukturierung mit dem LPKF ProtoLaser S4

Der ProtoLaser S4 überträgt Schaltungslayouts in bislang unerreichter Geschwindigkeit und Präzision auf die Leiterplatte. Es ist das einzige Lasersystem, das sich auch für die direkte Strukturierung laminiertes Substrate eignet. Das kompakte System strukturiert Leiterplatten bis zu einer maximalen Layoutgröße von 229 mm x 305 mm (9" x 12"). Der LPKF ProtoLaser S4 arbeitet im Bereich des grünen sichtbaren Lichts (532 nm). Damit generiert er komplette Layouts auf Leiterplatten ohne Chemie.



Prototyping in einer anderen Dimension

Der ProtoLaser S4 beherrscht die beiden Strukturierungsverfahren der Delamination und des Verdampfens und ist damit weitgehend unabhängig von der Art des Substratmaterials. Die Prozesssteuerung erlaubt die Bearbeitung von kupferbeschichtetem FR4-Material ebenso wie von aluminiumbeschichteten PET-Folien. Selbst Thermoplaste wie PTFE sowie keramisch gefüllte und rein keramische Substrate aus der HF-Technik eignen sich als Trägermaterialien. Auf keramischem Material lassen sich Leiterbahnbreiten von 50 µm und Abstände von 15 µm bei exakten Geometrien erzeugen. Mit seiner hohen Präzision und Kantengenauigkeit empfiehlt sich der ProtoLaser S4 überall dort, wo es auf präzise, steile Flanken ankommt. Die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse übertrifft mechanische, werkzeuggebundene und chemische Verfahren. Das berührungslose Laserverfahren entfaltet seine Stärken insbesondere bei flexiblen und empfindlichen Materialien.

Laserstrukturieren von laminierten Leiterplatten

Bei laminierten Leiterplatten kommt beim LPKF ProtoLaser S4 ein patentiertes Verfahren zum Einsatz.

Der Laser arbeitet zunächst die Konturen des Schaltkreises aus und delaminiert die Kupferschicht. Das überflüssige Kupfer löst sich flächig ab. In diesem Modus strukturiert der ProtoLaser S4 ein komplexes Musterlayout in DIN-A4-Größe in knapp 20 Minuten.

Laserstrukturieren von keramischen Schaltungsträgern

Bei rein keramischen Schaltungsträgern ohne Klebeschicht zwischen Leitermaterial und Substrat nutzt der ProtoLaser S4 ein alternatives Verfahren. Ein hochenergetischer Laserstrahl verdampft das getroffene Material innerhalb von Sekundenbruchteilen. Das keramische Trägermaterial bleibt infolge seiner Temperaturresistenz unversehrt. Auf solchem Material lassen sich Isolationsabstände von 15 µm und Leiterbahnbreiten von 50 µm realisieren.

Auch bei Anwendungen in der Leistungselektronik muss der ProtoLaser S4 nicht passen. Durch Verdampfen lassen sich auch Dickschichtplatinen strukturieren: Der Laserstrahl wird mehrfach über eine Position geführt, bis die leitende Schicht entfernt ist.

Großserienqualität im eigenen Haus

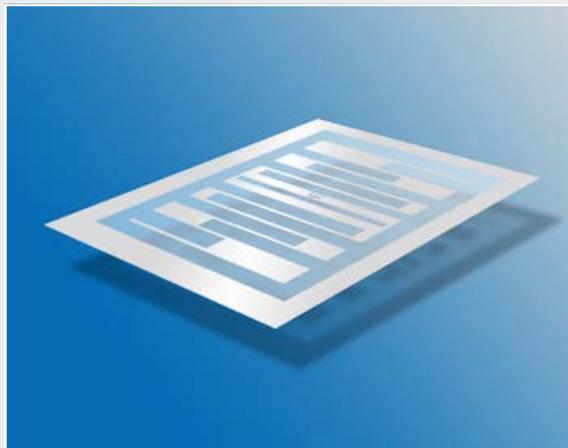
Anspruchsvolle Applikationen – mit dem LPKF ProtoLaser S4 in nur wenigen Minuten aus unstrukturiertem Basismaterial herausgearbeitet.



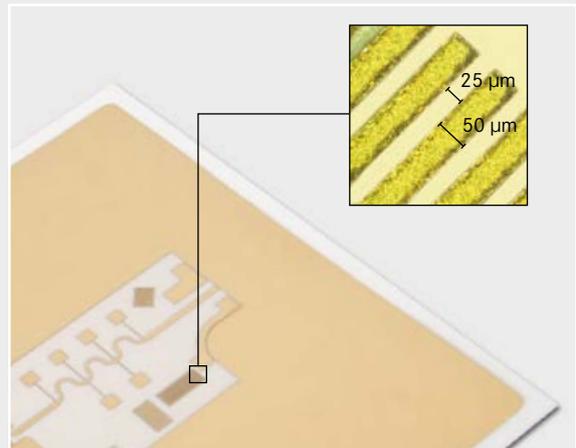
Cu (18 μm) auf FR4



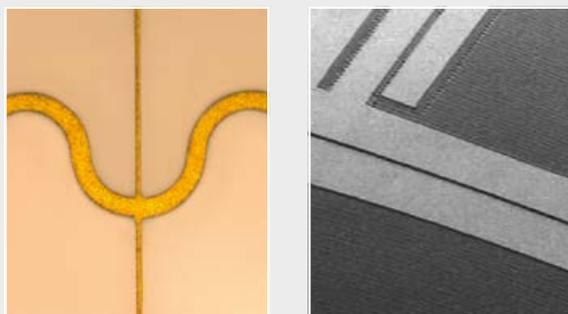
PTFE



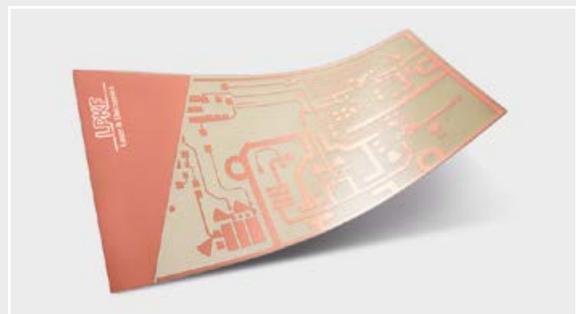
Al (15 μm) auf PET-Folie



Keramik



HF-Struktur, Au auf Al_2O_3 -Keramik



Semi-Flex-Material, Cu-Schichtstärke 18 μm

Das Allzweckwerkzeug – LPKF ProtoLaser U4

Der ProtoLaser U4 ist ein Universalwerkzeug zur Mikromaterialbearbeitung. Das UV-Lasersystem (355 nm) ist in der Lage, nahezu alle Materialien zu schneiden, zu bohren oder zu strukturieren. Er öffnet den Weg in Bereiche des Prototypings, die bislang aufwendig oder nur mit externen Dienstleistern möglich waren.



ProtoLaser U4 für Prototyping und Kleinserien

Der LPKF ProtoLaser U4 ist optimal geeignet für Prototyping und Kleinserienproduktion on demand. Er bearbeitet unterschiedliche Materialien schnell, sauber und exakt. Der UV-Laserstrahl trennt z. B. einzelne Platinen berührungslos und präzise aus großen Leiterplatten, schneidet LTCC und Prepregs. Der ProtoLaser U4 trennt eine Vielzahl von Leiterplatten-Materialien: stressfrei, mit flexiblen Konturen, bestückt oder unbestückt.

Bohren, Schneiden und Strukturieren

Der ProtoLaser U4 ermöglicht Leiterbahnen bis zu 50 µm auf laminierten PCB-Materialien und sogar noch kleinere auf Roter Keramik und kann Löcher und Mikrovias bis zu einem Durchmesser von nur 100 µm in

HDI-Leiterplatten schneiden. Der Laserstrahl durchstößt zunächst die Kupferschicht und anschließend das Substrat aus Epoxydharz und Glasfasern.

Darüber hinaus beherrscht der LPKF ProtoLaser U4 auch die Strukturierung ungewöhnlicher Materialien, z. B. von TCO-/ITO-Beschichtungen. Der exakt dosierte Laserstrahl erzeugt feinste Strukturen mit höchster Genauigkeit. Darüber hinaus öffnet der UV-Laser auch Lötstopplacke und Abdeckfolien.

Die Stabilisierung des Lasers bei niedriger Energie erweitert das Bearbeitungsspektrum um dünne, organische Schichten, die neue Leistungsmessung auf Substratebene ist im Labor wertvoll: Sie erlaubt die präzise Erfassung aller Prozessdaten in Versuchsreihen.

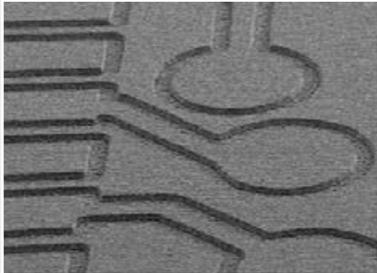
Der ProtoLaser U4 zeichnet sich durch eine hohe Wiederholgenauigkeit aus. Die optimale Fokusslage des Lasers wird automatisch eingestellt, eine Kamera lokalisiert die Position des Werkstücks anhand von Passermarken. Auf dem integrierten Vakuumtisch werden auch flexible und dünne Substrate sicher fixiert. Damit lassen sich komplexe Konturen ohne mechanische Beanspruchung des Materials schneiden.

Einfach und flexibel dank Parameterbibliothek

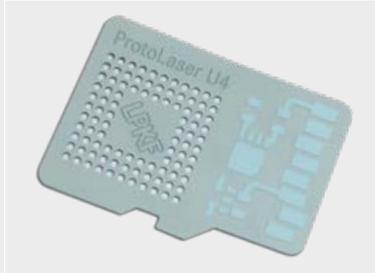
Die leistungsfähige CAM-Software LPKF Circuit-Pro importiert bestehende CAD-Daten und setzt sie in Laserprozesse um. In wenigen Minuten lässt sich eine Änderung des Schaltungslayouts vornehmen. Für zahlreiche Anwendungen sind Prozessparameter hinterlegt. Eine umfangreiche Parameterbibliothek liefert die Einstellungen für die wichtigsten Materialien – im Benutzermodus ist die Bearbeitung von gespeicherten Projekten einfach. Der Administrator-Modus erlaubt volle Kontrolle über alle Systemeinstellungen.

Laserbearbeitung auf höchstem Niveau

Der UV-Laser schneidet, bohrt und strukturiert eine breite Palette unterschiedlichster Materialien.



Strukturierung von Feinstleitern in Ätzresiste (z. B. Chemisch Zinn)



Strukturieren, Gravieren, Bohren und Trennen in einem Arbeitsgang: Der ProtoLaser U4 bearbeitet auch empfindliche LTCC-Keramiken



TCO/ITO: unsichtbare Leiterbahnen auf transparenten Materialien



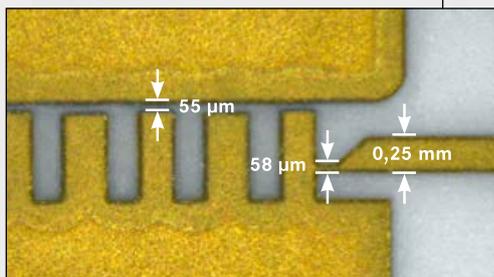
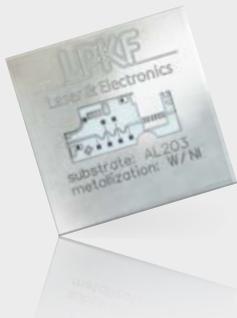
Strukturiertes und ausgeschnittenes Beispiel einer HF-Schaltung auf RO 5880 Material



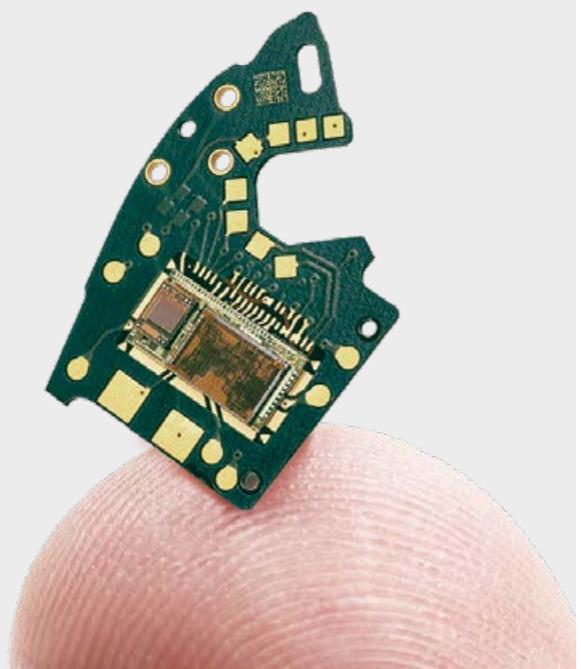
Laserstrukturierte FR4-Boards überzeugen durch eine hohe Übereinstimmung von Layout und realer Geometrie



Bestückte und unbestückte Materialien exakt schneiden – auch in komplexen Formen: Keramik, Polyimid und FR4



Top-Ergebnisse auf empfindlichen Keramikmaterialien



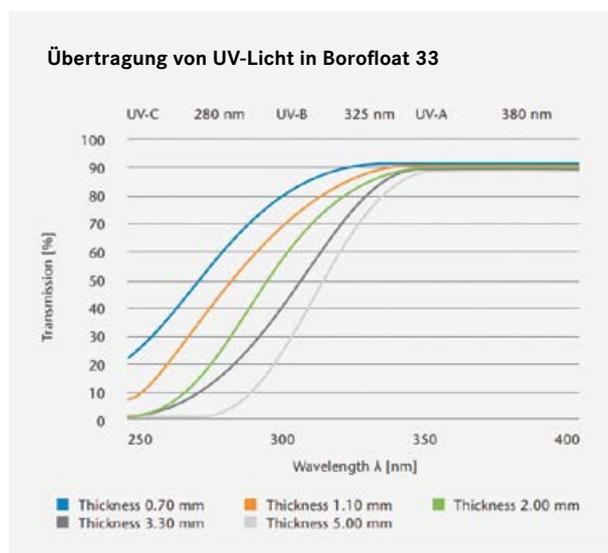
Jenseits der Vorstellungskraft – LPKF ProtoLaser R4

Der LPKF ProtoLaser R4 nutzt Pikosekundenimpulse aus grünem Laserlicht und ermöglicht so Kaltablation. Dadurch können wärmeempfindliche, brüchige und extrem dünne Schichten bearbeitet werden, und gleichzeitig können Materialien wie Keramik und Glas sehr effizient gebohrt und geschnitten werden.

Vorteile von Pikosekundenimpulsen

Einer der wichtigsten Unterschiede zwischen Lasern besteht unabhängig vom Fabrikat und der Leistung in der Pulslänge. Während Mikrosekundenimpulse das Material erwärmen und schmelzen und so dicke Metallschichten durchschneiden, erwärmen und verdampfen kürzere Nanosekundenimpulse eine dünnere Metallschicht. Die in einem Pikosekundenimpuls enthaltene Energie wirkt auf die Molekülstruktur. Die Dauer eines ultrakurzen Impulses ist kürzer als die Zeit, welche die Wärme zur Ausbreitung im umgebenden Material benötigt. Daher entfernt ein Impuls mit einer Energie oberhalb des materialspezifischen Schadensschwellwerts eine kleine Menge Material, ohne eine Erwärmung hervorzurufen.

Energiereiche ultrakurze Impulse in einem optisch nichtlinearen Material wie Borosilikatglas erzeugen eine zweite Oberschwingung, also Licht mit der doppelten Frequenz und halber Wellenlänge. Grünes Laserlicht erzeugt in Borosilikat tiefe UV-Strahlung mit geringer oder ganz ohne Absorption. Wie in Abbildung 1 dargestellt, ist die Absorption von UV-Licht mit 250 nm bereits erheblich, wodurch grüne Pikosekundenlaser zum Gravieren, Bohren und Schneiden von Borosilikatglas geeignet sind.



Kombination aus ultrakurzen Impulsen und Energie

Der LPKF ProtoLaser R4 arbeitet mit einer Pulslänge von 1,5 Pikosekunden und einer Impulsfrequenz von 50 kHz bis 500 kHz. Einzelne Impulse liefern bis zu 80 pJ, bei höheren Frequenzen kann hingegen eine Impulsenergie von unter einem pJ erreicht werden. Dank dieser Vielfalt an Energieeinstellungen und der hohen Geschwindigkeit der Laserbewegung kann der ProtoLaser R4 Keramikmaterialien wie Al_2O_3 , AlN, SiN, GaN und zweidimensionale Graphen- sowie Submikron-Beschichtungen auf der anderen Seite bearbeiten.

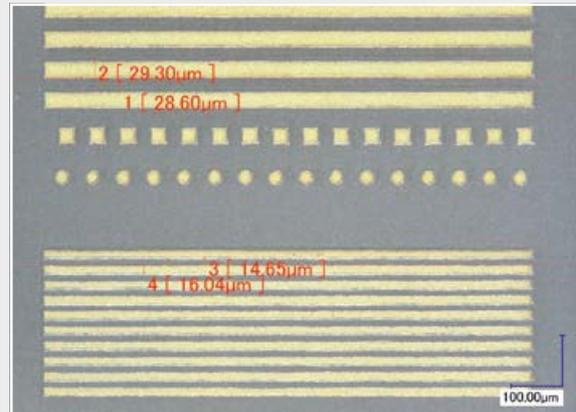
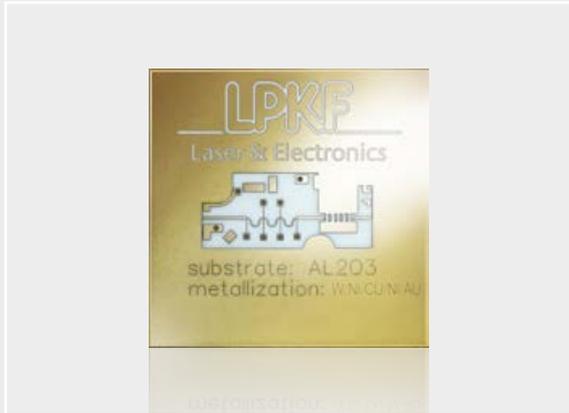
Die sogenannte Kaltablation tritt auf, wenn die Dauer der Pulslänge unterhalb der Wärmeausbreitungszeit liegt. In einem Dielektrikum findet Ionisierung statt. Dichte Energie wird in Plasma umgewandelt, ohne dass Energie zur Wärmebildung übrig bleibt. Durch das Kaltablationsverfahren entstehen keine Wärmeeinflusszonen (Heat-affected Zone, HAZ). Eine enge Überlappung der Impulse führt letztlich jedoch zur Erwärmung des Materials. Als Faustregel gilt für den LPKF ProtoLaser R4, dass eine Impulsüberlappung von unter 50% keine HAZ erzeugt. Ultrakurze Impulse sind bei der Polymerverarbeitung hocheffizient. Dazu zählen typische flexible Platinenträger wie PI, HF-Substrate mit PTFE und Folien aus reinem PTFE, PEEK oder LCP, bei denen Nanosekunden-UV-Laser (wahrscheinlich) versagen.

Aufgrund der direkten Anregung der freien Elektronen der Metalle ist die lokale thermische Wirkung stark, bevor sich die Wärme ausbreiten kann. Dadurch können die HAZ bei Metallen klein gehalten werden, während das Material weiterhin wirkungsvoll abgetragen wird.

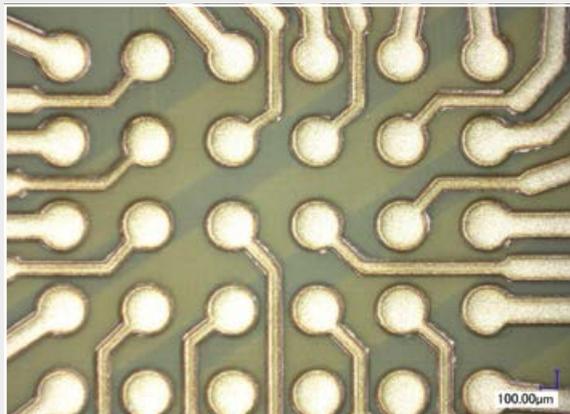
Kaltablation tritt auch in nichtlinearen optischen Materialien bei einer Mehrphotonenabsorption auf. Ausgeklügelte Algorithmen der CircuitPro-Software mit umfangreichen materialspezifischen Bibliotheken, frei programmierbaren Parametern, Angaben zu Laserleistung sowie ein Tool zur Berechnung von Impulsenergie, Fluenz und Laserstrahlform unterstützen den Bediener des LPKF ProtoLaser R4 darin, Lösungen zu schaffen, die über jegliche Vorstellungskraft hinausgehen.

Verarbeitung jenseits der Grenzen

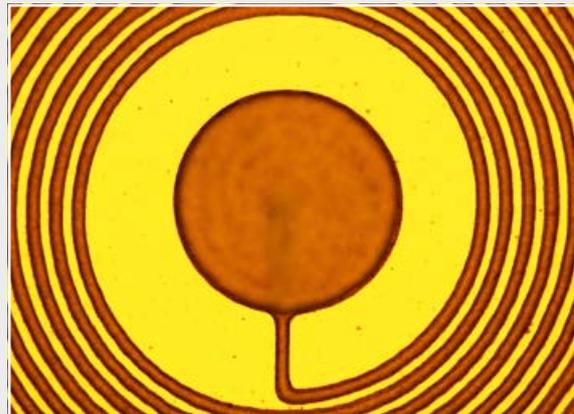
Ultrakurze Laserimpulse erhöhen die Präzision und erweitern die Liste der bearbeitbaren Materialien bei verringerter Oberflächenrauigkeit.



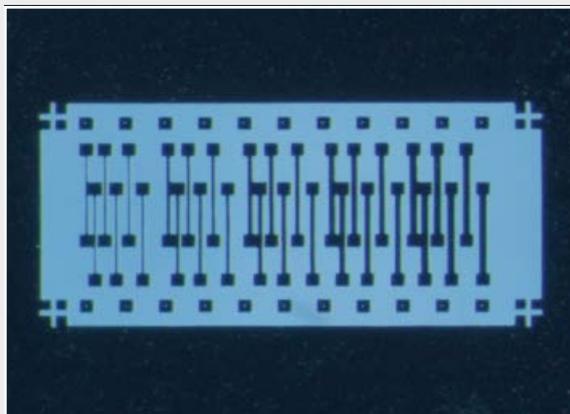
Bearbeitung von Keramik: Abtrag von Metallschichten, Tiefengravur, Bohren, Schneiden (Al_2O_3 , GaN)



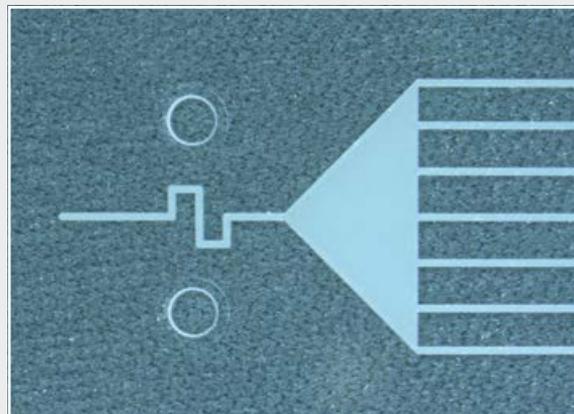
Strukturieren flexibler Platinen (doppelseitiges Polyimid, einseitiges PET)

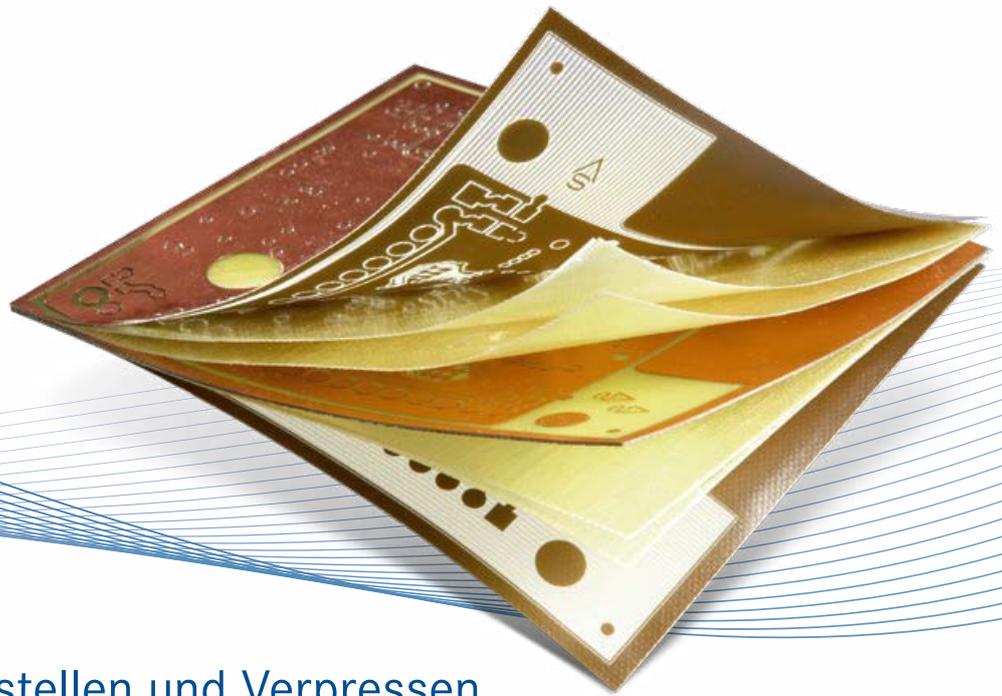


Bearbeitung dehnbarer Flex-Platinen für Wearables, Tiefengravur von PI für Mikrofluidik



Präzise Strukturen auf Glasflächen sowie Tiefengravur, Bohren und Schneiden von Glas





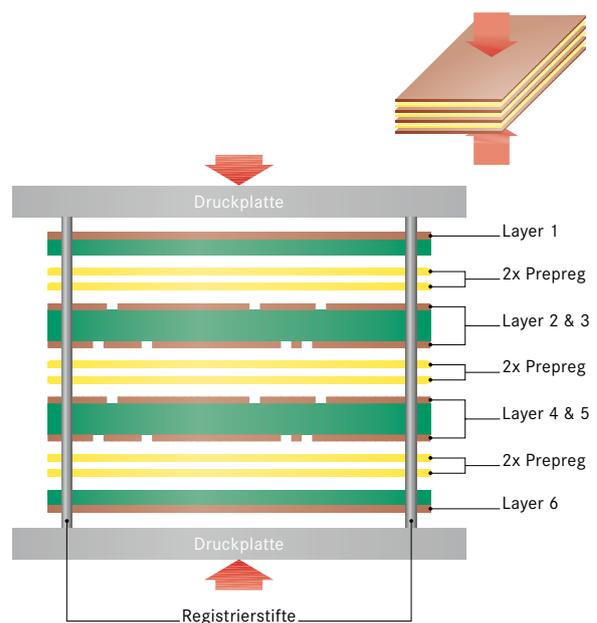
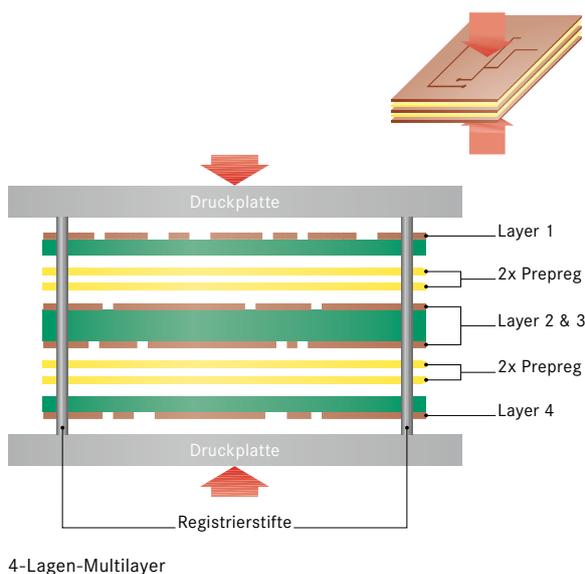
Multilayer: Herstellen und Verpressen

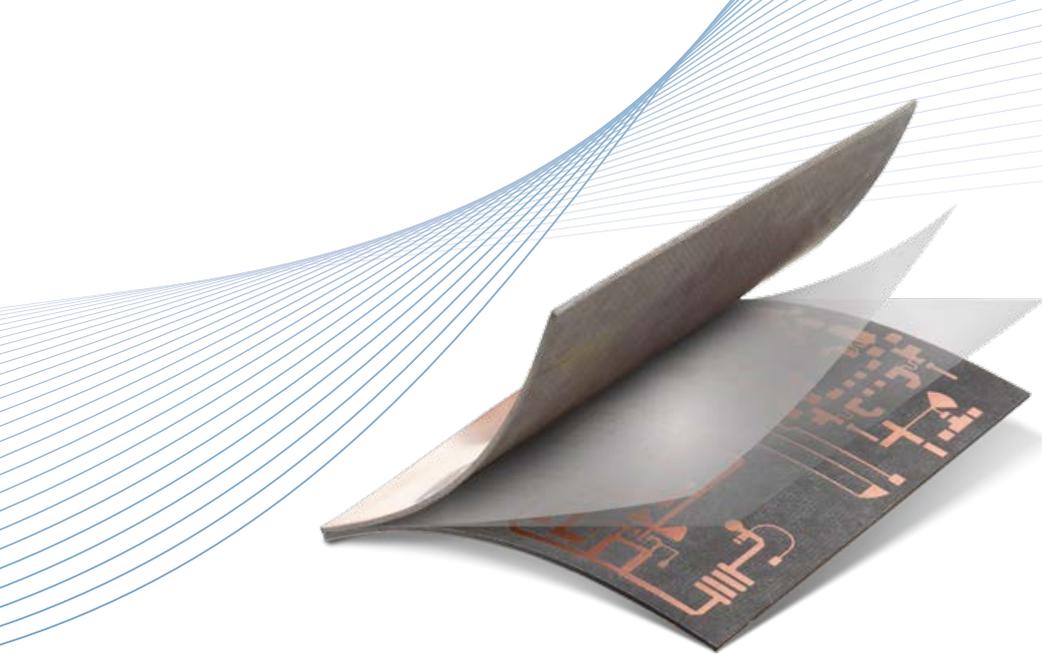
Multilayer sind Leiterplatten mit mehreren Lagen, die jede für sich leitfähige Strukturen aufweisen. Die Herstellung erfolgt in drei Schritten: Strukturieren der einzelnen Lagen, Pressen und Durchkontaktieren.

Eine Leiterplatte aus mehreren Schichten

Ein Multilayer besteht aus mehreren Schichten, die zu einer Leiterplatte verpresst werden. Die Außenlagen eines Multilayers bestehen oft aus einseitig strukturierten Leiterplatten, die Innenlagen aus doppelseitig beschichtetem Material. Zwischen den leitenden Ebenen werden isolierende Schichten, sogenannte Prepregs, eingefügt.

Die Außenlagen der Leiterplatte, Toplayer und Bottomlayer, werden mit den Innenlagen unter Wärme und Druck verpresst. Pressbleche und -polster sorgen für die optimale Druckverteilung in der Pressform. Beim Verpressen wird das Harz der Prepregs durch die hohe Temperatur flüssig und sorgt für eine optimale Verbindung.





Beim Verpressen dürfen keine Luftpinschlüsse entstehen. Dazu ist es notwendig, mit dem richtigen Pressdruck und einem passenden Temperaturprofil zu arbeiten, je nach Materialien und Lagenanzahl. Die Presstemperatur eines Standard-Multilayers liegt bei ca. 180 °C (355 °F). Bei der LPKF MultiPress S4 mit automatischer Hydraulik durchlaufen die Multilayer die verschiedenen Heiz- und Pressphasen eines Prozessprofils automatisch.

Die Art der Durchkontaktierung hat Einfluss auf die Reihenfolge der Strukturierung. Die Außenlagen werden stets nach der Erstellung der Durchkontaktierung strukturiert. Die Innenlagen eines Multilayers müssen in jedem Fall vor dem Verpressen strukturiert worden sein.

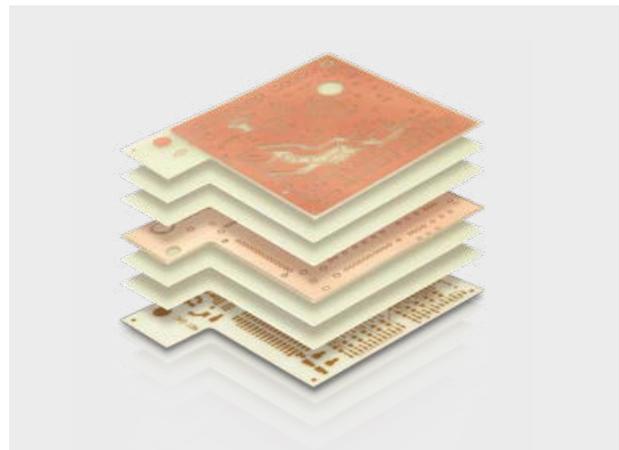
8-Schicht-Multilayer in Ihrem eigenen Labor

Eine hohe Packungsdichte und die damit verbundene hohe Anzahl von Schaltungen bzw. Zusatzaufgaben, die von der Leiterplatte erfüllt werden müssen, erfordern einen Multilayer-Aufbau von komplexen Prototypen, die die Realisierung von Schaltungen in mehreren Lagen erlauben.

Das neue Konzept mit einer intuitiven grafischen Benutzeroberfläche bietet Einsteigern einen einfachen Start in die Multilayer-Produktion und eröffnet unzählige Möglichkeiten, Prozesse für Materialien der nächsten Generation einzurichten. Der drei- bis fünfstufige Prozess mit unterschiedlichen, rampengeführten Temperaturen und Drücken kann auch unter Anwendung von Vakuum und Schnellkühlung durchgeführt werden.

Der einphasige Betrieb, integrierte Vakuum- und Hydraulikpumpe, Anschlussmöglichkeiten und vordefinierte Prozesseinstellungen für gängige Materialien machen

die LPKF MultiPress S4 zum effizientesten Stand-alone-System für das Pressen von Multilayern im eigenen Labor. Dämpfe oder Gerüche können über einen Abluftanschluss direkt in die Lüftungsanlage abgeführt werden.



Bis zu acht Lagen im Haus: LPKF Prototyping



LPKF MultiPress S4

Körnen, Bohren und Ausschneiden

Für eine funktionsfähige zweiseitige oder mehrlagige Leiterplatte ist das Bohren von Durchgangslöchern erforderlich. Die Bohrungen werden für Durchkontaktierungen der einzelnen Lagen benötigt, dienen als Löcher für Passstifte bei der doppelseitigen Strukturierung oder zur späteren Befestigung der Leiterplatte.



Eine Auswahl von Werkzeugen

Leiterplatten bohren und körnen

Sämtliche Bohrungen auf einer Leiterplatte können mit LPKF-Fräsb Bohrplottern vorgenommen werden. Dazu stehen Bohrwerkzeuge mit einem Durchmesser von 0,2 bis 3 mm zur Verfügung. Bohrungen mit einem Durchmesser größer als 2,4 mm (94 Mil) werden gefräst.

Die Systemsoftware LPKF CircuitPro rechnet diese Bohrungen automatisch in Fräskreise um. Die Bohrparameter wie Spindeldrehzahl und Absenkezeit, bei Spindeln mit motorgesteuerter Z-Achse auch der Vorschub, sind in der Software hinterlegt. Ein weiterer Eingriff des Anwenders ist nicht notwendig.

Bei sehr dünnen oder unscharfen Bohrwerkzeugen besteht die Gefahr, dass der Bohrer ausweicht und die Bohrung falsch positioniert wird. Das Körnen mit einem Fräs Werkzeug verhindert durch kurzes Anbohren mit geringer Eindringtiefe das Ausweichen des Bohrers. Der 90°-Spitzenanschliff des Universalfräasers 1/8", der normalerweise für 200 µm breite Ausfräsungen eingesetzt wird, ist die optimale Geometrie für das Körnen.

LPKF CircuitPro erzeugt die entsprechenden Produktionsdaten automatisch.

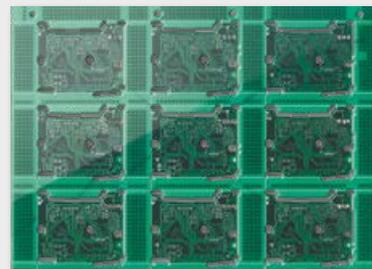
Ausschneiden der Leiterplatte/ Konturfräsen

Alle LPKF-Fräsb Bohrplotter können durch Verwendung entsprechender Fräs Werkzeuge zum Konturfräsen eingesetzt werden. Dabei wird die Leiterplatte in gesamter Materialstärke durchgefärest.

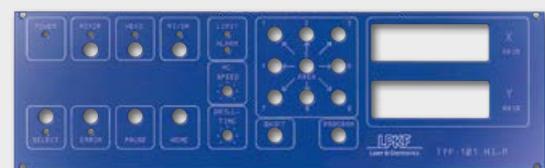
Die Innenausbrüche oder Konturen können in verschiedenen Ausprägungen produziert werden, auch in komplexen Formen. LPKF-Fräsb Bohrplotter lassen sich auch zum Nutzentrennen – zum Auftrennen von Stegen verschiedener Größen und Variationen – einsetzen. Die Wahl des entsprechenden Fräs Werkzeugs ist zum einen von der gewünschten Fräsbreite, zum anderen vom zu bearbeitenden Material abhängig. Fräs Werkzeuge mit einem größeren Durchmesser sind stabiler und können deshalb mit einer höheren Vorschubgeschwindigkeit gefahren werden. FR4-Material wird mit einem Konturfräser bearbeitet. Bei weichen HF-Basismaterialien oder Aluminium wird ein zweiseidiger End-Mill-Fräser eingesetzt.



Konturfräsen und Ausbrüche



Mehrfachnutzen



Frontpanel

Systeme zur Durchkontaktierung

Wenn die Schaltkreise einer Leiterplatte auf mehrere Lagen verteilt sind, müssen diese miteinander verbunden werden. Dies geschieht mit Bohrungen, die mit leitfähigem Material durchkontaktiert werden.

Passend zur jeweiligen Anwendung bietet LPKF drei unterschiedliche Durchkontaktierungs-Systeme an:



Manuell: LPKF EasyContac



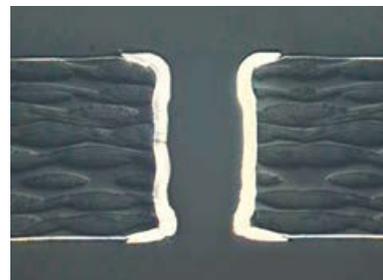
LPKF ProConduct



Galvanisch: LPKF Contac S4

Durchkontaktierung mit Nieten

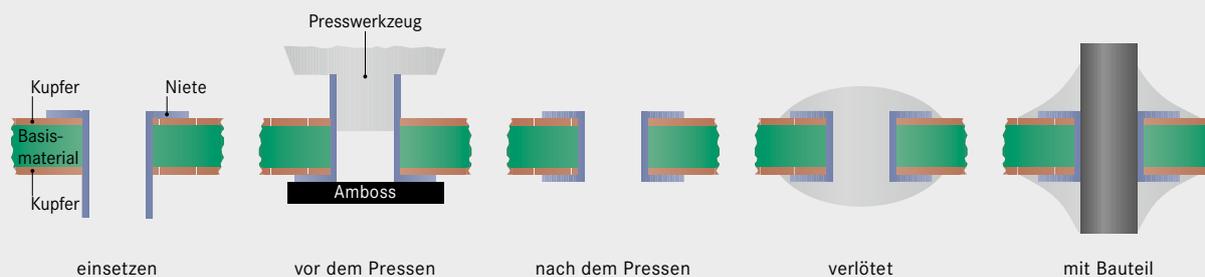
LPKF EasyContac ist ein einfach zu handhabendes System für die Durchkontaktierung von doppelseitigen Leiterplatten auf Standard-FR4-Basis. Der Durchmesser der Nieten liegt zwischen 0,6 und 1,2 mm (+ 0,2 mm Außendurchmesser). Das System ist ideal für Leiterplatten-Prototypen mit bis zu 50 Durchkontaktierungen und für die Reparatur von Leiterplatten geeignet.



Durchkontaktierung mit LPKF ProConduct

Einfach zu erlernen

Die Nieten werden einfach von Hand in die Bohrungen eingesetzt und mithilfe eines Presswerkzeugs vernietet. Abschließend wird die Niete mit dem Kupferlayer verlötet.



Leiterplatten durchkontaktieren – einfach, ohne Galvanik-Prozess

LPKF ProConduct ist ein professionelles Verfahren für das Prototyping mit vielen Durchkontaktierungen – ohne galvanische Bäder. Es ist für Multilayer bis zu vier Lagen mit einem kleinsten Lochdurchmesser von 0,4 mm bei einem Aspektverhältnis bis 1 : 4 geeignet.

Die maximale Größe der Leiterplatte wird lediglich durch den benötigten Heißluftofen beschränkt. Die Übergangswiderstände liegen bei einem Lochdurchmesser von 0,4 mm bei etwa 25 mΩ.

Da LPKF ProConduct kein zusätzliches Kupfer auf die strukturierten Flächen aufträgt, beeinflussen sie Kalkulationen bei HF-Anwendungen nicht.

Multilayer-Außenlagen werden bei der Durchkontaktierung wegen des vorteilhafteren Produktionsablaufs bereits vor dem Durchkontaktieren gefräst.

LPKF ProConduct: einfache Arbeitsschritte der Durchkontaktierung

1. Schutzfolie:

Selbstklebende Spezialfolie auf die Oberflächen aufbringen.



2. Bohren:

Mit einem LPKF-Fräsbohrplotter werden alle Durchgangslöcher gebohrt – durch die Folie hindurch.



3. Kontaktpaste auftragen:

Durchkontaktierungspaste mit einem Rakel auf der Leiterplatte verstreichen. Der Vakuumtisch saugt die Paste durch die Löcher. Paste auch auf der Rückseite auftragen und erneut absaugen.



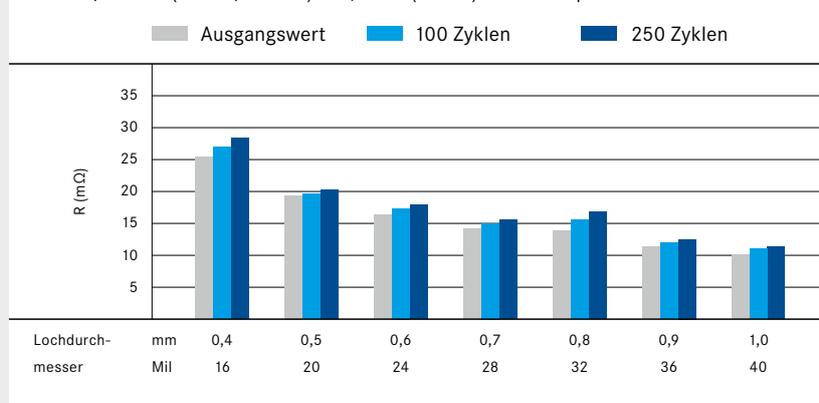
4. Aushärten:

Schutzfolien vorsichtig abziehen, Leiterplatte im Heißluftofen aushärten; anschließend mit ProConduct-Cleaner unter fließendem Wasser reinigen.



Schnelle Temperaturwechselzyklen

-40 °C/125 °C (-40 °F/250 °F) @ 1,6 mm (64 Mil) FR4-Leiterplatte



Basis: zweiseitige FR4-Leiterplatte mit 35 µm (1 oz/ft²) Kupfer

Der elektrische Widerstand einer fertig durchkontaktierten Bohrung liegt in einer Spanne von 10 bis 25 mΩ. Selbst nach 250 Temperaturwechselzyklen steigt der Widerstand nur geringfügig an (max. 28 mΩ).

Galvanische Durchkontaktierung

Die galvanische Durchkontaktierung ist für die professionelle Fertigung von Leiterplatten-Prototypen und Kleinserien geeignet. Der chemische Prozess entspricht prinzipiell dem Verfahren in Großserien. Das System kann Multilayer bis zu acht Lagen mit einem kleinsten Lochdurchmesser von 0,2 mm bei einem Aspektverhältnis bis 1:10 verarbeiten.

Bei Multilayern werden die Außenlagen erst nach dem Durchkontaktieren gefräst, weil die gesamte Kupferfläche der Außenlagen als Kathode genutzt wird. Alle Innenlagen sind strukturiert, alle Bohrungen müssen vor der Durchkontaktierung vorhanden sein.

Ein wichtiges Merkmal ist die Ausstattung. Die LPKF Contac S4 ist mit sechs chemischen Bädern für eine zuverlässige Prozessführung ausgestattet: Reinigungs-bäder, ein Aktivatorbad nach dem Blackhole-Verfahren, eine ViaCleaner-Stufe, das Galvanikbad, und eine chemische Verzinnung zur Verbesserung der Lötbarkeit. Glasoberflächen am System beugen Oberflächenverschmutzungen vor.

Die LPKF Contac S4 ist einfach zu bedienen; chemische Fachkenntnisse für Betrieb oder Wartung sind nicht notwendig. Der Arbeitsprozess ist weitgehend automatisiert. Der Anwender wird von einem intuitiv bedienbaren Touchscreen menügesteuert Schritt für Schritt durch alle Phasen geführt.

LPKF Contac S4: fünf Arbeitsschritte der Durchkontaktierung

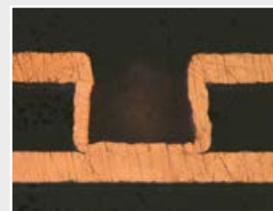
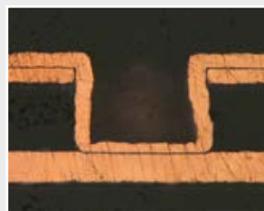
1. Reinigen und Entfetten: In zwei Bädern wird die Leiterplatte gereinigt und entfettet.

2. Aktivator auftragen: Ein Kohlenstoff-Aktivator wird nach dem Blackhole-Verfahren auf die zu beschichtenden Oberflächen der Bohrungen aufgebracht.

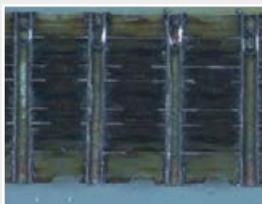
3. Via-Reinigung

4. Galvanisieren: Der gesamte LPKF-Galvanisierungsprozess wird vom System gesteuert. Der Benutzer muss die Leiterplatte lediglich zuführen und Basisparameter eingeben. Der gesamte Prozess dauert je nach Stärke des Kupferauftrags ca. 90 bis 120 Minuten.

5. Reinigen: Im letzten Schritt wird die Leiterplatte gereinigt.



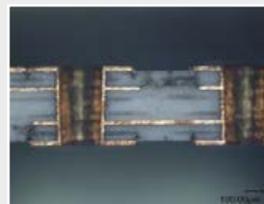
Trennschichten aus dem Aktivierungsschritt werden dank ViaCleaner-Stufe zuverlässig entfernt



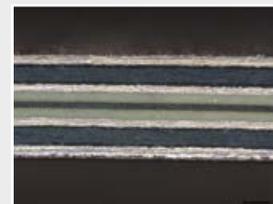
FR4-Material



Rigid Flex



HF-Material



Flex-Material

Vergleich der Durchkontaktierungsverfahren

LPKF bietet drei unterschiedliche Durchkontaktierungsverfahren. Jedes dieser Verfahren hat seine bestimmten Vorzüge.

Die Anwendung bestimmt die Auswahl der am besten geeigneten Durchkontaktierung. Eckdaten wie die Basismaterialgröße und die Layoutgröße sind durchaus entscheidend, aber auch spezielle Faktoren wie bestimmte Substrate, Leiterplattentypen usw. spielen eine Rolle.

Die Verfahren im Überblick:

LPKF ProConduct

Ein vielseitiges manuelles Durchkontaktierungsverfahren ohne chemische Bäder. Grundlage des LPKF

ProConduct ist eine spezielle Durchkontaktierungspaste zum schnellen und einfachen Beschichten von Bohrungen in wenigen Minuten.

LPKF Contac S4

Professionelles galvanisches Durchkontaktierungsverfahren mit Reverse Pulse Plating. Die Contac S4 ist in sich geschlossen und ohne chemische Fachkenntnisse zu bedienen.

LPKF EasyContac

Ein in der Handhabung einfaches manuelles Durchkontaktierungsverfahren für kleine Stückzahlen. EasyContac ist einfach, kompakt und transportabel und damit der ideale Einstieg in die Durchkontaktierung von Prototypen.

Anwendung	EasyContac	Contac S4	ProConduct
Kleine Fertigungsmenge, geringe Lochanzahl Obwohl Contac S4 und ProConduct auch für kleine Fertigungsmengen und wenige Bohrungen (kleiner 50) bestens geeignet sind, ist EasyContac das speziell für diese Anwendungen entwickelte System.	•		
Kleine Fertigungsmenge, hohe Lochanzahl Kleine Fertigungsmengen und unbeschränkte Anzahl an Bohrungen können mit ProConduct und Contac S4 schnell und einfach durchkontaktiert werden.		•	•
Mittlere Fertigungsmenge Für mittlere Fertigungsmengen ist das galvanische Durchkontaktierungs-System Contac S4 die richtige Wahl. Leiterplatten verschiedener Formen und Größen können durchgehend durchkontaktiert werden.		•	
Schwierige Oberflächen Substrate mit besonderen Anforderungen, wie reines PTFE.		•	•
HF-/Mikrowellen-Leiterplatten Die strengen geometrischen Anforderungen von HF-/Mikrowellen-Leiterplatten erfüllt LPKF ProConduct am besten.		•	•
Verzinnung Die galvanische Durchkontaktierung der LPKF Contac S4 umfasst die Option „chemische Verzinnung“.		•	
Chemische Restriktionen Dort, wo Chemie nur begrenzt oder gar nicht eingesetzt werden darf, sind sowohl LPKF EasyContac als auch ProConduct geeignet. Beide Verfahren verzichten auf chemische Bäder.	•		•
Hochleistungs-Schaltkreise (High-Power Circuitry) Hochleistungs-Schaltkreise erfordern größere Bohrungen und dickere Beschichtung. LPKF empfiehlt bei diesen Anwendungen die Contac S4 für die galvanische Durchkontaktierung.		•	
Reverse Pulse Plating Das Reverse Pulse Plating der LPKF Contac S4 gewährleistet die Herstellung von einwandfreien Durchkontaktierungen. Das Reverse Pulse Plating sorgt für den gleichmäßigen Auftrag des Kupfers und unterbindet Ablagerungen oder gar Verstopfungen am Bohrungseingang.		•	

* mögliche Materialien auf Anfrage

Lötstopplack und Bestückungsdruck

Der Lötstopplack LPKF ProMask schützt Oberflächen und Leiterbahnen einer Leiterplatte. Pads mit geringem Abstand werden durch das professionelle Oberflächen-Finish beim Lötprozess vor Kurzschlüssen bewahrt.

LPKF ProMask ist eine leicht aufzubringende grüne Lötstopplackmaske. Das professionelle Oberflächen-Finish ist insbesondere für SMT-Prototypen mit geringen Leiterbahnabständen ideal.

LPKF ProLegend versieht die Leiterplatte mit beliebigen Beschriftungen – ohne umweltschädliche Nasschemie.



Lötstopplack aufbringen: in vier einfachen Schritten zur Lötstopplackmaske

1. Filmvorlage erstellen:

Je Leiterplattenseite ist eine Filmvorlage erforderlich. Sie wird durch Drucken einer Transparentfolie mit einem Standard-Laserdrucker aus LPKF CircuitPro heraus erstellt.



2. Lötstopplack auftragen:

Der Lötstopplack wird aus den portionierten Komponenten Lack und Härter gemischt und mit einem Schaumstoffroller auf die gesamte Leiterplattenseite aufgetragen. Danach wird die Leiterplatte für zehn Minuten bei 80 °C im Heißluftofen vorgetrocknet.



3. Leiterplatte mit Filmvorlage belichten:

Die Filmvorlage wird exakt über die Passermarken der Leiterplatte ausgerichtet. Dann kommt die Leiterplatte für 30 Sekunden in den Belichter. Dabei werden die unbedruckten Bereiche der Filmvorlage auf der Leiterplatte belichtet. Nach dem Entnehmen der Leiterplatte aus dem Belichter wird die Filmvorlage entfernt.



4. Lötstopplack entwickeln und aushärten:

Das Entwicklungsbad wird durch Auflösen des Entwicklungspulvers in warmem Wasser angesetzt. Das Entwicklungsbad befreit die nicht belichteten Bereiche vom Lötstopplack. Lackrückstände werden mit Pinsel und Wasser abgespült. Dann härtet der Lötstopplack im Heißluftofen für 30 Minuten aus. Abschließend wird die Leiterplatte mit dem LPKF-Reiniger von Oxidationsrückständen befreit und mit Wasser gereinigt.



i Der Bestückungsdruck mit LPKF ProLegend wird nach dem exakt gleichen Verfahren mit weißem Lack hergestellt. Da gleichfalls die Bereiche belichtet werden müssen, die später farbfrei sein sollen, muss die Filmvorlage negativ bedruckt werden.

Lotpastendruck

Das Auftragen von Lotpaste auf alle mit Bauteilen zu bestückende Pads erfordert höchste Präzision. Der LPKF ProtoPrint S4 ist ein manueller Schablonendrucker für das Herstellen von SMT-Prototypen und -Kleinserien.

Die mechanische Auflösung bis zu einem Rastermaß von 0,3 mm (12 Mil) gewährleistet den Schablonendruck im ultrafeinen Pitch-Bereich. Die Dicke der Schablonen (zwischen 100 µm und 250 µm) bestimmt den Lotpastenauftrag.

Die Schablonenrahmen sind über verstellbare Halteklammern einfach zu fixieren. Die frei einstellbaren Leiterplatten-Haltestifte ermöglichen die Bedruckung der unbestückten Seite bereits bestückter Leiterplatten. Die Leiterplatte wird über Mikrometerschrauben präzise in X- und Y-Richtung sowie in der Höhe ausgerichtet. Ein Hebelarm sorgt für das geschwindigkeitskontrollierte parallele Trennen der Leiterplatte von der Schablone. Die einfache Fixierung der Leiterplatte auf einem Schlitten ermöglicht den schnellen und unkomplizierten Austausch bei der Fertigung kleiner Serien.

Der LPKF Lotpastendrucker ist für den Einsatz von Polyimid-Schablonen geeignet – begrenzt auf ein Rastermaß von 0,625 mm (25 Mil) bei einer Dicke von 125 µm. Polyimid-Schablonen lassen sich mit LPKF-Fräsbplottern herstellen, was gegenüber Stahlschablonen Zeit und Kosten spart.



LPKF ProtoPrint S4

Lotpaste auftragen: In sechs Schritten wird die Lotpaste auf die Leiterplatte aufgebracht

1. Leiterplatte fixieren:

Die Leiterplatten-Haltestifte werden auf den Schlitten montiert und die Leiterplatte wird eingelegt. Anschließend wird die Folie für den Testfoliendruck über die Leiterplatte gespannt.

2. Schablone einspannen:

Der Schlitten wird in die Druckposition gefahren und der Schablonenrahmen grob ausgerichtet mit den Halteklammern fixiert.

3. Testfoliendruck:

Der Hebelarm drückt die Testfolie an die Schablone. Anschließend wird mit dem Rakel gleichmäßig Lotpaste auf die Folie aufgetragen und das Padbild auf die Folie gedruckt.

4. Feinjustierung:

Mit dem Hebelarm wird die Testfolie von der Schablone gelöst und der Schlitten in die Ladeposition

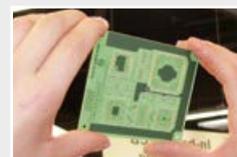
gefahren. Über die Mikrometerschrauben wird die Leiterplatte nun exakt zum Testfoliendruck ausgerichtet. Anschließend wird die Testfolie gereinigt und entfernt.

5. Lotpaste aufbringen:

Der Schlitten wird in die Druckposition gefahren und die Leiterplatte mit dem Hebelarm an die Schablone angedrückt. Anschließend wird mit dem Rakel gleichmäßig Lotpaste auf die Leiterplatte aufgetragen.

6. Leiterplatte auslösen:

Mit dem Hebelarm wird die Leiterplatte von der Schablone gelöst. Die aufgetragene Lotpaste muss dabei auf der Leiterplatte verbleiben und darf nicht in der Schablone hängen bleiben. Abschließend wird der Schlitten in die Ladeposition gefahren.



SMD-Bestückung

Winzige Bauteile sind nötig, um viele Funktionen auf kleinem Raum unterzubringen. Die geringen Maße moderner Elektronikkomponenten machen das manuelle Bestücken von Leiterplatten schwierig. Für die komplexe SMD-Bestückung bietet LPKF mit dem ProtoPlace E4 oder dem ProtoPlace S4 Anwendern ein manuelles oder ein vollautomatisches, ergonomisches Pick & Place-System.

Manuelle Leiterplattenbestückung mit SMD-Bauteilen

SMT-Leiterplatten werden in mindestens drei Schritten bestückt. Zu Beginn entnimmt eine Vakuumnadel das SMD-Bauteil einem antistatischen Fach oder aus einem Feeder. Dabei sind unterschiedliche Arten von Feedern üblich: Rollenfeeder, Stangenfeeder oder Bauteilträger. Alle Typen lassen sich mit dem LPKF ProtoPlace E4 verbinden.

Die Vakuumnadel ist an einem Manipulator befestigt. Dieser hilft bei der exakten Positionierung. Das SMD-Bauteil wird manuell in X- und Y-Achsen verschoben oder gedreht. Die optionale Kamera und ein LCD-Farbmonitor helfen bei der richtigen Platzierung.

Abschließend wird das Bauteil zielgenau auf die Leiterplatte abgesenkt. Die Haftung der Lotpaste sorgt dafür, dass das Bauteil nicht verrutscht.

Automatische SMD-Bestückung

Die Bestückungsautomaten der LPKF SMT Edition bieten einfache Bedienung und hohe Präzision. Alle Modelle erlauben den Einsatz von Standard- und Fine-Pitch-SMD-Bauteilen sowie die Bestückung von SOIC, PLCC, BGA, pBGA, CSP, QFN und LEDs.

Dank der intuitiven Softwareoberfläche sind die Einrichtungszeiten kurz – selbst für Gelegenheitsnutzer. Die Software führt den Anwender durch jeden einzelnen Schritt des Prozesses. Der Anwender bestätigt nach jedem Prozessschritt die Funktion und wird automatisch zum nächsten Schritt geleitet. Die Steuerung erfolgt über den integrierten PC, welcher die Aufgabe der Datenaufbereitung und der Maschinensteuerung übernimmt. Der Arbeitsbereich für das Material und die Position der einzelnen Maschinenteile wie Bodenkamera, Düsenwechsler und Bauteilhalter werden auf der grafischen Anzeige dargestellt.

Im Arbeitsbereich, dessen maximale Abmessungen 540 x 480 mm betragen, können Bauteilhalter für Bänder, Rohre, Schalen und Massenteile platziert werden. Alle Bestückungsautomaten der Serie sind mit optischer Zentrierung, einer oberen Kamera zur automatischen Passermarkenkorrektur und einer Bodenkamera zur automatischen Bauteilzentrierung ausgestattet. Die Kameras können auch zur optischen Inspektion des Lötpastendrucks und der Bauteilplatzierung genutzt werden.



LPKF ProtoPlace E4



LPKF ProtoPlace S4

Reflow-Löten

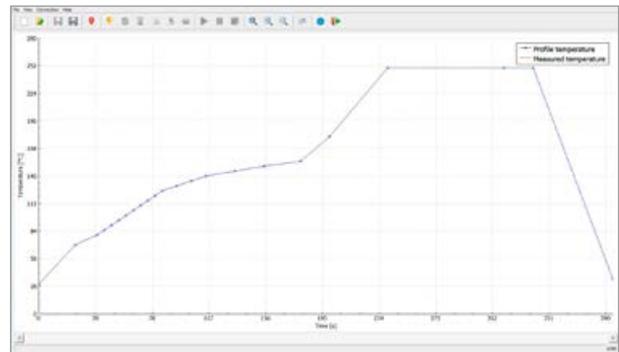
Nach dem Strukturieren und Bestücken der Leiterplatte fehlt nur noch ein Schritt, um eine funktionsfähige Leiterplatte in den Händen zu halten: Das Verlöten der Bauteile mit der Leiterstruktur. Bei modernen SMT-Boards bleibt der Lötcolben kalt, ein Reflow-Ofen verbindet alle Lötunkte in einem Arbeitsgang.

Heißluftlöten mit Profil

Der kompakte Heißluftofen LPKF ProtoFlow S4 ist das ideale Gerät für RoHS-konformes, bleifreies Reflow-Löten. Das große Sichtfenster in der thermisch entkoppelten Tür ermöglicht die visuelle Überwachung des Vorgangs. Die optimalen Prozessparameter für das jeweilige Lot können in der integrierten Software gespeichert werden. Neben vordefinierten Prozessprofilen können in der Software beliebige benutzerdefinierte Temperaturprofile und Bearbeitungszeiten festgelegt werden. Diese können als benutzerdefinierte Profile gespeichert werden.

Durch die aktive Kühlung am Ende des Lötprozesses bei geschlossener Kammer werden unerwünschte Temperaturschwankungen im Material verhindert. Über eine Auslassöffnung können sämtliche Dämpfe und Gase, die während des Prozesses entstehen, sicher an ein externes System abgeführt werden.

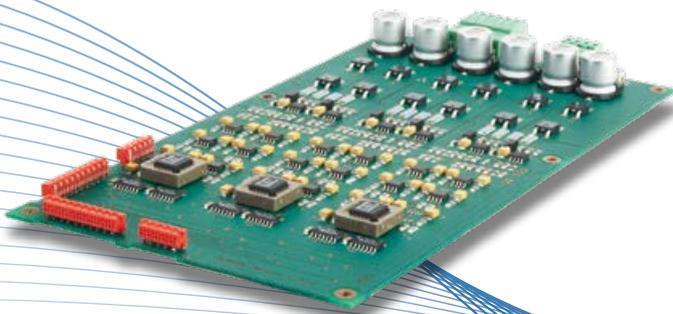
Vier Thermoelemente gewährleisten perfekte Wärmeverteilung in der Prozesskammer und steuern die Infrarotheizelemente an der Ober- und der Unterseite der Kammer getrennt voneinander. Mithilfe eines frei positionierbaren zusätzlichen Temperatursensors können kritische Bereiche direkt auf der Platine separat überwacht werden. Die vibrationsarme Leiterplattenhalterung in der Prozesskammer ermöglicht die Bearbeitung beidseitiger Platinenbaugruppen.



Vordefiniertes Prozess temperaturprofil



LPKF ProtoFlow S4



Mit LPKF-Technologie hergestellte und bestückte Leiterplatte

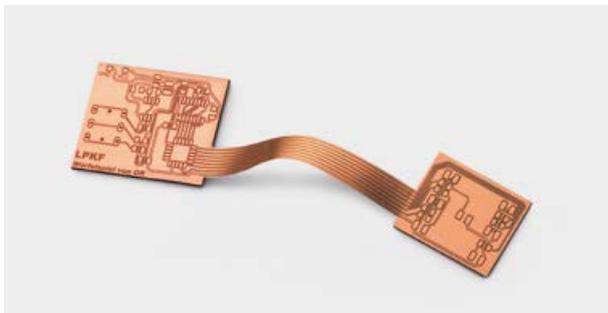
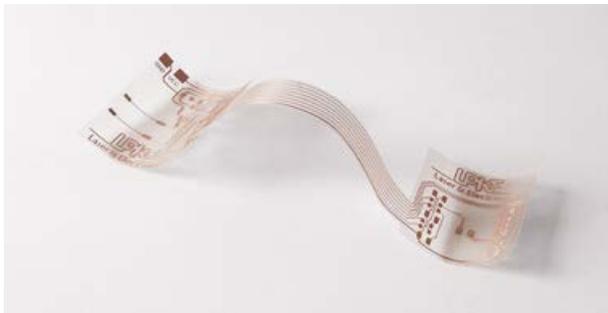
Applikationen

Vom Plan zur Platine: Das modulare Prototyping-System von LPKF realisiert selbst komplexe Entwürfe innerhalb kürzester Zeit, von der Strukturierung bis zur funktionsfähigen Leiterplatte.

Flexible und starrflexible Leiterplatten

Flexible bzw. starrflexible Leiterplatten bereiten häufig Schwierigkeiten im Handling, da sie sich auf einer Arbeitsfläche mitunter schwierig fixieren lassen. Fast alle LPKF-Systeme zum Strukturieren können deshalb mit einem Vakuuttisch ausgestattet werden. Die Leiterplatte wird dadurch sicher positioniert, die Bestückung des jeweiligen Systems erfolgt einfacher, schneller und präziser.

Da das Basismaterial von flexiblen Leiterplatten vergleichsweise weich ist, werden zur Bearbeitung hauptsächlich HF-Werkzeuge eingesetzt. HF-Werkzeuge haben den weiteren Vorteil, dass sie nicht so tief in das Material eindringen. Das Strukturieren einer flexiblen Leiterplatte gleicht dem Fräsprozess von starren Basismaterialien.



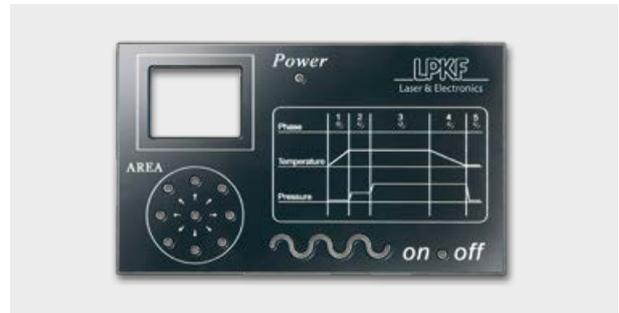
Bei starrflexiblen Leiterplatten werden flexible Leiterplatten mit starren verbunden. Die Vorgehensweise bei der Herstellung von starrflexiblen Leiterplatten ähnelt der Produktion von Multilayern. Der oder die starren Anteile werden in einem Nutzen strukturiert. Die Fläche, in die der flexible Anteil eingesetzt werden

soll, bleibt unstrukturiert im Nutzen stehen und wird mit einer Sperrfolie abgedeckt. Der flexible Anteil wird dann auf die strukturierten starren Anteile aufgepresst. Abschließend wird der unstrukturierte Teil unterhalb der flexiblen Leiterplatte abgefräst. Es können die gleichen LPKF-Systeme eingesetzt werden, die auch bei der Herstellung von Multilayern zum Einsatz kommen.

Gravieren von Plastik und Aluminium (2,5 D)

Alle LPKF-Fräsbplotter können gravieren, Befestigungslöcher bohren, Frontplatten und jegliche Art von Formen und Linien fräsen. Mit vielen LPKF-Fräsbplottern lassen sich auch Plastik und weiche Metalle in 2,5 Dimensionen bohren und fräsen.

Das Bearbeitungsergebnis hängt im Wesentlichen von der Spindeldrehzahl ab. LPKF-Fräsbplotter mit

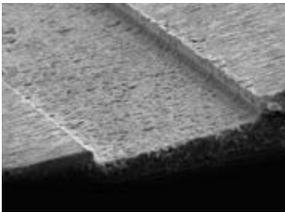


mindestens 60 000 U/min produzieren beim Fräsen bzw. Ausschneiden sehr saubere Oberflächen. Abhängig von der benötigten Frästiefe sind gegebenenfalls mehrere Durchgänge zu fräsen. Als Faustformel gilt, dass die Frästiefe maximal dem halben Werkzeugdurchmesser entsprechen soll.

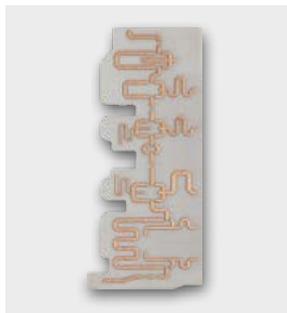
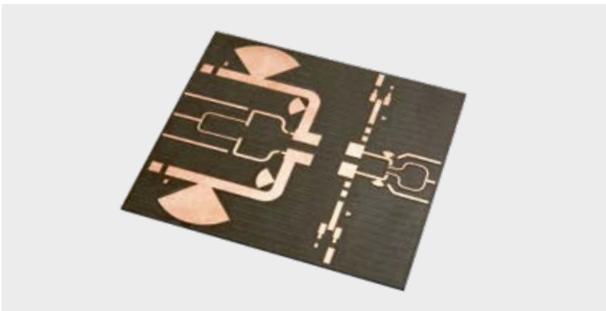
Die Parameter-Bibliothek der LPKF CircuitPro-Software unterstützt die Bearbeitung von Aluminium und anderen weichen Metallen. Der optimale Vorschub und die Spindeldrehzahl für eine lange Lebensdauer des Werkzeugs sind in LPKF CircuitPro bereits standardmäßig hinterlegt.

HF- und Mikrowellenanwendungen

Die Herstellung von Leiterplatten für HF- und Mikrowellenanwendungen ist anspruchsvoll. Zum einen kommen Materialien mit besonderen elektrischen Eigenschaften zum Einsatz, die auch entsprechend verarbeitet werden müssen. Häufig sind hochempfindliche Oberflächen zu strukturieren. Und nicht zuletzt sind oft sehr exakte Geometrien gefordert.



Präzise Geometrie produziert vom End-Mill-HF-Werkzeug



Alle diese Anforderungen werden durch LPKF-Systeme und LPKF-Werkzeuge abgedeckt. Der Fräsbohrplotter LPKF ProtoMat S104 ist mit einer Hochgeschwindigkeitsspindel mit 100 000 U/min ausgestattet.

Diese gewährleistet in Verbindung mit dem entsprechenden HF-Werkzeug und einer exakt einstellbaren Frästiefe eine saubere vertikale Geometrie, auch bei weichen HF-Basismaterialien.

Die LPKF ProtoLaser sind in puncto Geschwindigkeit und Präzision nicht zu übertreffen. Feinste Strukturen und auch große Isolationsflächen werden innerhalb kürzester Zeit hergestellt – berührungslos auf weichen, aber auch auf besonders harten Substratmaterialien.

Stencils (Schablonen) fräsen

Das Fräsen von Polyimid-Schablonen mit LPKF-Fräsbohrplottern ist insbesondere aus Kostensicht eine attraktive Alternative zu Stahlschablonen. Die Lotpastenschablonen können inhouse in weniger als zehn Minuten gefräst werden. Die Erzeugung der Fräsdaten über eine Invers-Isolation aus LPKF CircuitPro heraus ist einfach. Die Padflächen werden dann nicht zur Isolation umfahren, sondern ausgefräst.

Mit dem Fräsen von Polyimid-Schablonen können die Vorteile Schnelligkeit und Sicherheit bei der Aufbrin-

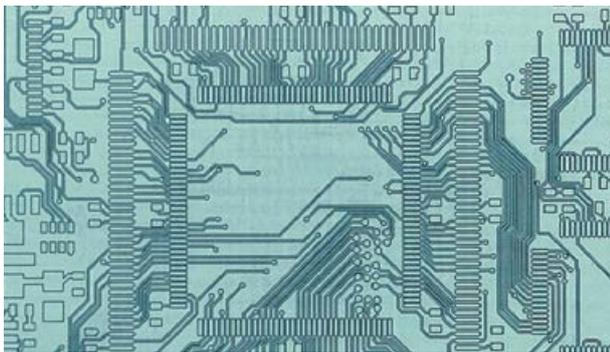
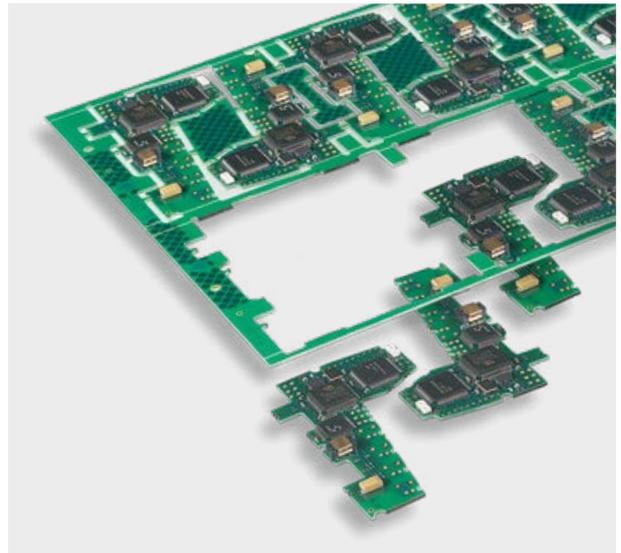


gung von Lotpasten genutzt werden. In Kombination mit dem SMT-Schablonendrucker LPKF ProtoPrint S4 ist der Schablonendruck bereits bei der Prototypenerstellung eine kostengünstige Lösung, insbesondere im Vergleich mit dem Arbeitsaufwand beim manuellen Dispensieren oder Löteten.

Nutzentrennen

Das Nutzentrennen ist das Durchfräsen der Stege, die eine einzelne Leiterplatte in einem Nutzen befestigen. LPKF-Fräsbearbeitung sind auch hier eine gute erste Wahl. Die Kombination von Vakuumtisch und optischer Passermarkenerkennung macht das Einlegen und Ausrichten eines Nutzens einfach und schnell Aufgabe. Die Stege werden sauber getrennt, sodass der Anwender als Ergebnis eine Leiterplatte mit einer exakten Kontur erhält.

Ein besonders interessantes System ist der LPKF ProtoLaser U4. Dieses Lasersystem trennt beliebige Konturen dünner starrer, starrflexibler oder flexibler Leiterplattenmaterialien – ohne mechanische Beanspruchung des Substratmaterials und der Bauteile.

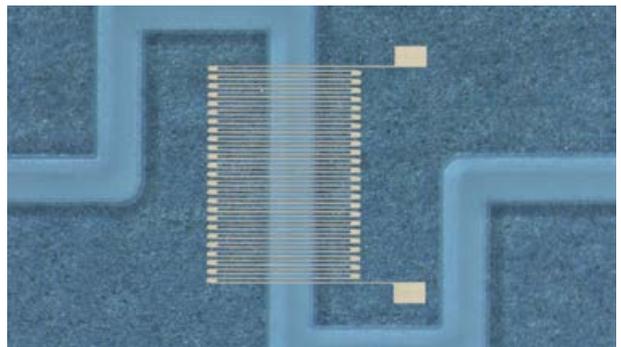


Feinstleiter strukturieren

Eine besondere Applikation ist auf den LPKF ProtoLaser U4 angewiesen – eine Kombination aus Laserstrukturierung und Ätzen der Leiterplatte. Das vollständig verkupferte Basismaterial wird zunächst chemisch mit einer homogenen Zinnoberfläche beschichtet. Anschließend entfernt der UV-Laserstrahl das Zinnresist im Bereich des gewünschten Ätzangriffs. Mit dieser Technik lassen sich Feinstleiterbereiche $< 50 \mu\text{m}$ für Leiterbahnbreite und Abstand herstellen.

Bearbeitung von Glas und Kupfer

Die vielseitigen Möglichkeiten des LPKF ProtoLaser R4 zur Bearbeitung von Glas wie Tiefengravur, Pockenting, Bohren und ultrapräzises Strukturieren gesputterter Metalle machen ihn zum idealen Werkzeug für das Prototyping von Lab-on-a-Chip-, pTAS- und MEMS-Geräten, insbesondere dann, wenn chemische Ätzung vermieden werden muss. Präzise Strukturen im Bereich weniger Zehntelmillimeter unterstützen einen hohen Integrationsgrad und eröffnen so neue Möglichkeiten.



Dispensen

Die mit der ProtoMat-S-Serie eingeführten Dispenser bringen niedrigviskose Hilfsmittel wie z. B. Lotpasten punktgenau auf der Leiterplatte auf.

Fachbegriffe aus der Elektronik

A

Aktivieren

Behandlung, die ein nicht leitendes Material für eine stromlose Abscheidung empfänglich macht. Auch: Aktivieren von eingebetteten Additiven in Kunststoff oder Lack beim Laser-Direktstrukturieren.

Anfasung

Ein V-geformter Rand, um eine scharfe Kante zu vermeiden.

Aspektverhältnis

Das Verhältnis von Leiterplattendicke zu kleinstem Lochdurchmesser.

Ätzen

Der Prozess, bei dem jedes Material, das nicht von Resist geschützt ist, durch ein geeignetes Lösungsmittel oder Säure entfernt wird.

Aufnahmelöcher

Generelle Bezeichnung für nicht durchkontaktierte Löcher für die Registrierung von Leiterplatten während des Herstellungsprozesses, beim Testen und Bestücken.

B

Backplane

Busplatine zum Einstecken von CPU-, Speicher-, I/O- und anderen Karten, beherbergt den parallelen Datenbus.

Bare Board

Eine unbestückte Leiterplatte.

Basislaminat oder Basismaterial

Das Substrat, auf dem die Schaltkreise abgebildet werden. Das Basismaterial kann starr oder flexibel sein.

Bauteilloch

Ein Loch zum Einstecken der Anschlussdrähte konventioneller Bauteile und zum elektrischen Verbinden mit der Leiterplatte.

Bauteilseite/Toplayer

Die Seite der Leiterplatte, die mit den meisten Bauteilen bestückt wird.

Bestückungsdruck

Gedruckte Komponentenidentifikation und/oder Komponentennumrisse.

Blende

Eine Beschreibung der Form und Größe des Werkzeugs, mit dem ein Pad oder eine Leiterbahn erstellt wird. Die Bezeichnung rührt aus den Tagen der Vektor-Photoplotter, als durch Blenden (geformte Löcher), die rundherum am Rande einer Scheibe (Blendenteller) angeordnet waren, scheinendes Licht einen Film belichtet hat. Jede Blende entsprach einem anderen D-Code in den Gerberdaten. Heute nutzen Photoplotter die Lasertechnik zur Filmbelichtung, aber der Begriff „Blende“ bleibt.

Blendentabelle

Eine Tabelle der Formen und Größen zur Beschreibung der Pads und Leiterbahnen, die in der Leiterplatte eingesetzt wurden.

Blind-Via

Sackloch. Ein Loch, das nicht komplett durch die Leiterplatte hindurchgeht, startet immer auf einer Außenseite.

Bohrplan

Eine Beschreibung aller Bohrdurchmesser, die zur Herstellung der Leiterplatte nötig sind.

Brückenbildung

Ein Lotaufbau zwischen Pad und Pad oder Pad und Leiterbahn, der zu einem Kurzschluss führt.

Bürstenkopf

Wird am Fräskopf befestigt und hilft vorwiegend bei der Nachbearbeitung bestückter Leiterplatten. Er gewährleistet den Aufbau von Unterdruck für die Staubabsaugung für eine staubfreie Arbeitsfläche.

Buried-Via

Ein verstecktes Loch, das nur innen liegende Lagen miteinander verbindet. Es ist nicht mit den Außenlagen verbunden und nicht sichtbar.

C

CAD-Daten

Computer Aided Design – Layouts für mechanische, elektrische oder elektronische Erzeugnisse werden mit Hilfe spezieller Software erzeugt und als Dateien abgelegt. Die LPKF-Systemsoftware greift auf CAD-Daten zu und steuert damit den Produktionsprozess.

Chemische Metallisierung

Siehe Metallisierung.

Chemische Verzinnung

Durch Eintauchen von Kupferplatinen in eine Zinnsalz-Lösung ist ein chemisches (stromloses) Verzinnen von Kupferoberflächen möglich.

D

Design Rules Check

Ein computergestütztes Programm, um die Produzierbarkeit der Leiterplatte zu prüfen. Die Prüfung beinhaltet die Messung der Abstände zwischen Leiterbahnen, zwischen Leiterbahnen und Lötäugen, zwischen Leiterbahnen und Kontur, Messung der Reststringgrößen, Kontrolle nicht abgeschlossener Leiterbahnen.

Dielektrikum

Isolierende Schicht zwischen zwei leitenden Schichten.

Dimensionsstabilität

Ein Maß für die Größenveränderung der Leiterplatte, verursacht durch Faktoren wie Temperatur, Feuchtigkeit, chemische Einflüsse, Alterung oder Materialbeanspruchung.

Doppel-/zweiseitige Leiterplatte

Eine Leiterplatte mit Leiterbahnstrukturen auf beiden Seiten, aber ohne Innenlagen.

Durchkontaktierung

Vertikale elektrische Querverbindung zwischen einzelnen Leiterbahnen einer Leiterplatte.

Durchkontaktiertes Loch (dk)

Ein Loch, in dem die elektrische Verbindung von einzelnen Lagen untereinander hergestellt wird. Dies wird durch Metallisieren der Lochwände erreicht.

E

Einseitige Leiterplatte

Eine Leiterplatte, die Leiterbahnen und Lötäugen nur auf einer Seite besitzt und bei der die Löcher nicht metallisiert sind.

F

Filmvorlage

Fotografische Vorlage zur Belichtung der unterschiedlichen Lagen einer Leiterplatte bei der klassischen Herstellung.

Flash

Ein Lötauge. Der Begriff kommt aus den Tagen des Vektorplotters. Leiterbahnen wurden „gezogen“ und enthielten eine Breite und mehrere Koordinaten, Lötäugen wurden „geflasht“ (geblitzt) und hatten nur eine Koordinate mit Form- und Größenangabe.

Flux/Flussmittel

Chemische Systeme und Hilfsmittel zur Beschichtung von Leiterplatten zur Verbesserung der Löteigenschaften.

FR4

Das Standardbasismaterial aus Glasfaser und Epoxidharz.

G

Galvanisieren

Verfahren, bei dem mittels Strom in einem Bad Metallteile abgeschieden werden, die sich dann auf dem Teil niederschlagen, das den elektrischen Gegenpol bildet. Ein elektrisch leitfähig gemachter Gegenstand wird so mit einer dünnen Schicht eines anderen oder gleichen Metalls überzogen.

Gerberdaten

Ein Datentyp, der aus Grafikbefehlen besteht und beschreibt, wie eine Schaltung dargestellt werden soll. Ursprünglich für die Steuerung eines Photoplotters genutzt, ist es heute das meistgenutzte Format im Datentransfer von Leiterplatten-CAD-Systemen zum Herstellprozess. Gerber wird offiziell bezeichnet mit RS-274-D (ohne Blendeninformationen) und RS-274-X (mit Blendeninformationen).

H

Haftwiderstand

Beschreibt die Haftfestigkeit der Verbindung zwischen dem Substrat und dem Leitermaterial in N/m².

Heißluftofen

Dient zum Aushärten der Durchkontaktierungspaste oder des Lötstopplacks.

HP-GL™

Grafikdatei-Format: Hewlett Packard Graphics Language.

I

Innenlage

Die Lagen einer Leiterplatte, die sich zwischen den Außenlagen befinden. Sie können Leiterbilder oder Masseflächen beinhalten.

Inspection Templates

Folie mit Aussparungen zur optischen Kontrolle von Leiterplatten.

IR-Laser

Lasersysteme im Infrarotbereich. Der LPKF ProtoLaser H4 verwendet eine Laserquelle mit einer Wellenlänge von 1064 nm.

K

Kaschierung

Dünne leitende Schicht, die auf einen Laminatkern aufgebracht ist – es entsteht das Basismaterial für Leiterplatten.

Keramik

Gesintertes Material, das elektrisch isoliert und sehr hart ist. Keramik bleibt auch bei hoher Temperatur formstabil und wird in der Elektronik besonders im Hochfrequenzbereich eingesetzt.

Kontrollierte Impedanz

Der Prozess, der einer Schaltung den richtigen Impedanzwert zuordnet. Der Entwickler spezifiziert die gewünschte Impedanz eines Leiterzuges. Daraus werden die geeigneten Herstellparameter wie Leiterbahnbreiten und Lagenabstände usw. abgeleitet, um die geforderte Impedanz zu realisieren.

Konturen fräsen

Im Unterschied zum Fräsen von Leiterbahnen wird durch das gesamte Substrat hindurch gefräst, z. B. zum Trennen von einzelnen Leiterplatten aus großen Vorlagen (Nutzentrennen).

Kupferkaschierung/-folie

Kupferauflage des Basismaterials als leitende Lage. Es wird in verschiedenen Stärken (Gewichten) aufgebracht; die traditionellen Stärken sind 18 µm, 35 µm und 70 µm (0,5, 1 und 2 oz).

L

Lagenabstand

Stärke des dielektrischen Materials zwischen zwei leitenden Schichten eines Multilayers.

Laminat

Ein dünnes Basismaterial, das zur Herstellung von Multilayern verwendet wird.

Laminieren, Lamination

Zusammenkleben (Verpressen) von Schichten unter Druck und ggf. Wärme.

Landefläche

Ein Bereich eines Leiterbildes, der normalerweise für elektrische Verbindungen und/oder die Anbindung von Komponenten benutzt wird.

Laser

Laser steht für „Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation“ – übersetzt: „Lichtverstärkung durch stimulierte Emission von Strahlung“. Laserstrahlung ist durch ein sehr enges Frequenzspektrum, hohe Parallelität und eine große Kohärenzlänge charakterisiert.

Lasergravur

Der Prozess des Entferns unerwünschter metallischer Substanzen (die mit einer Basis verbunden sind) mittels Laserablation anstelle von Chemikalien. Oft als Laserstrukturierung bezeichnet.

Laserstrukturierung

Der Prozess des Entferns der Metallschicht durch Beschreiben der Oberfläche mit einem sich schnell bewegenden Laserstrahl. Oft als Lasergravur bezeichnet.

LDS

Laser-Direktstrukturierung. Der Laserstrahl schreibt Leiterstrukturen auf ein additiviertes Kunststoffbauteil. Er aktiviert das Additiv im Kunststoff und hinterlässt eine mikrorauhe Oberfläche für die Metallisierung.

Leiterbahn

Eine elektrische Verbindung zwischen zwei oder mehr Punkten auf einer Leiterplatte.

Leiterbahnabstand

Der Abstand zwischen den Leiterbahnen auf einer Leiterplatte.

Leiterbahnbreite

Die an beliebiger Stelle auf der Leiterplatte gemessene Breite einer Leiterbahn.

Leiterbild

Design der leitenden Schicht des Basismaterials – enthält Leiterbahnen, Landflächen und Durchkontaktierungen.

Leiterplatte

Ein Träger aus isolierendem Material (Basismaterial), auf dem ein oder zwei Kupferschichten als fest haftende leitende Verbindungen (Leiterbahn) aufgebracht sind. Sie dient der mechanischen Befestigung und elektrischen Verbindung elektronische Bauteile.

Leiterplattentester

Gerät zum Testen der elektrischen Verbindungen der Schaltkreise entsprechend den Vorgaben der Netzliste.

Lötseite/Bottomlayer

Bei Leiterplatten mit einseitiger Bestückung normalerweise die Seite, die den Bauteilen gegenüberliegt.

Lötstopmmaske

Eine Abdeckung, die über bestimmte Bereiche einer Leiterplatte aufgebracht wird. Nur auf den nicht abgedeckten Flächen (normalerweise Pads) kann gelötet werden.

Lotpaste

Eine Paste zum Verlöten von SMD-Bauteilen und Leiterplatte mittels Heißluft.

M**Masselage**

Ein relativ großer Metallbereich auf einer Leiterplatte, der als elektrische Masse oder Abschirmung benutzt wird.

Metallisierung

Leiterbahnaufbau im LDS-Prozess: In einem chemischen Metallisierungsbad lagern Kupfer und andere Metalle an Metallisierungskeimen auf einem strukturierten Kunststoffbauteil an. Dabei bildet sich die spätere Leiterschicht. Im Gegensatz zur galvanischen Metallisierung wird keine Spannung angelegt.

MID

Moulded Interconnect Devices – dreidimensionale Elektronikbauteile vereinigen elektrische und mechanische Funktionen in einem Bauteil. Leiterbahnen werden direkt auf dreidimensional geformte Gehäuseeile aufgebracht.

Mil

1/1000 eines Zolls (inch) oder 0,001".

Minimaler Leiterbahnabstand

Minimal erlaubter Abstand zwischen benachbarten Leiterbahnen/-flächen, der zum Schutz vor dielektrischem Durchschlag oder Corona benötigt wird.

Minimaler Restring

Minimale Leitermaterialbreite zwischen Bohrloch und Landfläche an der engsten Stelle. Diese Messung wird an den Bohrlöchern der Innenlagen eines Multilayers und an der Umrandung der Durchkontaktierung an den Außenlagen eines Multilayers oder doppelseitigen Leiterplatte gemacht.

Mischbestückung

Beschreibt den Bestückungsprozess. Hier werden bedrahtete und oberflächenmontierte Bauteile auf einer Leiterplatte eingesetzt.

Misregistrierung

Ein Versatz zwischen den Leiterbahnen und Bohrungen in den unterschiedlichen Lagen.

Mitte-Mitte-Abstand

Nomineller Abstand zwischen den Mitten benachbarter Leiterbahnen oder Pads auf einer Lage einer Leiterplatte.

Multilayer

Eine Leiterplatte mit einer oder mehr Innenlagen zusätzlich zu den Außenlagen. Die Innenlagen sind mit den Außenlagen laminiert.

N**Nadeladapter**

Ein mit Nadeln bestückter Testadapter. Die Nadeln werden durch mehrere Führungsplatten hindurchgeführt, um das Testfeld des Testgerätes mit den Testpunkten der Leiterplatte zu verbinden.

Nutzen

Eine Anordnung von normalerweise identischen Schaltungen, die auf ein und demselben Stück Basismaterial gefertigt werden.

Nutzentrennen

Die einzelnen Nutzen werden aus dem Basismaterial herausgetrennt, um einzelne Leiterplatten zu erhalten. Für das Nutzentrennen stehen Fräsverfahren (LPKF ProtoMaten) oder das Lasertrennen mit dem LPKF ProtoLaser S zur Verfügung.

Nutzenmetallisierung

Metallisierung der gesamten Oberfläche eines Nutzens (inkl. Löchern).

P**Pad, Lötauge**

Der Bereich des Leiterbildes, der zur Befestigung von Bauteilen ausgeformt ist.

Passermarke

Ein Merkmal auf der Leiterplatte, das als allgemeiner Messpunkt für alle Schritte im Fertigungsprozess benutzt wird.

Passermarkenerkennung

Automatische Erfassung der Passermarken durch ein Kamerasystem.

PCB

Leiterplatte (Printed Circuit Board).

Photoplotter

Ein Gerät zur Herstellung von fotografischen (Leiter-)Bildern durch direkte Belichtung mit einem kontrollierten Lichtstrahl.

Photoresist

Eine lichtempfindliche Flüssigkeit oder Film. Wenn diese selektiv belichtet wird, lassen sich damit Bereiche auf der Leiterplatte maskieren, die dann das Leiterbild darstellen.

Plotten

Mechanische Umsetzung der X-/Y-Positionsinformationen auf ein Medium wie z. B. Filmvorlagen.

Polyimid

Temperaturstabiler, duroplastischer Kunststoff für Hochtemperatur-Anwendungen.

Prepreg

Teilvernetztes (teilpolymerisiertes) glasfaserverstärktes Harz, das bei erhöhter Temperatur schmilzt und unter Druck dann aushärtet.

R

Reflow-Löten

Lötverfahren durch Aufschmelzen von Lotpaste durch Heißluft.

Reflow-Ofen

Heißluftofen für SMD-Reflow-Löten oder zum Aushärten von Klebstoffen oder Lacken.

Registrierung

Grad der Übereinstimmung zwischen der geplanten und tatsächlichen absoluten Position eines Schaltungsbildes oder der relativen Position zu einer anderen Lage der Leiterplatte.

Restring

Leitermaterial, das nach dem Bohren um das Loch stehen bleibt.

Reserve Pulse Plating

Optimierung galvanischer Durchkontaktierung. Der Galvanisierungsprozess wird mit kurzen Umkehrströmen unterbrochen, um übermäßige Kupferablagerungen an den Locheingängen zu verhindern.

S

Schaltkreis, Schaltung

Die Verbindung einiger Bauteile in einem oder mehreren Kreisen zu einer gewünschten elektrischen oder elektronischen Funktion.

Schaltplan

Übersicht mit grafischen Symbolen über die elektrische Verbindung von Bauteilen, Komponenten und Funktionen einer elektronischen Baugruppe.

Schliffbild

Ein Versuchsaufbau, der einen Querschnitt durch ein Loch zeigt und so ermöglicht, dass aufmetallisierte Schichtstärken gemessen werden können.

SMD-Bauteile

Surface Mounted Devices – oberflächenmontierbare Bauteile haben keine Drahtanschlüsse, sondern werden dank lötfähiger Anschlussfläche direkt auf die Leiterplatte gelötet.

SMT-Prototyping

(Surface Mounted Technology) Arbeitsschritte vom Herstellen von SMT-Leiterplatten von der Strukturierung bis zur bestückten, funktionsfähigen Leiterplatte.

Spannrahmen

Um Lotpaste auf Leiterplatten zu drucken, sind präzise Schablonen erforderlich. Um diese ebenso präzise im Drucker über der Leiterplatte zu platzieren, werden Spannrahmen verwendet.

Starrflex

Starrflexible Leiterplatten sind eine Kombination von flexiblen und starren Leiterplatten.

Stencils

Präzise Schablonen zum Drucken von Lotpasten.

Strombelastbarkeit

Die maximale Dauerstrombelastbarkeit bis zur maximal zulässigen Temperaturerhöhung des Basismaterials.

Stromlose Metallisierung

Siehe Metallisierung.

Substrat

Das Material der Leiterplatte, das die leitfähige Beschichtung trägt.

Surface Mounted Technology (SMT)

Surface Mounted Technology – die Bauelemente werden auf der Oberfläche befestigt und nicht als bedrahtete Bauteile durch die Durchkontaktierungen gesteckt.

T

Temperaturprogramm

Beim Reflow-Löten sind exakte Temperaturverläufe gefordert, um eine sichere Lötung zu erzielen, ohne die Bauteile zu beschädigen. Hochwertige Reflow-Öfen mit internen Temperatursensoren sorgen für eine gleichmäßige und exakt gesteuerte Temperaturverteilung.

Thermischer Ausdehnungskoeffizient

Die minimale Änderung der Materialdimension bei einer Temperaturänderung von 1 K.

U

UV (Ultraviolett)

Ultraviolettstrahlung sind elektromagnetische Wellen kurzer Wellenlänge, die zum Aushärten von Polymeren eingesetzt werden können. Auch können Ultraschallwellen zur Reinigung von Leiterplatten in einem speziellen Reinigungsgerät genutzt werden.

UV-Laser

Lasersysteme mit einem Laser im ultravioletten Bereich. Diese Wellenlängen werden von vielen Materialien gut absorbiert.

V

V-Nut

Der Nutzen wird von beiden Seiten mit einer präzisen V-Nut bis zu einer vorgegebenen Tiefe versehen. Damit bleibt der Nutzen für die Bestückung starr, kann danach aber leicht vereinzelt werden.

Vakuumsch

Fixiert das Werkstück auf der gesamten Arbeitsfläche durch Unterdruck.

Verbindungsfestigkeit

Kraft, die zum senkrechten Trennen von in der Größe definierten Bereichen zweier Lagen notwendig ist.

Via

Eine Durchkontaktierung, die als Querverbindung zwischen einzelnen Lagen einer Leiterplatte benutzt wird. Diese Löcher sind im Allgemeinen die kleinsten auf der Leiterplatte, da in diesen keine Komponenten befestigt werden.

ViaCleaner

Ein spezielles Bad, das in Microvias vor der galvanischen Durchkontaktierung Aktivatorschichten von Kupferoberflächen entfernt.

W

WYSIWYG

What You See Is What You Get. Bei echtem WYSIWYG wird ein Dokument während der Bearbeitung am Bildschirm genauso angezeigt, wie es bei der Ausgabe über ein anderes Gerät, z. B. einen Drucker, aussieht.

Ihr LPKF-Kontakt weltweit

Ägypten

Universal Advanced Systems (UAS)
Telefon +20-2-24030660
Fax +20-2-24027629
mahmoud.aladdin@uas-eg.com
www.uas.com.eg

Australien

Embedded Logic Solutions Pty. Ltd.
Telefon +61-2-96871880
Fax +61-2-96871881
sales@emlogic.com.au
www.emlogic.com.au

Argentinien

EDASIM Argentina
Telefon +54 11 5168 5834
edasim@edasim.com
https://edasim.com/en

Armenien

Spezial Electronic and Technology LLP
Telefon +7 777 0131904
mail@lpkfpro.kz

Aserbaidshchan

Spezial Electronic and Technology LLP
Telefon +7 777 0131904
mail@lpkfpro.kz

Brasilien

ANACOM Eletronica Ltda.
Telefon +55-11-3422-4200
Fax +55-11-3422-4242
contato@anacom.com.br
www.anacom.com.br

China

LPKF (Tianjin) Co., Ltd.
Telefon +86-22-2378-5318
sales.china@lpkf.com
www.lpkf.cn

Chile

EDASIM Chile
Telefon +56 2 2728 3989
edasim@edasim.com
https://edasim.com/en

Estland, Litauen, Lettland

Eiskopf OÜ
Telefon +372 5624 7146
Fax +372 678 8083
sales@eiskopf.eu
www.eiskopf.eu

Finnland

IsoProto Oy
Telefon +358 50 381 3344
janne.isopahkala@isoproto.fi
www.isoproto.fi

Frankreich

Inoveos S.A.R.L.
Telefon +33-587498020
Fax +33-587498021
oseguin@inoveos.com
www.inoveos.com

Griechenland

S.K.T. Testing Co.
Telefon +30-210-6618414
Fax +30-210-6618421
ktheodoridis@skt-testing.gr
www.skt-testing.gr

Großbritannien

TRACKS Laser & Electronics Ltd.
Telefon +44-844-8157266
Fax +44-844-5763855
sales@trackslaser.co.uk
www.trackslaser.co.uk

Indien

Bergen Associates Pvt. Ltd.
Telefon +91-11-2592-0283
Fax +91-11-2592-0289; -0292
info@bergengroupindia.com
www.bergengroupindia.com

Israel

MTI Engineering Ltd.
Telefon +972-3-9008900
Fax +972-3-9008902
yakid@mtisummit.co.il
www.mtisummit.co.il

Italien

NITZ engineering GmbH
Telefon +39-0472-833944
Fax +39-0472-833943
info@nitz.it
www.nitz.it

Japan

LPKF Laser & Electronics K.K.
Telefon +81 47 432-5100
Fax +81 47 432-5104
info.japan@lpkf.com
www.lpkf.jp

Jordanien

International Engineers for Trading
Telefon +962-6-551-4648
Fax +962-6-551-9211
ie-est@nol.com.jo
www.ie-est.com.jo

Kasachstan

Spezial Electronic and Technology LLP
Telefon +7 777 0131904
mail@lpkfpro.kz

Katar

acon calibration and instruments trading
- ACIT
Telefon +974 4436 3494
Fax +974 4486 8827
info@acitqatar.com
www.acitqatar.com

Kirgistan

Spezial Electronic and Technology LLP
Telefon +7 777 0131904
mail@lpkfpro.kz

Kolumbien

EDASIM COLOMBIA LTDA
Telefon +57 1 905 4670
edasim@edasim.com
https://edasim.com/en

Niederlande

Tooltronics B.V.
Telefon +31-88-2916652
Fax +31-84-8776655
peter.oelen@tooltronics.nl
www.tooltronics.nl

Österreich

elsinger electronic handel gmbh
Telefon +43-1-9794651-0
office@elsinger.at
www.elsinger.at

Pakistan

Zeeshan Electronics
Telefon +92-51-4449945
Fax +92-51-4449948
zia.sheikh@zeeshanelectronics.com

Peru

MBC Soluciones S.A.C.
Telefon +51-1-296-8889
mburgos@mbc.pe
www.mbc.pe



Polen

SE Spezial-Electronic Sp.z.o.o.
Telefon +48-228409110
Fax +48-228412010
marek@spezial.pl
www.spezial.pl

Rumänien

Interbusiness Promotion
& Consulting S.R.L.
Telefon +40 31 4178390
Fax +40 31 4178390
marian.lazurca@interbusiness.ro

Russland

All Impex 2001
Telefon +7-495-9213012
Fax +7-495-646-20-92
info@all-impex.ru
www.all-impex.ru

Saudi-Arabien

ARAB ENGINEERS for
Trading Co., Ltd.
Telefon +966-1-4633117
Fax +966-1-4652766
tdegwy@ae.com.sa
www.ae.com.sa

Schweden

SOLECTRO AB
Telefon +46-40-536-600
Fax +46-40-536-610
Solectro@Solectro.se
www.solectro.se

Schweiz

Lumatron AG
Telefon +41-62-7977580
Fax +41-62-7977581
h.kurth@lumatron.ch
www.lumatron.ch

Hilpert electronics AG

Telefon +41 56 483 25 25
Fax +41 56 483 25 20
office@hilpert.ch
www.hilpert.ch

Singapur

Tokimeku Pte Ltd
Telefon +65 6748 6830
sales@tokimeku.com

Slowenien, Kroatien, Serbien

Amtest d.o.o.
Telefon +385-1-3908500
Fax +385-1-3908509
mitja.zupan@amtest-smt.com
www.amtest-smt.com

Spanien

LaserProtonics
Telefon +34 662 138 866
angel.martinez@laserprotonics.com
www.laserprotonics.com

Südafrika

Cadshop Pty. Ltd.
Telefon +27 21 782-0752
Mobil +27 82 377-0052
davidpower@vodamail.co.za
www.cadshop.co.za

Südkorea

LPKF Korea Laser & Electronics Ltd.
Telefon +82-31-689-3660
Fax +82-31-478-5988
sales.korea@lpkf.com
www.lpkf.kr

Taiwan

Li Huey Co. Ltd.
Telefon +886-2-22405585
Fax +886-2-22405285
kevin@lihuey.com
www.lihuey.com

Microsys Engineering Co., Ltd.

Telefon +886-3-222-3170
Fax +886-3-222-3150
microsys@ms7.hinet.net
www.microsys-e.com.tw

Tschechische Republik

SE Spezial-Electronic AG, o.s.
Telefon +420-233-326621
Fax +420-233-326623
spezial@spezial.cz
www.spezial.cz

Türkei

TAMARA Elektronik Müh. Ltd. Sti.
Telefon +90-2164189294
Fax +90-2164189396
tamara@tamara.com.tr
www.tamara.com.tr

GZ Elektronik Yönetim Sist. Ltd. Sti.

Telefon +90 312 428 0239
Fax +90 312 428 0239
info@gz.com.tr
www.gz.com.tr

Ukraine

SPF VD MAIS
Telefon +380-44-2200101
Fax +380-44-2200202
v.linskiy@vdmais.kiev.ua
www.vdmais.kiev.ua

Ungarn

Microsolder Kft.
Telefon +36-1-203 8742
Fax +36-1-206 1012
info@microsolder.hu
www.microsolder.hu

USA

LPKF Distribution Inc.
Telefon +1-503-454-4200
Fax +1-503-682-7151
info@lpkfusa.com
www.lpkfusa.com

Usbekistan

Spezial Electronic and Technology LLP
Telefon +7 777 0131904
mail@lpkfpro.kz

Venezuela

Inversiones Makarelli, C.A.
Telefon +58-212-985-4822
Fax +58-212-256-1521
inversionesmakarelli@gmail.com

Vietnam

TSM Trading and Technical
Services JSC.
Telefon +84 912 048 118
info@tsmgroup.vn

Impressum

Preislisten

In den Katalog eingelegte oder dem Katalog beigelegte Preislisten sind nicht Bestandteil des Katalogs. Preisänderungen bleiben vorbehalten. Bitte kontaktieren Sie uns oder einen Distributor für aktuelle Angebote.

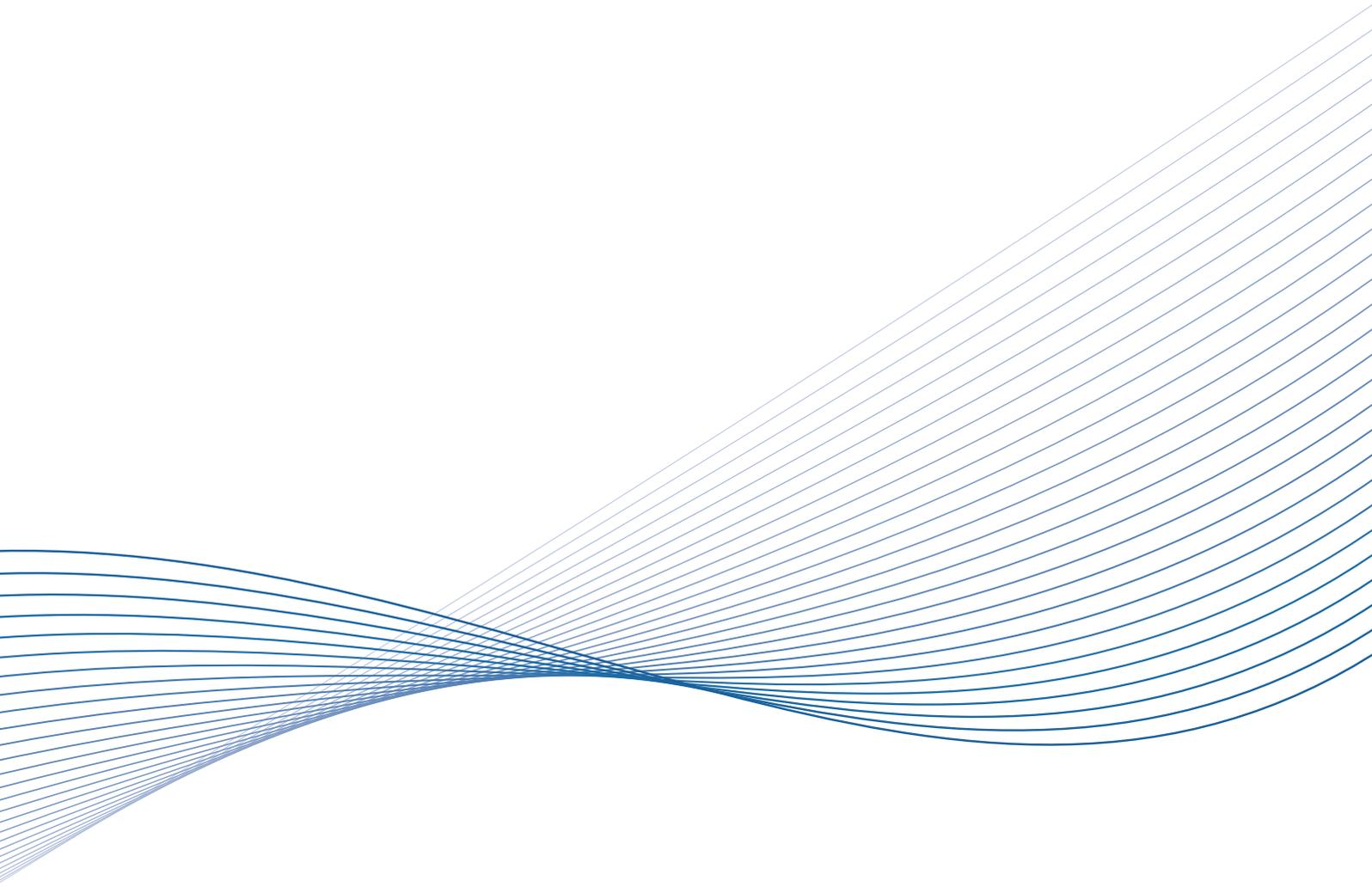
Technische Änderungen

Irrtümer und technische Änderungen vorbehalten. Die Informationen, die LPKF in diesem Katalog zur Verfügung stellt, wurden mit größtmöglicher Sorgfalt zusammengestellt. Trotz sorgfältigster Kontrolle kann die Fehlerfreiheit nicht garantiert werden. Die LPKF Laser & Electronics SE schließt daher jede Haftung oder Garantie hinsichtlich der Richtigkeit, Genauigkeit und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen aus. LPKF behält sich das Recht vor, jederzeit ohne Ankündigung Änderungen oder Ergänzungen der bereitgestellten Informationen oder Daten vorzunehmen.

Impressum, Warenzeichen und Patente

© 2022 LPKF Laser & Electronics SE, Garbsen, Deutschland. Alle Rechte bleiben vorbehalten. Der Inhalt einschließlich Bilder und die Gestaltung des Kataloges unterliegen dem Schutz des Urheberrechts und anderer Gesetze zum Schutz geistigen Eigentums. Die Systeme und Produkte von LPKF und ihrer Tochterfirmen sind durch geltendes deutsches Recht und teilweise durch internationale Patente geschützt. Alle im Produktkatalog genannten Produkt- und Markennamen sind teilweise eingetragene Warenzeichen ihrer Hersteller. Das LPKF-Logo, „LPKF ProtoMat“, „ProConduct“, „ProtoLaser“, „ProtoPrint“, „ProtoPlace“, „ProtoFlow“, „CircuitPro“, „ProMask“, „Allegro“, „SolarQuipment“, „Vittrion“, „LIDE“, „ARRALYZE“ und „WeldingQuipment“ sind registrierte Warenzeichen von LPKF Laser & Electronics SE.

LPKF Laser & Electronics SE
Osteriede 7
30827 Garbsen
Deutschland



LPKF-Fräsbearbeitungssysteme und -Lasersysteme leisten seit Jahren gute Dienste in Laboren und Entwicklungsabteilungen auf der ganzen Welt. Mehr als 50 Niederlassungen und Distributoren sorgen für reibungslose Serviceleistungen und stehen mit Tipps und Ratschlägen bereit.



Das weltweite LPKF Vertriebs- und Servicenetzwerk:

- Hauptquartier
- LPKF-Gruppe
- LPKF-Vertretungen

LPKF Laser & Electronics SE vertreibt Produkte und gewährleistet Support in über 50 Ländern. Ihren nächstgelegenen Partner finden Sie unter www.lpkf.com.

Weltweit (LPKF Hauptsitz)

LPKF Laser & Electronics SE Osteriede 7 30827 Garbsen Deutschland
 Tel. +49 (5131) 7095-0 info@lpkf.com www.lpkf.com

Nordamerika

LPKF Laser & Electronics North America
 Tel. +1 (503) 454-4200 sales@lpkfusa.com www.lpkfusa.com

China

LPKF Tianjin Co., Ltd.
 Tel. +86 (22) 2378-5318 sales.china@lpkf.com www.lpkf.com

Japan

LPKF Laser & Electronics K.K. Japan
 Tel. +81 (0) 47 432 5100 info.japan@lpkf.com www.lpkf.com

Südkorea

LPKF Laser & Electronics Korea Ltd.
 Tel. +82 (31) 689 3660 info.korea@lpkf.com www.lpkf.com



LPKF Service & Support

LPKF bietet weltweiten Premium-Kundensupport. Mehr erfahren: www.lpkf.com/support



