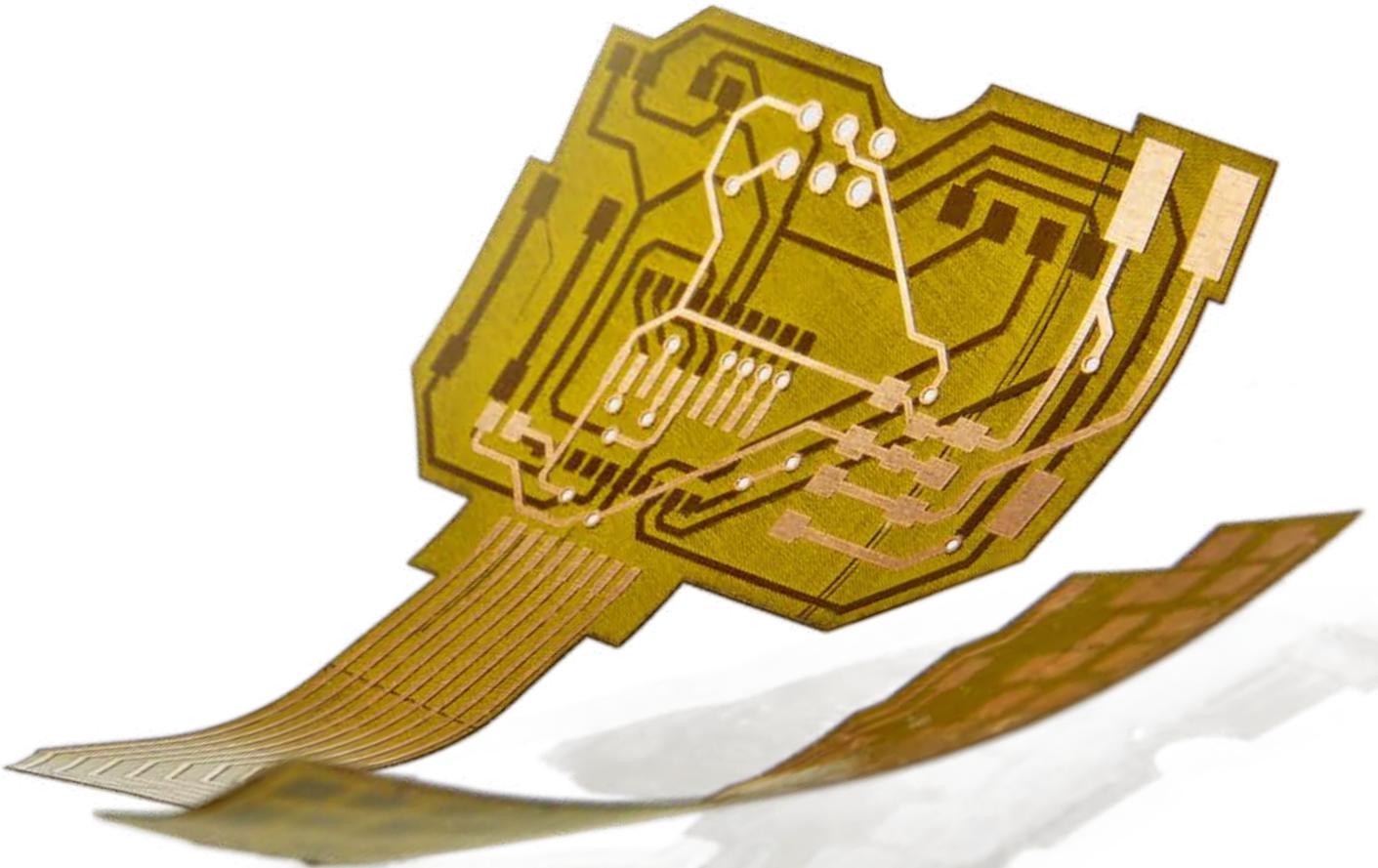


LPKF TechGuide PCB-Prototyping
Seriennahe Leiterplatten im eigenen Haus



Haben Sie Fragen zur Bestellung? Benötigen Sie technischen Service?

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
Fax +86 (22) 2378-5398

E-Mail sales.china@lpkf.com

Website www.lpkf.com

Japan

Telefon +81 (3) 5439-5906
Fax +81 (3) 5439-5908

E-Mail info.japan@lpkf.com

Website www.lpkf.com

Südkorea

Telefon +82 (31) 639 3660
Fax +82 (31) 478 5988

E-Mail sales.korea@lpkf.com

Website www.lpkf.com

Weltweite LPKF-Vertretungen

Die LPKF AG verfügt über ein weltweites Vertriebsnetz. Eine Darstellung aller LPKF-Vertretungen finden Sie auf Seite 40.

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
Leiterplattenstrukturierung mit dem LPKF ProtoLaser S4	12
Das Allzweckwerkzeug: der LPKF ProtoLaser U4	14
Leiterplattenstrukturierung mit dem LPKF ProtoMat D104	16
Multilayer: Herstellen und Verpressen	18
Körnen, Bohren und Ausschneiden	20
Systeme zur Durchkontaktierung	21
Vergleich der Durchkontaktierungsverfahren	24
Lötstopplack und Bestückungsdruck	25
Lotpastendruck	26
SMD-Bestückung	27
Reflow-Löten	28
Applikationen	29
Fachbegriffe aus der Elektronik	32
Ihr LPKF-Kontakt weltweit	36
Impressum	37



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 beschichteten 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 ProtoMat D104 wachsen beide Welten zusammen: Die mechanische Strukturierung wird durch ein zusätzliches Laserwerkzeug ergänzt, wenn einzelne Bereiche eine besonders hohe Präzision erfordern.

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 S steht Entwicklern eine hochmoderne Multilayer-Pressen 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 Fräs Werkzeug 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 S.

SMD-Bestückung

Die Bestückung der Leiterplatte mit SMD-Bauteilen erfordert hohe Präzision. Für das PCB-Prototyping wird dazu ein halbautomatisches Bestückungssystem wie der LPKF ProtoPlace S benutzt, bei dem die exakte Positionierung der Elemente über ein Kamerasystem kontrolliert wird.

Reflow-Löten

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

Grundwissen Leiterplatten

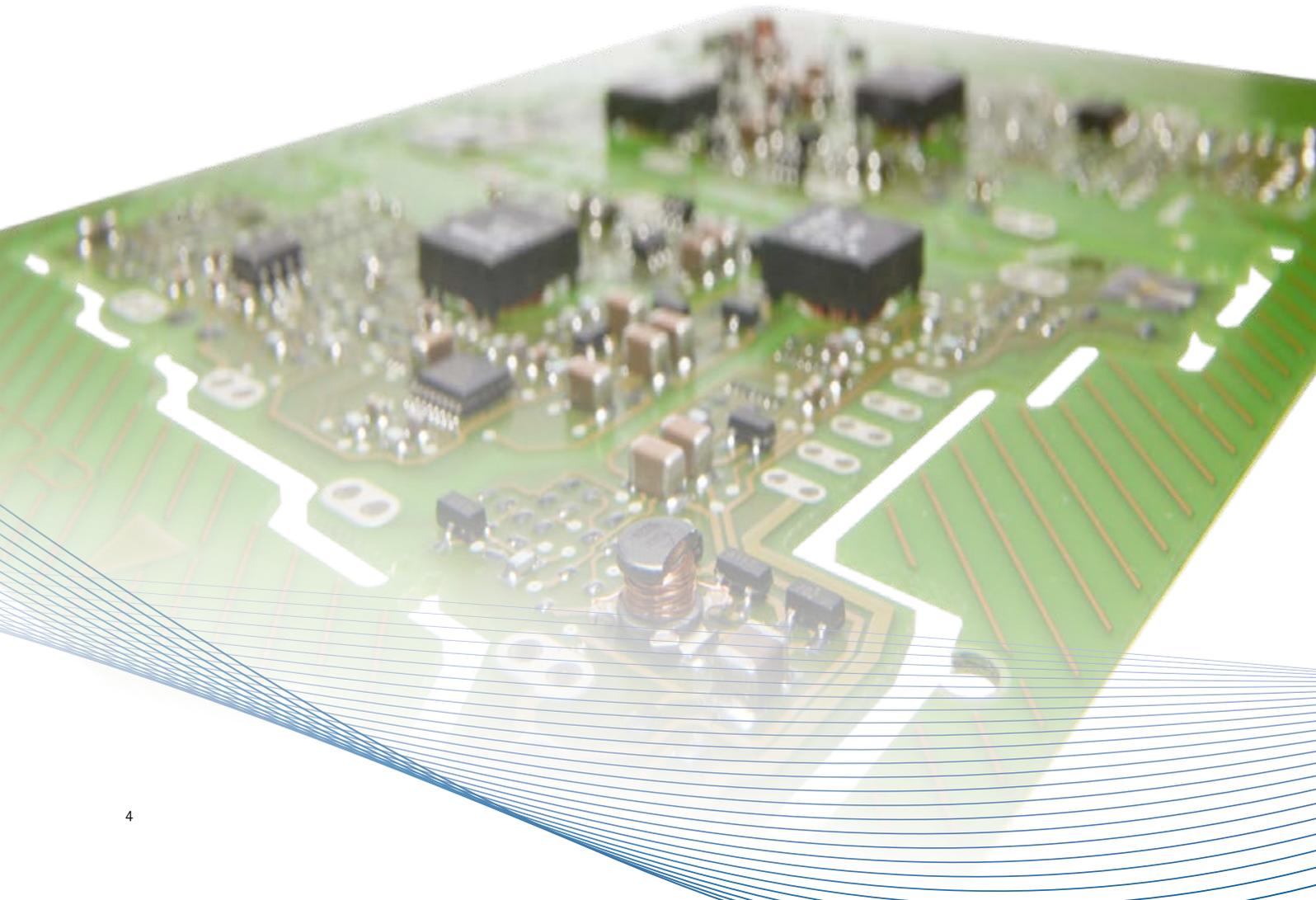
Die Leiterplatte ist nicht nur Träger von Elektronikbauteilen, sondern dient auch ihrer elektronischen Vernetzung durch Leiterbahnen, der Abschirmung gegen elektronische Felder oder der Wärmeleitung. Mit zunehmender Komplexität müssen mehr Leiterbahnen und Bauteile auf gleichem Raum untergebracht werden.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

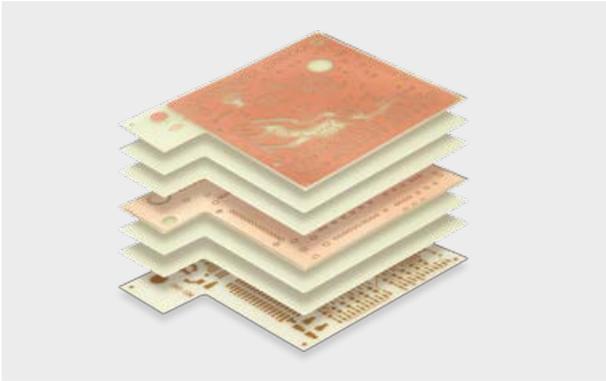
Einseitige Leiterplatten

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 mm (10 Mil) und 3,125 mm (125 Mil). Am häufigsten kommt 0,8 mm (29 Mil) oder 1,6 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.

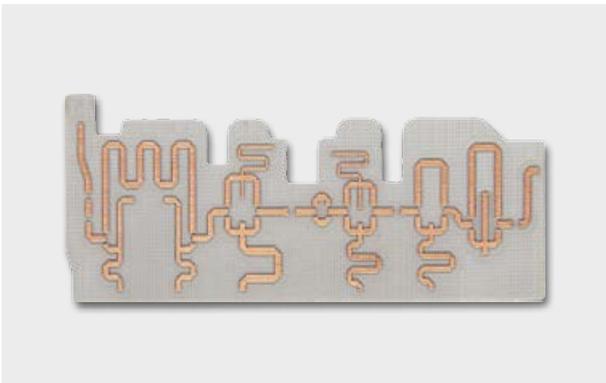




Multilayer

Multilayer

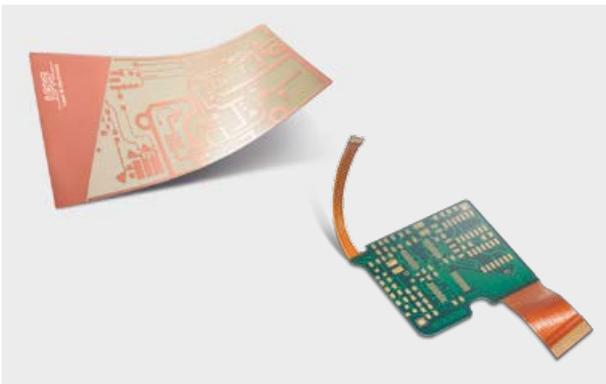
Als Multilayer bezeichnet man mehrlagige Leiterplatten. Sie werden aus mehreren Lagen Leiterplatten und Isolationsmaterial verpresst. Die Anzahl der voneinander isolierten, leitenden Schichten (Layer) ist theoretisch unbegrenzt. Multilayer können in den Innenlagen aus doppelseitig und in den Außenlagen 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.



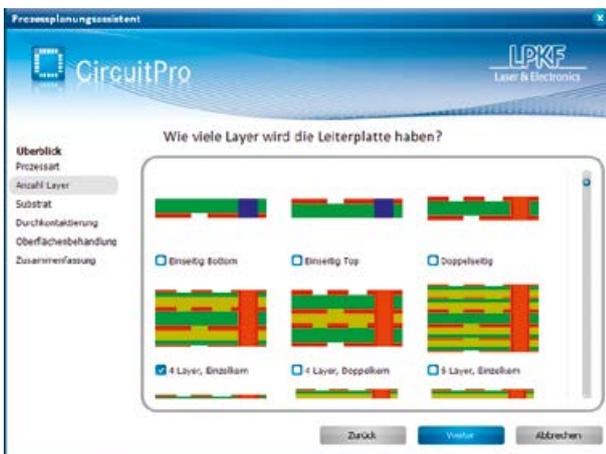
Flexible und starrflexible Substrate

Flexible und starrflexible Leiterplatten

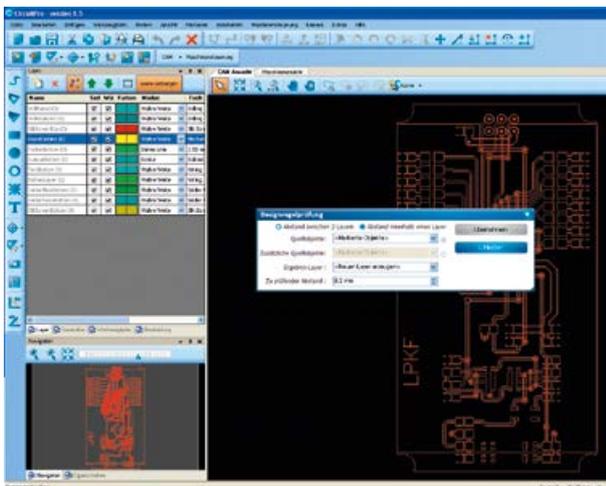
Flexible Leiterplatten bestehen üblicherweise aus Polyimid-Folien mit Kupfer-Leiterbahnen. Starrflexible Leiterplatten entstehen aus der Kombination von flexiblen Substraten und starren Leiterplatten. Die Herstellung von starrflexiblen Leiterplatten ist ähnlich der von Multilayern.

LPKF-Software – Intelligenter Helfer beim Prototyping

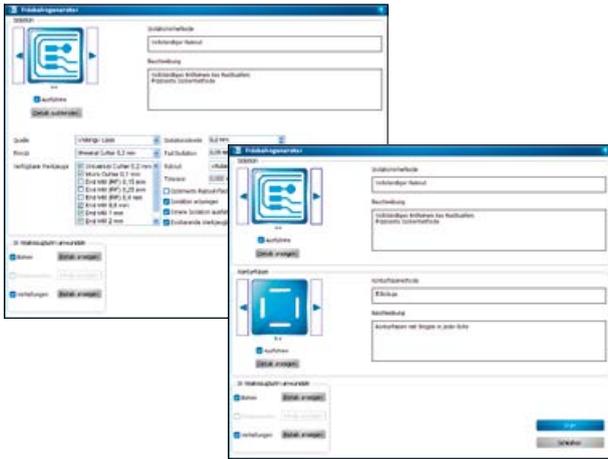
Präzision zählt – und deshalb ist die Ansteuerung moderner Prototyping-Systeme ohne eine ausgefeilte Software undenkbar. LPKF CircuitPro ist die neueste Generation der leistungsfähigen CAM- und Maschinensoftware. Sie vereint die Datenaufbereitung und Systemsteuerung in einem Programm.



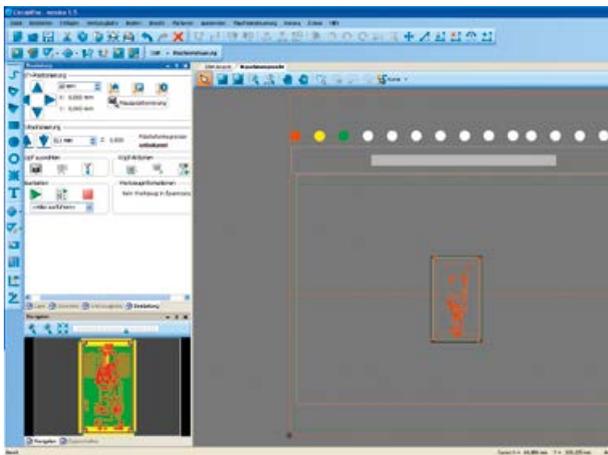
Bereits bei der Installation fragt LPKF CircuitPro die verfügbaren Prototyping-Komponenten ab und berücksichtigt diese beim Produktionsprozess. LPKF CircuitPro übernimmt die Entwurfsdaten von CAD/EDA-Systemen. Der Prozessplanungs-Assistent fragt z. B. nach der Anzahl der Lagen, dem verwendeten Material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

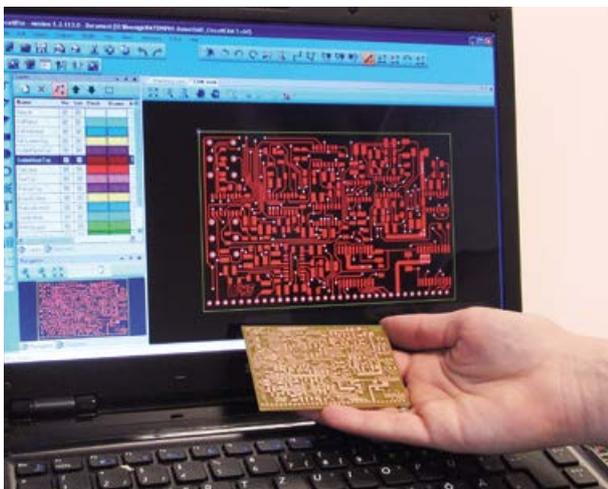


Im nächsten Schritt erzeugt LPKF CircuitPro Fräslinien zum Isolieren der Leiterbahnen und die Konturen zum Ausfräsen der Leiterplatte – beides im Technology-Dialog. In einer Aktion sind damit alle leiterplatten-spezifischen Aufgaben vereint.



Die weitere Produktionssteuerung übernimmt der Produktionsassistent. Er führt den Benutzer 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.

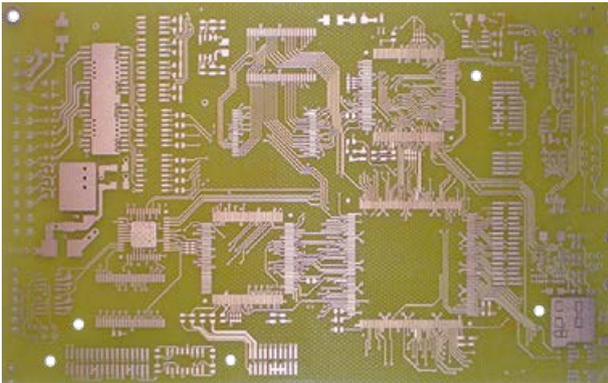


Bei der Bearbeitung der Platine zeigt der Assistent erforderliche manuelle Eingriffe an. Das können z. B. das Umdrehen der bearbeiteten Platine, die Durchkontaktierung oder der Wechsel eines Werkzeugs sein. Wird das Projekt am Ende gespeichert, stehen beim nächsten Mal alle Produktionsdaten sofort zur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

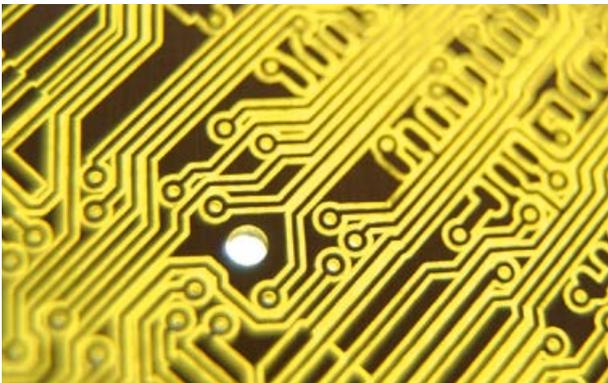
In der aktuellen Version wurde Wert auf eine besonders effektive Erkennung geometrischer Strukturen gelegt. Damit entfallen Nebenzeiten bei ProtoMaten und ProtoLasern, die Arbeitsgeschwindigkeit steigt deutlich.

Leiterplatten strukturieren und bearbeiten

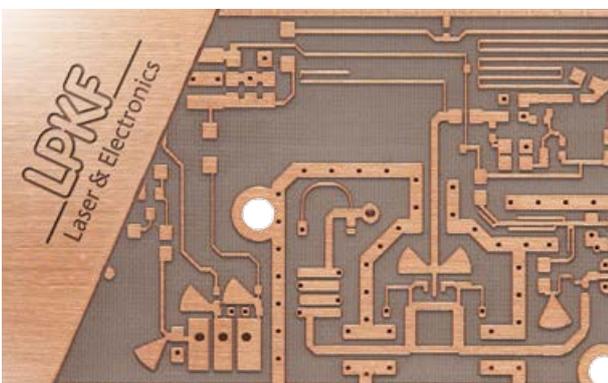
Nach dem Entwurf der Schaltung muss das geplante Layout aus Leiterbahnen auf eine Platine übertragen werden. Im PCB-Prototyping hat sich ein Negativ-Verfahren durchgesetzt: Aus einer vollflächig beschichteten Leiterplatte werden isolierende Bereiche herausgefräst. Die isolierenden Kanäle bilden die Kontur 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

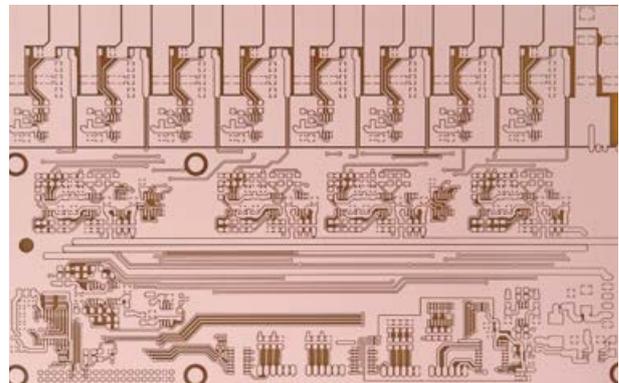
Dann löst er gezielt die leitfähige Schicht – in der Regel Kupfer – mit geringerer Energie ab, ohne das Substrat der Leiterplatte zu beeinträchtigen. Durch dieses patentierte Verfahren ist der Laser zur Direktstrukturierung von Leiterplatten aus laminiertem Material bei einer Abtragsgeschwindigkeit von 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 abgelöst. Dabei realisiert der Laser Isolationsabstände von 15 µm. Zum Bohren und Trennen von Platinen aus Laminaten empfiehlt sich die Kombination mit einem LPKF ProtoMaten. Der neue ProtoLaser U4 kann beides: Er strukturiert laminierte Substrate und trennt sie anschließend aus größeren Boards heraus.

Der LPKF ProtoMat D104 ist eine Kombination aus mechanischem Bearbeitungssystem und dem Laser. Der Laser arbeitet nur durch Verdampfen, und er kommt nur in besonders feinen Bereichen zum Einsatz. Dafür kann er Leiterplatten bohren, gravieren und trennen – eine ideale Kombination aus beiden Maschinengattungen.

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 Anwender die unkomplizierte Herstellung von Einzel-



FR4-Platine, mit ProtoLaser S4 strukturiert

stücken 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.

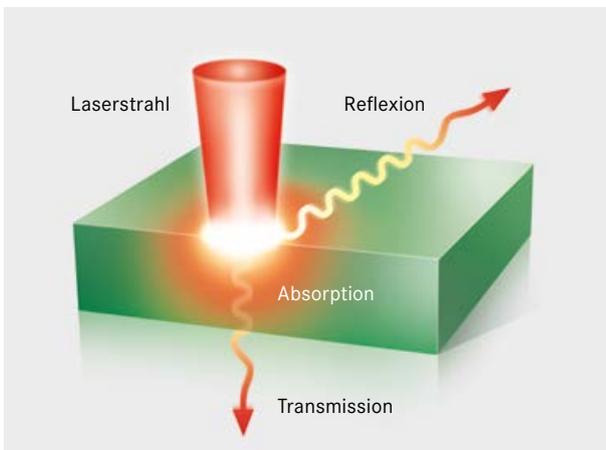
Je nach emittierender Laserquelle ändert sich die Wellenlänge des Lasers – das ist ein wesentlicher Aspekt für die breite Anwendbarkeit. Unterschiedliche Materialien haben ein unterschiedliches Absorptionsverhalten. Je höher die Absorption eines Materials ist, desto mehr Energie überträgt der Laser.

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.

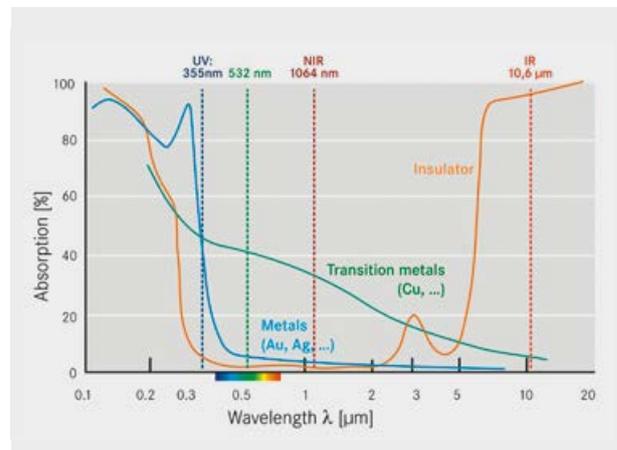


Nur die absorbierte Energie wirkt im Bauteil

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, Ritzten 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/Ritzten des Materials.



Je nach Laser-Wellenlänge und Material unterscheiden sich die Absorptionswerte

LPKF ProtoLaser S4

Der LPKF ProtoLaser S4 steht für effizientes Prototyping von komplexen Digital- und Analogschaltungen, 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.



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.

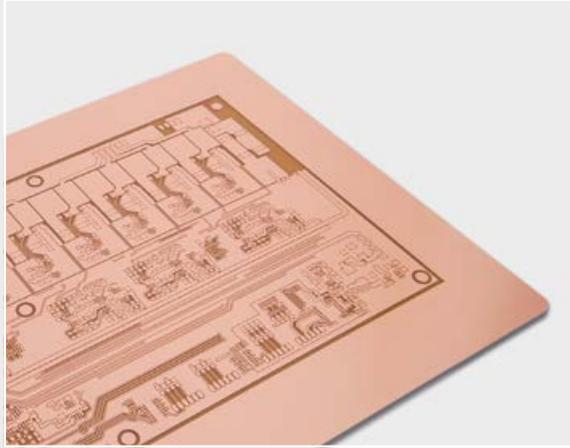
Laserstrukturieren von keramischen Schaltungsträgern

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.

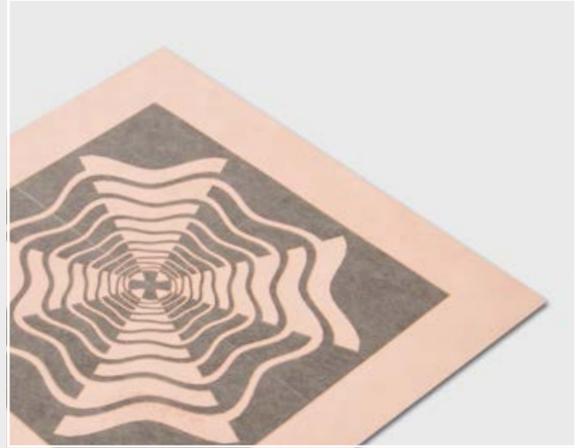
Auch bei Anwendungen in der Leistungselektronik muss der ProtoLaser S4 nicht passen. Durch Verdampfen lassen sich auch Dickschichtplatinen strukturieren: Der Laserstrahl wird mehrfach über eine Position geführt, bis die leitende Schicht entfernt ist.

Großserienqualität im eigenen Haus

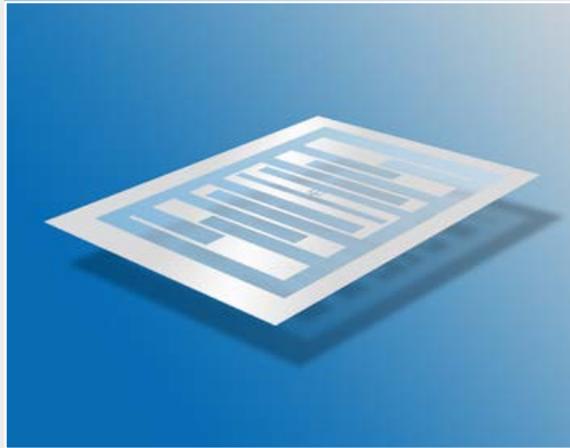
Anspruchsvolle Applikationen – mit dem LPKF ProtoLaser S4 in nur wenigen Minuten aus unstrukturiertem Basismaterial herausgearbeitet.



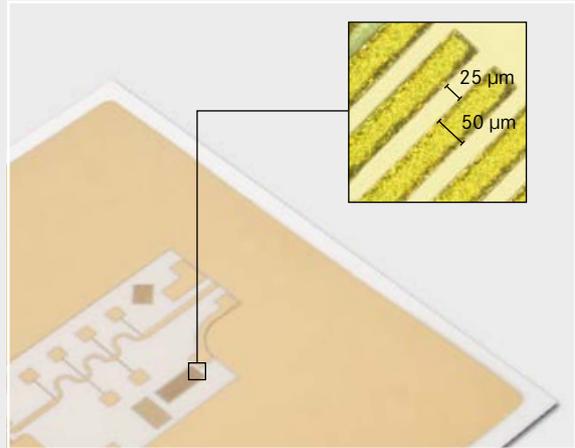
Cu (18 μm) auf FR4



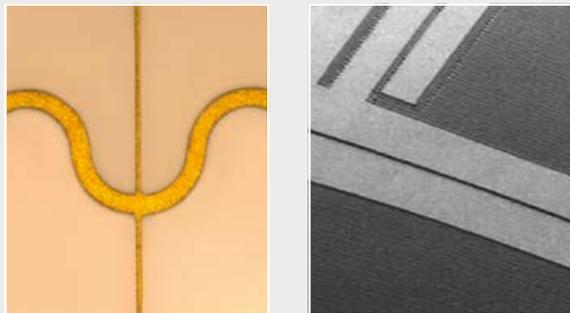
PTFE



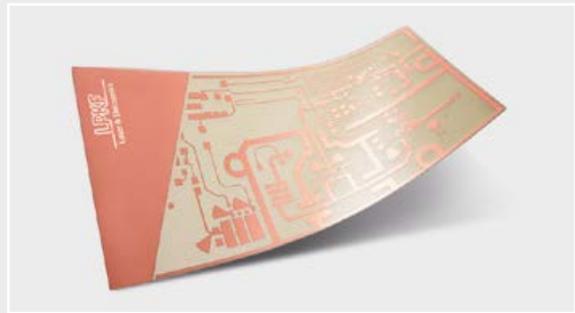
Al (15 μm) auf PET-Folie



Keramik



HF-Struktur, Au auf Al_2O_3 -Keramik



Semi-Flex-Material, Cu-Schichtstärke 18 μm

Das Allzweckwerkzeug: der 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.



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 Vakuumschisch werden auch flexible und dünne Substrate sicher fixiert. Damit lassen sich komplexe Konturen ohne mechanische Beanspruchung des Materials schneiden.

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

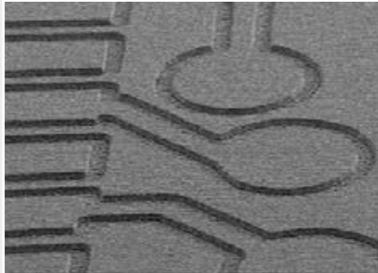
Der ProtoLaser U4 ist in der Lage, Löcher und Microvias mit einem minimalen Durchmesser von nur 100 µm in HDI-Platinen zu schneiden. Der Laserstrahl durchstößt zunächst die Kupferschicht und anschließend das Substrat aus Epoxydharz und Glasfasern.

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



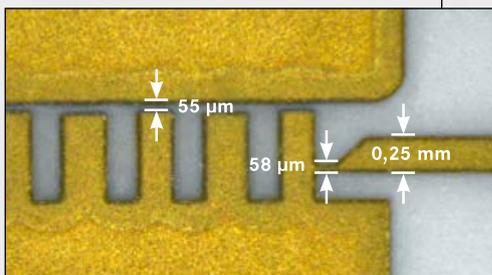
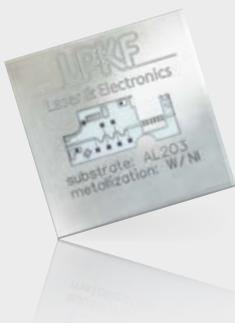
Strukturiertes und ausgeschnittenes Beispiel einer HF-Schaltung auf RO 5880 Material



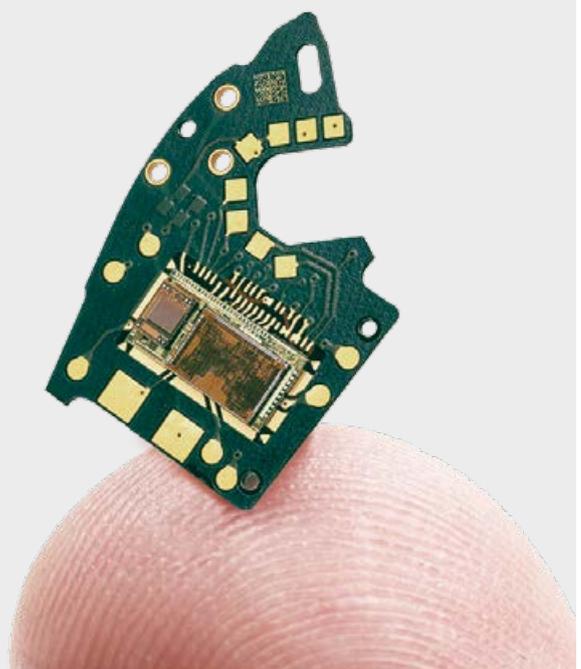
Laserstrukturierte FR4-Boards überzeugen durch eine hohe Übereinstimmung von Layout und realer Geometrie



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



Top-Ergebnisse auf empfindlichen Keramikmaterialien



Leiterplattenstrukturierung mit dem LPKF ProtoMat D104

Eigentlich ist der ProtoMat D104 in erster Linie ein ProtoMat für die mechanische Bearbeitung von Leiterplattenmaterialien. Aber er verfügt über ein einzigartiges Zusatzwerkzeug: einen UV-Laser. Damit ist der ProtoMat D104 ein Hybrid zwischen Laser und Fräsbohrplotter. Er vereint deren Möglichkeiten in einem kostengünstigen System.

Um es vorweg zu schicken: Der UV-Laser in diesem System kann mit den reinen Lasersystemen nicht mithalten. Er verfügt über eine geringe Leistung, und auch die kostspielige Scanner-Optik ist nicht mit an Bord. Was er leistet: Er reduziert die Werkzeugkosten bei besonders feinen Strukturen deutlich, weil die Standzeiten feiner Werkzeuge begrenzt sind. Darüber hinaus erhöht er die Präzision beträchtlich und erzeugt geometrisch optimale Leiterzüge. Das ist wichtig für Feinstleiteranwendungen, digitale und HF-Schaltungen.

Die ProtoLaser können den Laserstrahl dank Scanner-Optik blitzschnell über das Material führen. Beim ProtoMat D104 wird die Laserspür durch Kopf- und Tischbewegungen erreicht, ohne die Präzision zu beeinträchtigen.

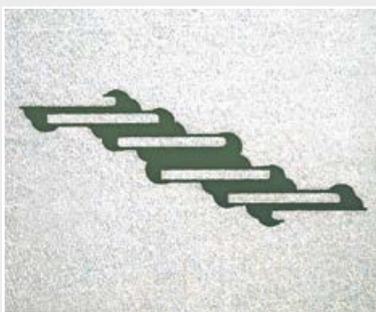
Auf Keramikmaterial erzielt der D104-Laser eine mechanische Auflösung von 50 µm Linie, 15 µm Abstand (65 µm Pitch).

In der Praxis bedeutet dies, dass der ProtoMat D104 die benötigten Werkzeuge automatisch wählt. Jede Strukturierungsaufgabe, die eine feinere mechanische Auflösung erfordert als die installierten Fräser bieten, erfolgt automatisch mit dem Laser. Das gilt natürlich für Strukturen kleiner als 100 µm, weil feinere Werkzeuge nicht verfügbar sind. Ist aber nur ein 200 µm Fräs Werkzeug im Werkzeugmagazin, werden auch 150-µm-Strukturen vom Laser angelegt. Ein integriertes Visionsystem sorgt dafür, dass Laserlinien und herkömmliche Strukturen nahtlos ineinander übergehen.

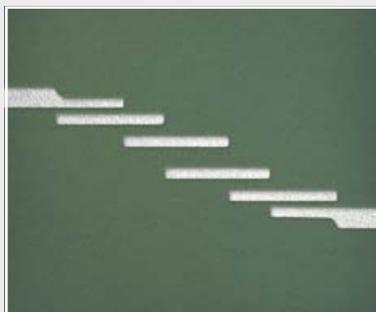
HF-Strukturen nacharbeiten

Mit einer speziellen Bearbeitungsroutine erhöht sich der Durchsatz des LPKF ProtoMat D104 bei großen, hochpräzisen Schaltungselementen. Zunächst werden die Konturen der Schaltung mit dem UV-Laser freigestellt. Anschließend lassen sich die größeren Isolationsstrukturen mit herkömmlichen Fräs Werkzeugen herausarbeiten. Gegebenenfalls wird bei engen Layouts zur Sicherheit eine weitere Isolation mit dem UV-Laser durchgeführt.

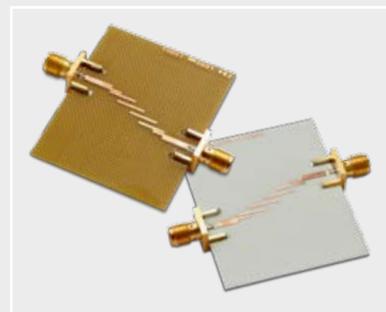
Dies gilt auch für spitze Winkel im Layout. Während die Radienfähigkeit eines Fräasers auf den halben Durchmesser begrenzt ist, kommt der nur 15 µm feine Laserstrahl bis eng in alle Ecken.



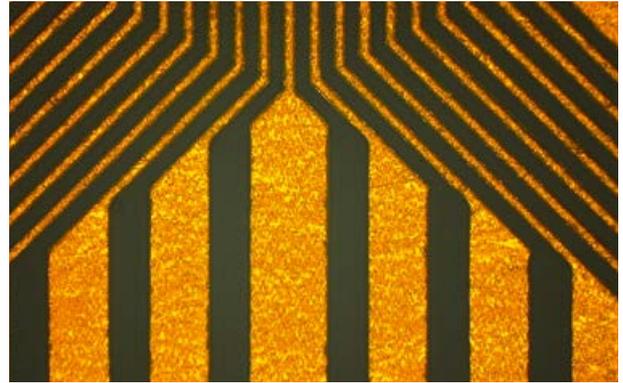
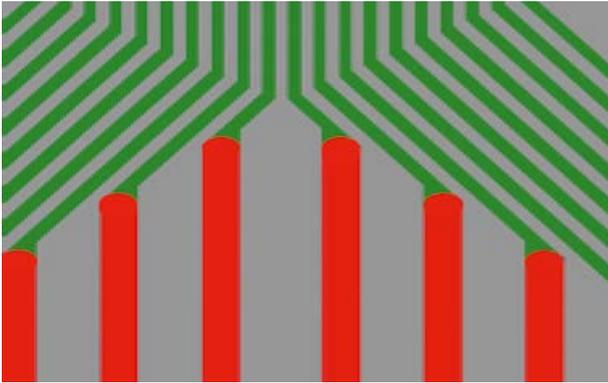
Erster Schritt: feine Geometrie mit dem UV-Laser freistellen



Anschließend größere Flächen mit Fräs-technik bearbeiten (Kupfer ausräumen)

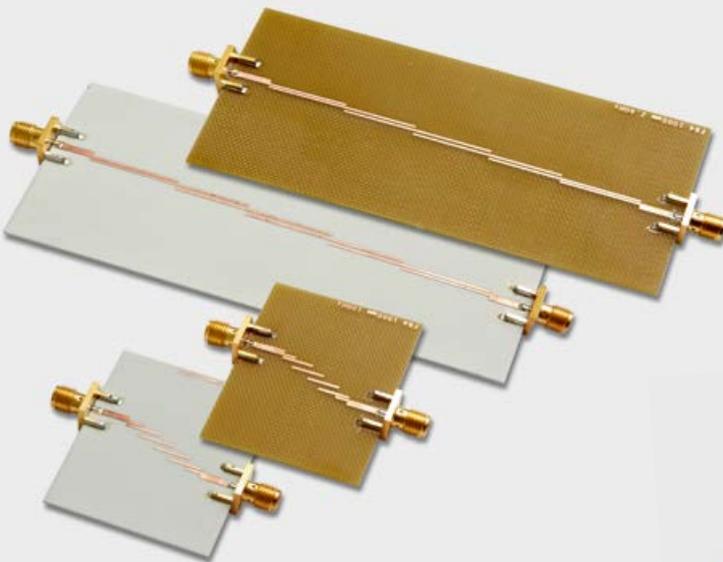


Ein im Prototyping hergestellter HF-Filter

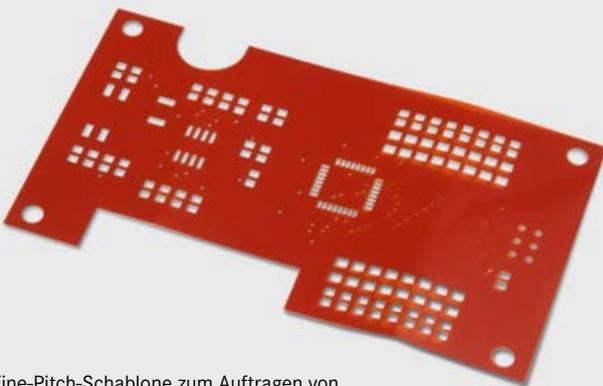


Entwurf und Ergebnis: Die roten Linien zeigen die Wege des Fräsers, die grünen repräsentieren die Laserbearbeitung. Für die Umschaltung der Werkzeuge sorgt die Systemsoftware.

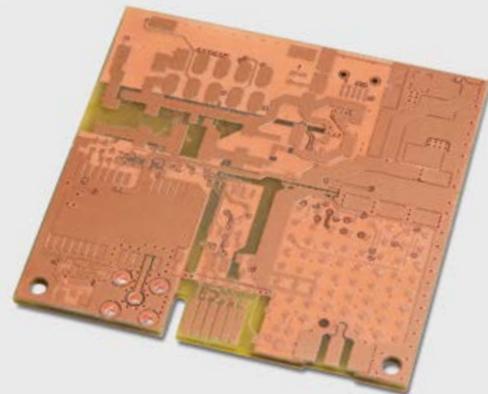
Einige Anwendungen in der Übersicht



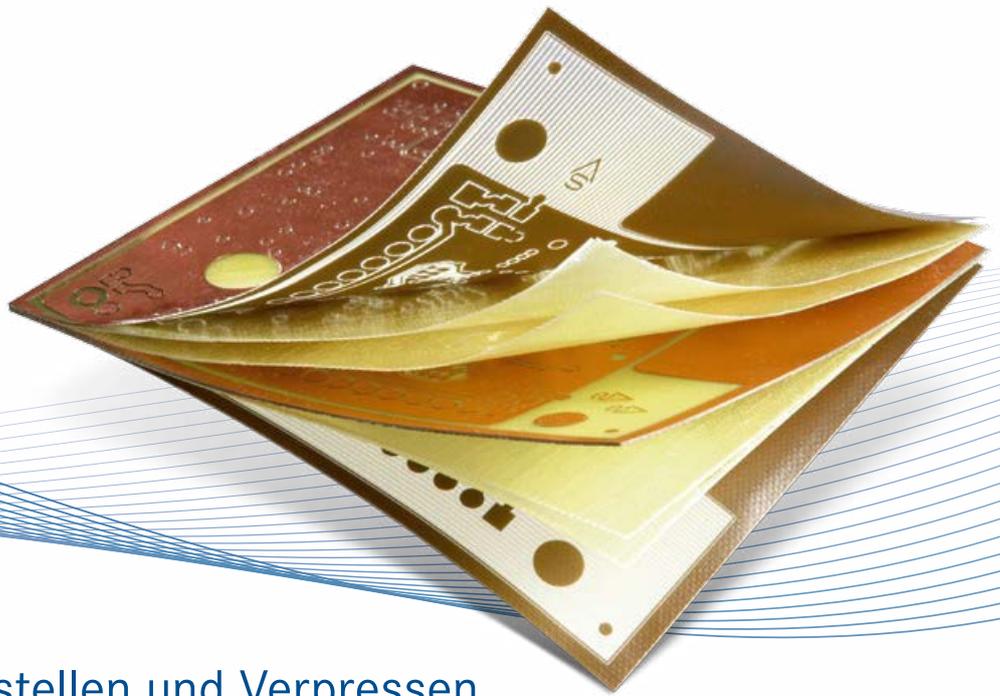
HF-Filter auf unterschiedlichen Materialien, exakte Geometrie durch Laserbearbeitungen an der Cu-Kante



Fine-Pitch-Schablone zum Auftragen von Lotpaste, erstellt mit UV-Laser



HDI-Board mit feinsten Strukturen; Bearbeitung mit UV-Laser und Fräsbohrtechnik in einem Arbeitsgang



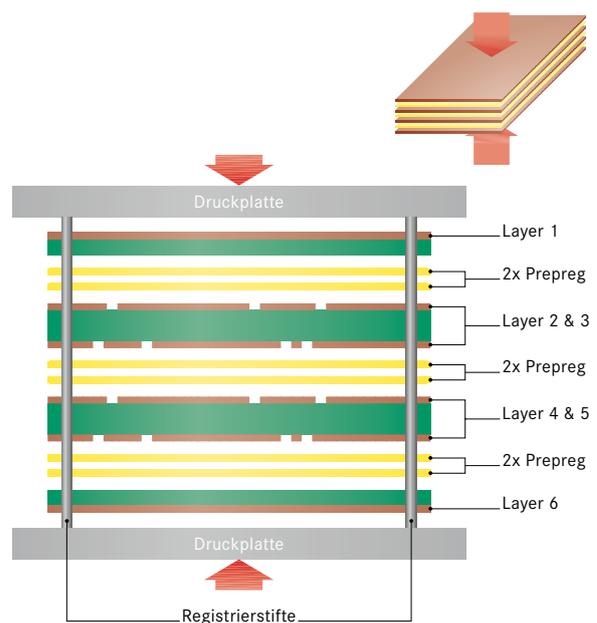
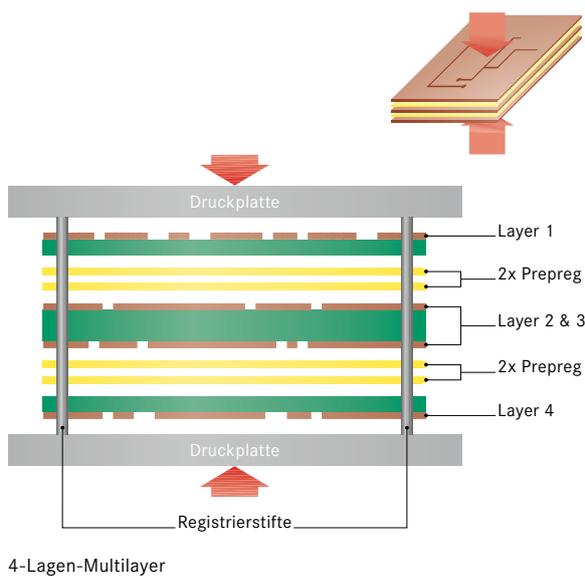
Multilayer: Herstellen und Verpressen

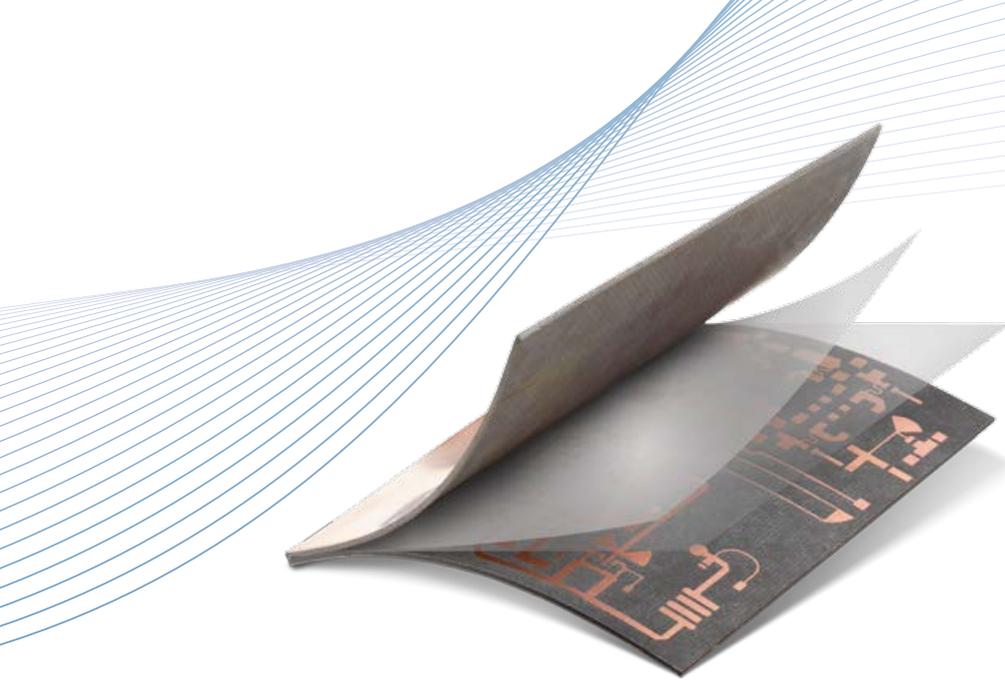
Multilayer sind Leiterplatten mit mehreren Lagen, die jede für sich leitfähige Strukturen aufweisen. Die Herstellung erfolgt in drei Schritten: Strukturieren der einzelnen Lagen, Pressen und Durchkontaktieren.

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.



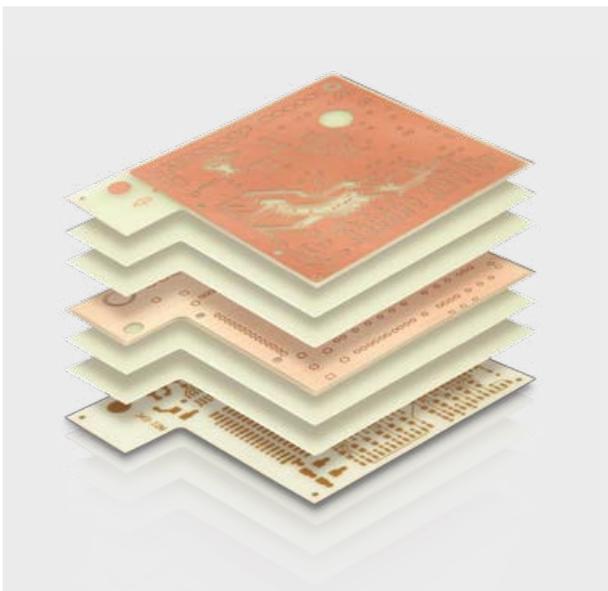


Beim Verpressen dürfen keine Luftpneinschlüsse entstehen. Dazu ist es notwendig, mit dem richtigen Pressdruck und einem passenden Temperaturprofil zu arbeiten, je nach Materialien und Lagenanzahl. Die Presstemperatur eines Standard-Multilayers liegt bei ca. 180 °C (355 °F). Bei der LPKF MultiPress S 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. Das Strukturieren der Außenlagen erfolgt beim chemiefreien Durchkontaktieren vor dem Verpressen, bei der galvanischen Durchkontaktierung erst danach. Die Innenlagen eines Multilayers müssen vor dem Verpressen in jedem Fall strukturiert worden sein.

Achtlagige Multilayer mit der LPKF MultiPress S

Die LPKF MultiPress S verpresst bis zu achtlagige Multilayer aus starren, starrflexiblen oder flexiblen Basismaterialien. Eine gleichmäßige Druckverteilung über die gesamte Pressfläche von 229 mm x 305 mm (9" x 12") sorgt für den homogenen Materialverbund. Die LPKF MultiPress S speichert bis zu neun verschiedene Zeit-, Temperatur- und Druckprofile, die über das LC-Display menügeführt abgerufen werden. Standardprofile für gängige Leiterplattenmaterialien sind werkseitig hinterlegt. Spezielle Prozessprofile gewährleisten auch das Verpressen von empfindlichen HF-Materialien, die eine Presstemperatur von rund 230 °C (445 °F) benötigen. Die LPKF MultiPress S erzielt durch kurze Aufheizzeiten bei Temperaturen bis 250 °C (490 °F) sowie durch kurze Abkühlphasen optimale Ergebnisse.



Bis zu acht Lagen im Haus: LPKF Prototyping



LPKF MultiPress S

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.

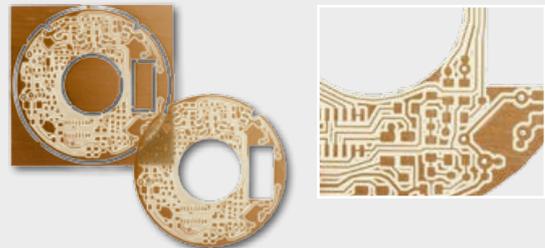
Bei sehr dünnen oder unscharfen Bohrwerkzeugen besteht die Gefahr, dass der Bohrer ausweicht und die Bohrung falsch positioniert wird. Das Körnen mit einem Fräs Werkzeug verhindert durch kurzes Anbohren mit geringer Eindringtiefe das Ausweichen des Bohrers. Der 90°-Spitzenanschliff des Universalfräasers 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



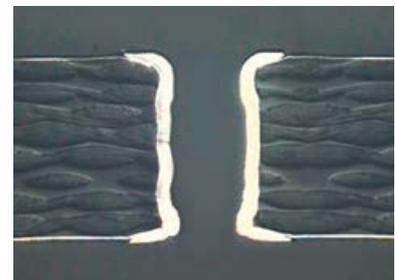
Chemiefrei: LPKF ProConduct



Galvanisch: LPKF Contac S4

Durchkontaktierung mit Nieten

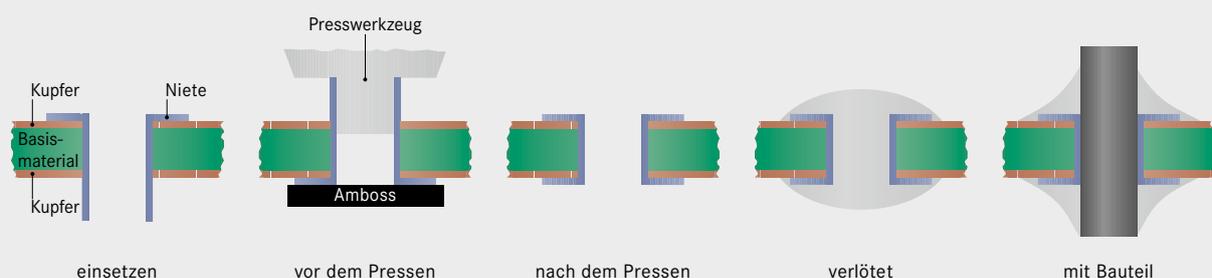
LPKF EasyContac ist ein einfach zu handhabendes System für die Durchkontaktierung von doppelseitigen Leiterplatten auf Standard-FR4-Basis. Der Durchmesser der Nieten liegt zwischen 0,6 und 1,2 mm (+ 0,2 mm Außendurchmesser). Das System ist ideal für Leiterplatten-Prototypen mit bis zu 50 Durchkontaktierungen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



Chemiefreie Durchkontaktierung

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 chemiefreien 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.



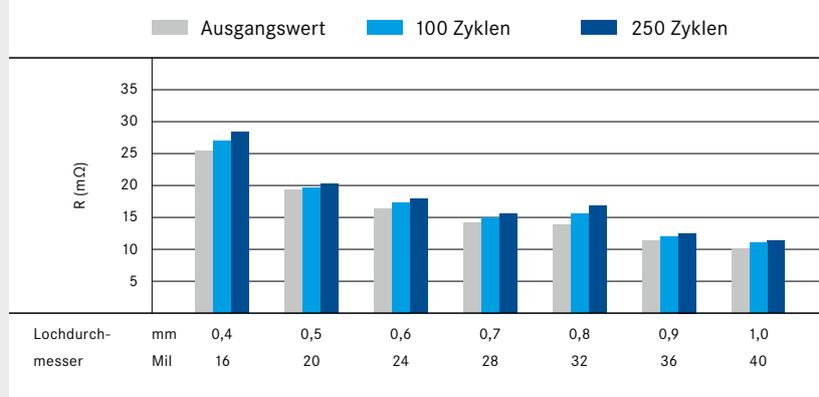
4. Aushärten:

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 Via-Cleaner-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.

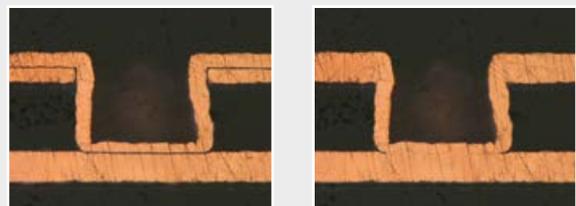
2. Aktivator auftragen: Ein Kohlenstoff-Aktivator wird nach dem Blackhole-Verfahren auf die zu beschichtenden Oberflächen der Bohrungen aufgebracht.

3. Via-Reinigung

4. Galvanisieren: Der gesamte LPKF-Galvanisierungsprozess wird vom System gesteuert. Der Benutzer muss die Leiterplatte lediglich zuführen und Basisparameter eingeben.

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

Der gesamte Prozess dauert je nach Stärke des Kupferauftrags ca. 90 bis 120 Minuten.



Trennschichten aus dem Aktivierungsschritt werden dank ViaCleaner-Stufe zuverlässig entfernt

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 S 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-Fräsbhrotplothern herstellen, was gegenüber Stahlschablonen Zeit und Kosten spart.



LPKF ProtoPrint S

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

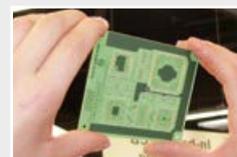
gefahren. Über die Mikrometerschrauben wird die Leiterplatte nun exakt zum Testfoliendruck ausgerichtet. Anschließend wird die Testfolie gereinigt und entfernt.

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 S Anwendern ein halbautomatisches, ergonomisches Pick & Place-System.

Halbautomatische 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 motorisierte Bauteile-Karussells. Alle Typen lassen sich mit dem LPKF ProtoPlace S 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.

Bei komplexeren SMD-Bauteilen wie QFPs und PLCCs wird das Bauteil erst grob ausgerichtet, bevor der Manipulator in X-, Y- und Z-Richtung verriegelt wird. Mit Hilfe der Kamera und Mikrometerschrauben lässt sich die Leiterplatte unter dem SMD-Bauteil präzise feinjustieren.

Beim LPKF ProtoPlace S führt ein 4-Zeilen-LC-Display den Anwender durch die einzelnen Einstell- und Arbeitsphasen. Nahezu alle Bedienfunktionen werden über die vier ergonomisch angeordneten Richtungstasten ausgeführt. Das optionale Kamerasystem mit Farbmonitor unterstützt den Anwender bei der exakten Bauteilpositionierung selbst auf komplexen Leiterplatten.



Bestücken der Leiterplatte

Mit dem integrierten, serienmäßigen Lotpastendispenser werden durch entsprechende Einstellung des Abgedrucks Lotpaste, Kleber oder Hilfsmittel niedriger Viskosität punktgenau aufgebracht.

Der LPKF ProtoPlace S ist optimiert für die präzise Bestückung mit Fine-Pitch-Bauelementen. Er verfügt im Vollausbau über mehrere Feeder, ein Kamerasystem und einen Dispenser.



LPKF ProtoPlace S

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 LötKolben kalt, ein Reflow-Ofen verbindet alle Lötunkte in einem Arbeitsgang.

Bleifrei und bleihaltig

Der kompakte LPKF ProtoFlow ist der ideale Reflow-Ofen sowohl für das bleihaltige als auch für das bleifreie, RoHS-konforme Reflow-Löten, das Aushärten von Durchkontaktierungspasten und andere präzise zu steuernde thermische Prozesse. Die Spezialfunktion MultiZone ermöglicht die Unterteilung des Lötprozesses in fünf separate Phasen mit jeweils eigenem Temperaturverlauf. Vier interne Temperatursensoren steuern die Temperaturverteilung präzise über die gesamte Leiterplatte. Die Temperaturkurven der Sensoren werden mit einem Temperatur-/Zeit-Diagramm auf einem Monitor dargestellt. Sie können für spätere Analysen gespeichert werden. Der LPKF ProtoFlow verarbeitet Leiterplatten bis zu einer Größe von 229 mm x 305 mm (9" x 12") bei einer maximalen Temperatur von 320 °C.

Schutzgas-Option

Über einen digitalen Durchflussregler kann der LPKF ProtoFlow S/N2 extern mit Schutzgas verbunden werden. Die Stickstoff-Atmosphäre reduziert die Oxidation während des Lötprozesses erheblich und optimiert dadurch die Lötverbindungen.

Werkseitig sind vorprogrammierte Standard-Reflow-Profile hinterlegt, zusätzliche Profile lassen sich individuell programmieren und speichern.



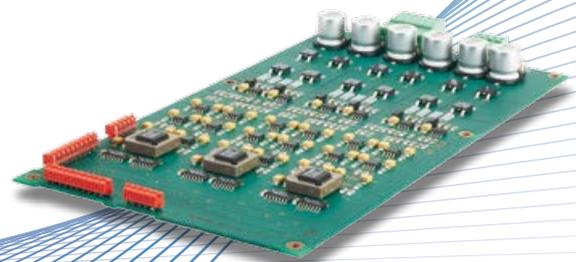
Eine beleuchtete Prozesskammer erlaubt die visuelle Kontrolle beim Reflow-Löten

Über eine USB-Schnittstelle kann der LPKF ProtoFlow mit einem Computer verbunden werden. Die mitgelieferte intuitive PC-Software dient zur Temperaturaufzeichnung in Echtzeit, Profilprogrammierung und Abspeicherung von Profilen.

Der LPKF ProtoFlow S lässt sich mit einem Sensormodul ausrüsten, das Temperaturverläufe an bis zu vier frei wählbaren Positionen – auch Bauteilen – erfasst.



LPKF ProtoFlow S



Mit LPKF-Technologie hergestellte und bestückte Leiterplatte

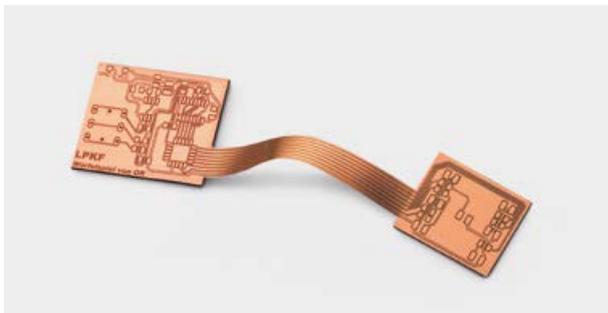
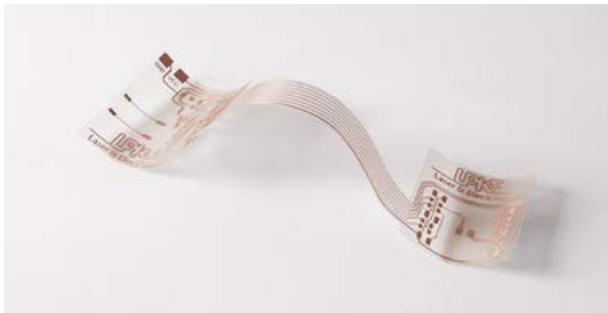
Applikationen

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

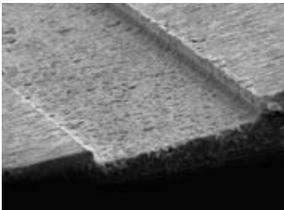


mindestens 60 000 U/min produzieren beim Fräsen bzw. Ausschneiden sehr saubere Oberflächen. Abhängig von der benötigten Frästiefe sind gegebenenfalls mehrere Durchgänge zu fräsen. Als Faustformel gilt, dass die Frästiefe maximal dem halben Werkzeugdurchmesser entsprechen soll.

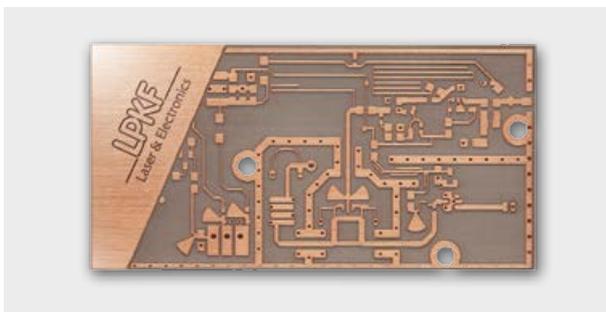
Die Parameter-Bibliothek der LPKF CircuitPro-Software unterstützt die Bearbeitung von Aluminium und anderen weichen Metallen. Der optimale Vorschub und die Spindeldrehzahl für eine lange Lebensdauer des Werkzeugs sind in LPKF CircuitPro bereits standardmäßig hinterlegt.

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-RF-Werkzeug



Alle diese Anforderungen werden durch LPKF-Systeme und LPKF-Werkzeuge abgedeckt. Die Fräsbohrplotter LPKF ProtoMat S103 und D104 sind mit einer Hochgeschwindigkeitsspindel mit 100 000 U/min ausgestattet. Darüber hinaus verfügt der ProtoMat D104 über ein besonders feines Laser-Werkzeug.

Diese gewährleistet in Verbindung mit dem entsprechenden HF-Werkzeug und einer exakt einstellbaren Frästiefe eine saubere vertikale Geometrie, auch bei weichen HF-Basismaterialien. Der pneumatische, berührungslose Arbeitstiefenbegrenzer, der den Fräskopf auf einem Luftkissen ohne physikalischen Kontakt über das Basismaterial gleiten lässt, garantiert die kratzfreie Bearbeitung der Leiterplatte. 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.

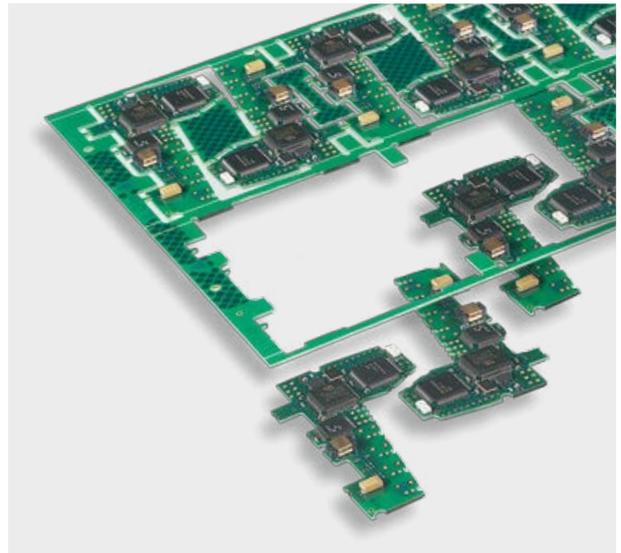
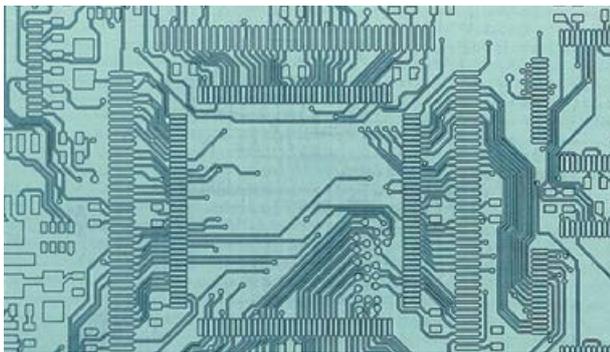


Mit dem Fräsen von Polyimid-Schablonen können die Vorteile Schnelligkeit und Sicherheit bei der Aufbringung von Lotpasten genutzt werden. In Kombination mit dem SMT-Schablonendrucker LPKF ProtoPrint S ist der Schablonendruck bereits bei der Prototypenerstellung eine kostengünstige Lösung, insbesondere im Vergleich mit dem Arbeitsaufwand beim manuellen Dispensen oder Löten.

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.

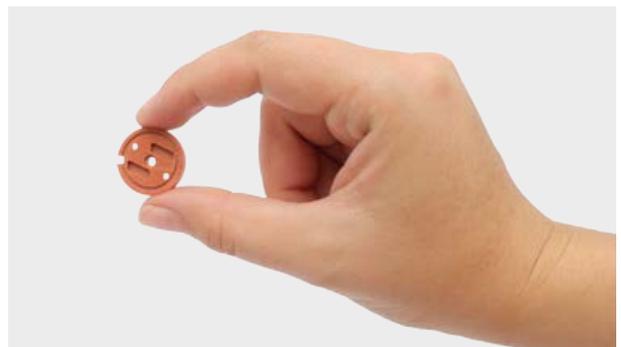


Feinstleiter strukturieren

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.

Blockmaterial fräsen

Die LPKF ProtoMaten mit steuerbarer z-Achse können nicht nur Leiterplattenmaterialien bearbeiten, sondern dünne Halterungen oder Formteile herstellen. LPKF hat zwei Blockmaterialien aus Kunststoff zertifiziert, die sich durch Festigkeit und geringes Gewicht auszeichnen und sich gleichzeitig besonders gut im Fräsprozess bearbeiten lassen.



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 S 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.

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, Landeflächen 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 Gehäuseteile 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 Landefläche 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 einzeln werden.

Vakuumtisch

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

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
Fax +86-22-2378-5398
sales@lpkf.cn
www.lpkf.cn

Deutschland

SE Spezial-Electronic AG
Telefon +49-5722-203-0
Fax +49-5722-203-77135
info@spezial.de
www.spezial.de

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
s.curran@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 SUMMIT Engineering Ltd.
Telefon +972-3-9008900
Fax +972-3-9008902
adip@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 45 03-5439-5906
Fax +81 45 03-5439-5908
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

Niederlande

PrintTec Tools for Electronics
Telefon +31-345-745911
Fax +31-345-745910
info@printtec.nl
www.printtec.nl

Österreich

elsinger electronic handel gmbh
Telefon +43-1-9794651-0
Fax +43-1-9794651-24
office@elsinger.at
www.elsinger.at

Pakistan

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

Peru

MBC Representations S.A.C.
Telefon +51-1-296-8889
mariaburgos@speedy.com.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
www.interbusiness.ro

Russland

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

SE Spezial-Electronic Moscow

Telefon +7-095-438-7343
Fax +7-499-737-5108
info@spezial.ru
www.spezial.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

Singapur

HAKKO Products Pte. Ltd
Telefon +65-67482277
Fax +65-67440033
sales@hakko.com.sg
www.hakko.com.sg

Slowenien

LPKF Laser & Electronics d.o.o.
Telefon +386-592088-00
Fax +386-592088-20
sales@lpkf.si
www.lpkf.si

Spanien

Laser Tecom Electrónica S.L.
Telefon +34-91-8475505
Fax +34-91-8475647
laser@lasertecom.com
www.lasertecom.com

Südafrika

Cadshop Pty. Ltd.
Telefon +27-823770052
Fax +27-866188782
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 R.O.C.

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

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
emin@tamara.com.tr
www.tamara.com.tr

Ukraine

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

Ungarn

Pannoncad Technical Informatics &
Technology Systems House Ltd.
Telefon +36-1-350-0214
Fax +36-1-350-0214
gaborb@pannoncad.hu
www.pannoncad.hu

USA

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

Vereinigte Arabische Emirate

Laser & Electronics Middle East LLC
Telefon +971 04 388-4800
Fax +971 04 388-4900
sales@laserandelectronics.com
www.laserandelectronics.com

Venezuela

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

Vietnam

TECAPRO Co.
Telefon +84-4-62637202
Fax +84-4-38458032
hoanganhtec@hn.vnn.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 AG 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

© 2016 LPKF Laser & Electronics AG, 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“, „LPKF Pro-Conduct“, „CircuitPro“, „ProMask“, „Allegro“ und „SolarQuipment“ sind registrierte Warenzeichen von LPKF Laser & Electronics AG.

LPKF Laser & Electronics AG
Osteriede 7
30827 Garbsen
Deutschland

Service

LPKF-Fräsb Bohrplotter 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 AG vertreibt Produkte und gewährleistet Support in über 50 Ländern. Ihren nächstgelegenen Partner finden Sie unter www.lpkf.com.

Weltweit (LPKF Hauptsitz)

LPKF Laser & Electronics AG 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

Hong Kong

LPKF Laser & Electronics (Hong Kong) Ltd.
Tel. +852-2545-4005 hongkong@lpkf.com www.lpkf.com

Japan

LPKF Laser & Electronics K.K. Japan
Tel. +81 (0) 3 5439 5906 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

