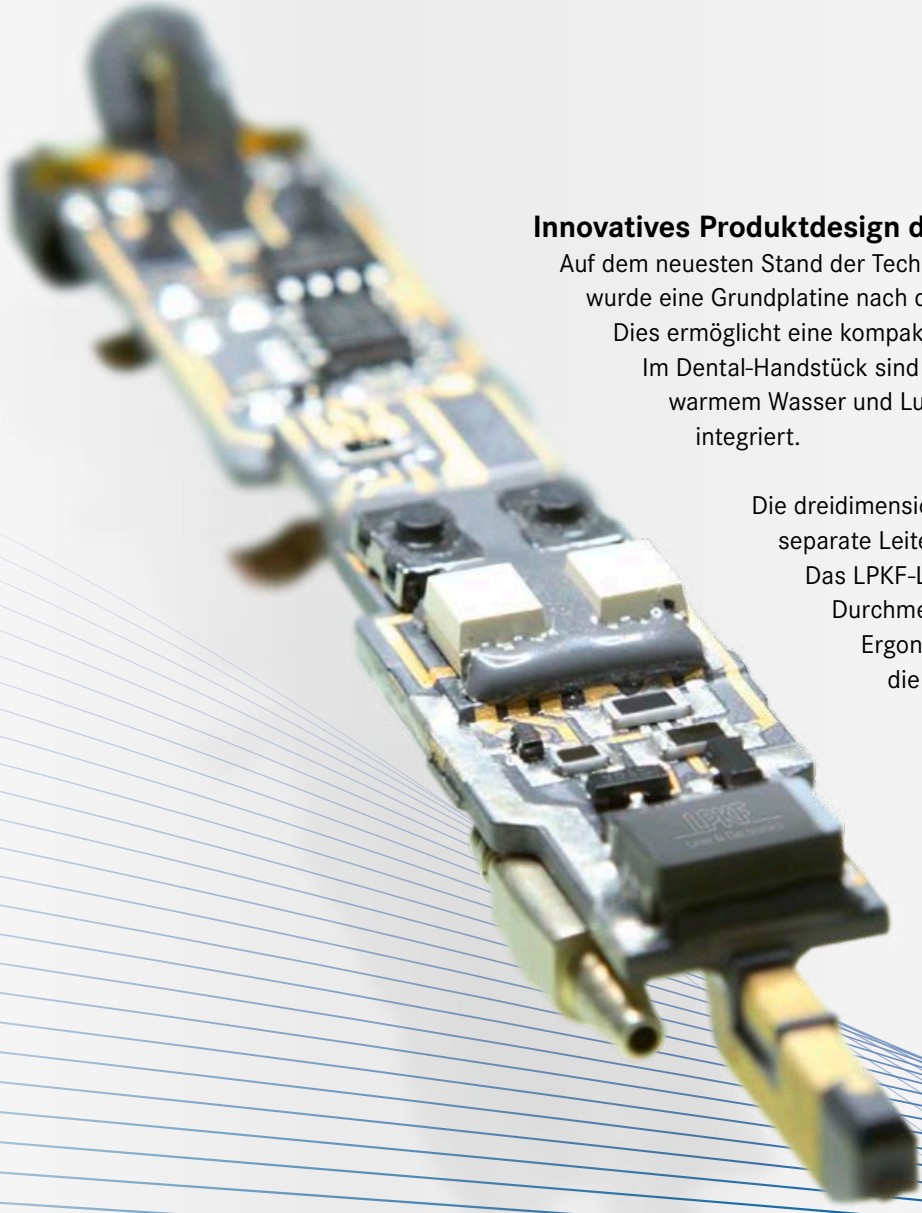


Dreidimensionale Schaltungen
LPKF-LDS: Laser-Direktstrukturierung
für 3D-Schaltungsträger





Innovatives Produktdesign durch MID-Technologie

Auf dem neuesten Stand der Technik: Für ein komplexes Dental-Werkzeug wurde eine Grundplatte nach dem LPKF-LDS-Verfahren entworfen.

Dies ermöglicht eine kompakte Bauweise und höhere Funktionsdichte.

Im Dental-Handstück sind die Steuerung für die Versorgung mit warmem Wasser und Luft sowie eine spezielle Beleuchtung integriert.

Die dreidimensionale Schaltung entsteht ohne Kabel oder separate Leiterplatten direkt auf dem Kunststoffträger.

Das LPKF-LDS-Verfahren verringert Gewicht und Durchmesser des Werkzeugs. Das verbessert die Ergonomie: Die Handhabung ist angenehm, die Belastung der Hände sinkt.

Bauteil für Dental-Handstück
(Hersteller: KaVo Dental GmbH)

Inhalt

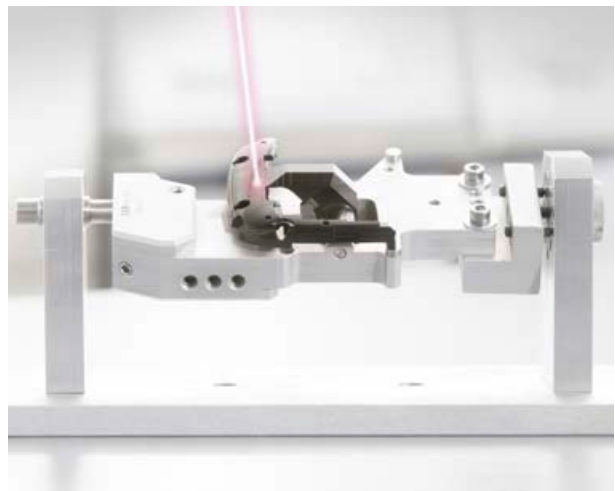
- 2** Höhere Funktionsdichte – neue Möglichkeiten
- 4** Flexible Lösung für dreidimensionale Schaltungen
- 6** Die Technologie von morgen in der Produktion von heute
- 8** Inspiration für neue Layouts
- 12** Von der Idee zum LDS-Prototypen
- 14** Die Vorteile im Blick

Höhere Funktionsdichte – neue Möglichkeiten

Seit 1997 beschäftigt sich LPKF mit dreidimensionalen Schaltungsträgern und hat ein lasergestütztes Verfahren zur Herstellung dreidimensionaler MIDs (Moulded Interconnect Devices) entwickelt: das LPKF-LDS-Verfahren. Durch die LPKF Laser-Direktstrukturierung lassen sich Schaltungslayouts auf komplexen, dreidimensionalen Bauteilen erzeugen.

Der Laserstrahl schreibt das Layout direkt auf die Oberfläche. Gewicht und Abmessungen des Bauteils können so deutlich reduziert werden. Entwickler profitieren von vollständiger 3D-Fähigkeit auf Freiformflächen und zusätzlichen Freiheiten bei der Änderung des Schaltungsdesigns. LPKF-LDS eröffnet neue Möglichkeiten.

Die Laser-Direktstrukturierung erfolgt unmittelbar nach dem Einkomponenten-Spritzguss: Ein Laserstrahl benötigt nur wenige Sekunden, um das Schaltungslayout direkt vom Computer auf das Spritzgussteil zu übertragen – ohne Werkzeuge oder Masken. Die anschließende Metallisierung und Bestückung führen zu qualitativ hochentwickelten Produkten.



Smartphone-Antenne, strukturiert mit dem LPKF Fusion3D 1100

Laserstrukturierte und metallisierte Fingerkuppen für eine empfindliche Roboterhand
(Hersteller: Citec, Universität Bielefeld)



Flexible Lösung für dreidimensionale Schaltungen

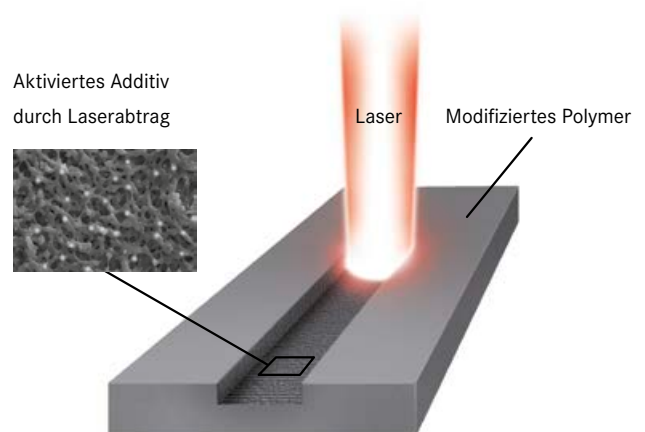
Einer der wesentlichen Vorteile bei der Bearbeitung von Werkstoffen mit dem Laser ist die Kombination aus klar definiertem Energieeintrag in den Werkstoff und hoher Verarbeitungsgeschwindigkeit.

Das Layout der Schaltung wird nicht durch die Geometrie eines speziellen Werkzeugs vorbestimmt.

Dies ermöglicht eine kürzere Entwicklungszeit und ein höheres Maß an Flexibilität.

Ein besseres Produkt zu niedrigeren Kosten

Zweikomponenten-Spritzguss und Heißprägen sind anerkannte Methoden bei der Fertigung von MIDs. Beide Verfahren sind beim Aufbringen von Leiterstrukturen auf einem Bauteil an produktspezifische Werkzeuge gebunden. So ist ein seriennahes Prototyping nahezu ausgeschlossen. Die zunehmende Miniaturisierung von Schaltungen auf MID-Bauteilen führt zu einem deutlichen Anstieg der Rüstzeit und der Kosten. Das LPKF-LDS-Verfahren vermeidet diese Probleme und steigert die Wirtschaftlichkeit im Prototyping und in der Serienfertigung.



Der LPKF-LDS-Prozess

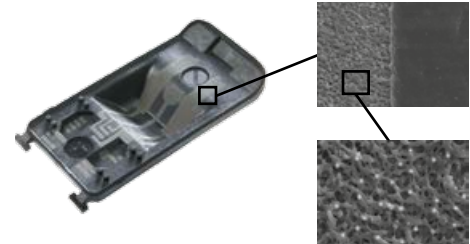
1. Spritzguss

Die laserstrukturierbaren Formteile werden im Einkomponenten-Spritzguss aus handelsüblichem, mit Additiven versehenem Kunststoff hergestellt. Im Vergleich zum Zweikomponenten-Spritzguss wird nur ein einfaches Werkzeug benötigt und das Gussverfahren verläuft schneller. Weitere Informationen über das große Portfolio an LPKF-LDS geeigneten Kunststoffen finden Sie auf Seite 14.



2. Laseraktivierung

Die Aktivierung des thermoplastischen Kunststoffmaterials erfolgt durch den Laserstrahl. Eine physikalisch-chemische Reaktion erzeugt metallische Keime – das ist der Aktivierungsprozess. Zusätzlich zur Aktivierung bildet der Laser eine mikrorauhe Oberfläche, auf der sich das Kupfer während der Metallisierung haftfest verankert.

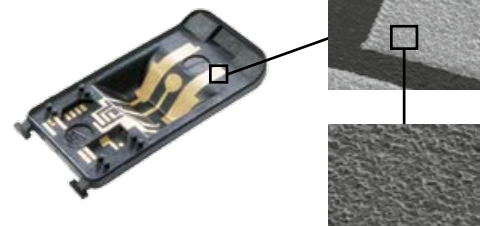


Oberfläche nach der Laserstrukturierung

3. Metallisierung

Die Metallisierung der LPKF-LDS-Bauteile beginnt mit einem Reinigungsschritt. Im Anschluss daran erfolgt ein additiver Leiterbahnaufbau in stromlosen Kupferbädern, typischerweise in einer Größenordnung von 8 bis 12 $\mu\text{m}/\text{h}$. Zum Schluss erfolgt in der Regel ein stromloser Auftrag von Nickel und einer dünnen Goldschicht.

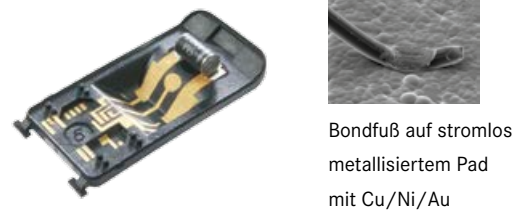
Auch anwendungsspezifische Beschichtungen wie z. B. Sn, Ag, Pd/Au, OSP etc. lassen sich in diesem Verfahren aufbringen.



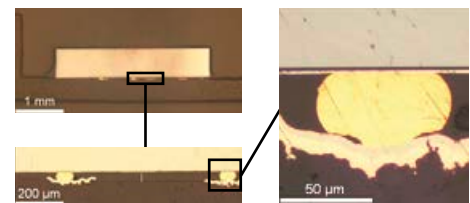
Oberfläche nach der Metallisierung

4. Bestückung

Viele laseraktivierbare Kunststoffe mit einer hohen Wärmebeständigkeit, wie LCP, PA 6/6T oder PBT/PET-Blend sind reflow-lötfähig und deshalb kompatibel zu Standard-SMT-Prozessen. Beim Lotpastenauftrag ist das Dispensieren der Standardprozess, wenn unterschiedliche Höhenniveaus erreicht werden müssen. Bereits jetzt gibt es eine Reihe Anbieter von technischen Lösungen für die dreidimensionale Bestückung.



Bondfuß auf stromlos metallisiertem Pad mit Cu/Ni/Au



Stud-Bonden auf stromlos beschichtetem Pad mit Cu/Ni/Au



Die Technologie von morgen in der Produktion von heute

Der zunehmende Einsatz von Elektronik ist für viele Branchen und Märkte eine Herausforderung. Die Industrie fordert Technologien, die Abmessungen und Gewicht von Bauteilen verringern. Gleichzeitig muss die Herstellung von Prototypen vereinfacht und die Zeit bis zur Markteinführung verkürzt werden. Das LPKF-LDS-Verfahren erfüllt genau diese Anforderungen.

LPKF-LDS im Automobilbau

Moderne Autos benötigen eine Vielzahl von Sensoren und elektronischen Assistenten, die den Komfort und die Sicherheit der Fahrzeugpassagiere erhöhen. Gleichzeitig sollen sich die Anzahl der verwendeten Komponenten und die Fertigungskosten deutlich verringern. Spritzgegossene Schaltungsträger (MIDs) in Kombination mit passender Verbindungs- und Montagetechnologie eignen sich hervorragend, um diese Ziele zu erreichen.

So können typische elektromechanische Funktionen wie Taster, Stecker und andere Verbindungselemente nebeneinander in einer Baugruppe integriert werden, die als Schaltungsträger dient.

Die Entscheidung für LPKF-LDS erweitert die Designoptionen, beschleunigt Änderung elektronischer Baugruppen und mündet in eine kostengünstigere Entwicklung und Fertigung.

Lenkradbedienelemente
(Hersteller: TRW Automotive
für BMW)



Telekommunikation – in Verbindung bleiben

Typenvielfalt, Design, Miniaturisierung und Kostenreduzierung kennzeichnen die Entwicklung bei tragbaren elektronischen Geräten. Endverbraucher erwarten in topaktuellen und kompakten Gehäusen immer mehr Funktionen.

Die LPKF-LDS-Technologie verfügt über ein großes Potenzial zur Miniaturisierung von Bauteilen. Gleichzeitig bietet sie eine hohe Flexibilität, wenn es um Veränderung und Verbesserung von Funktionalität geht – insbesondere, wenn Features für mehrere Produkte variabel angepasst werden sollen. Dies haben mit LPKF-LDS-Technologie gefertigte Antennen in Mobiltelefonen und Laptops millionenfach unter Beweis gestellt.



Für eine neue Generation medizinischer Hilfsmittel

Geringere Abmessungen, mehr Funktionen – diese Marktanforderungen gelten für viele medizinische Geräte. Neue Fähigkeiten und Technologien treiben diesen Trend voran: Durch die rasante Entwicklung in der Software- und Chiptechnologie eröffnen sich ständig neue Diagnoseverfahren. Kleine Diagnosegeräte helfen, das Leben von Millionen Patienten zu verbessern. Sie können kleine Diagnose- und Überwachungsgeräte für die Arzneimittelanwendung mitführen, wie zum Beispiel Blutzuckermessgeräte.

In Verbindung mit verbreiteter kabelloser Kommunikations-Technologie ließen sich Arztbesuche auf ein Minimum beschränken. Diese Entwicklung verlangt eine neue, höhere Stufe einer intelligenten Funktionsverdichtung. Das laserbasierte LPKF-LDS-Verfahren erfüllt mit seiner Präzision und hohen Zuverlässigkeit genau diese Anforderungen.

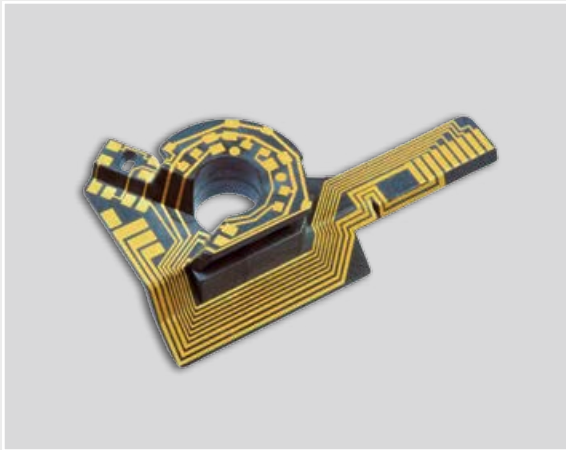


Die MID-Technologie macht medizinische Geräte noch komfortabler. Eine klassische LPKF-LDS-Anwendung: Hörgeräte leicht und kompakt (Hersteller: Siemens Audiologische Technik GmbH)

Inspiration für neue Layouts

Allgemeine Elektronik, Medizintechnik, Automobil, Telekommunikation, Consumerprodukte – LDS-Bauteile finden sich in vielen Geräten und Systemen aus ganz verschiedenen Anwendungsbereichen und lösen dabei eine ganze Reihe anspruchsvoller Aufgaben.

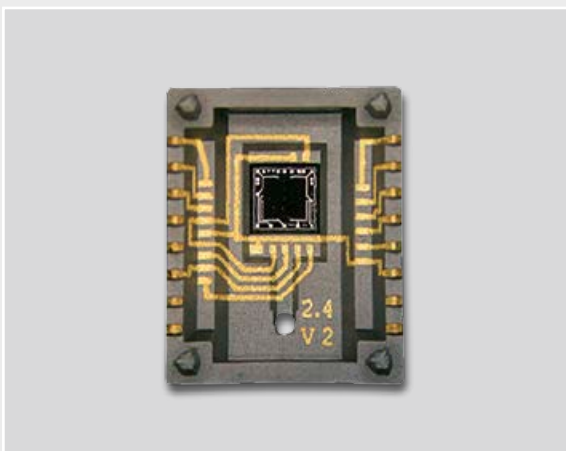
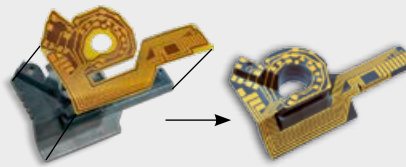
Was überzeugt besser als Projekte, die Andere schon erfolgreich umgesetzt haben? Im Folgenden repräsentieren einige Applikationen die jeweilige technische Herausforderung. Sie zeigen, wie die theoretischen Ansätze zu realen Bauteilen geworden sind – und stehen für das Potenzial, das die LDS-Technologie in ganz unterschiedlichen Märkten entwickeln kann.



Verbindung von Flexschaltung und Kunststoffkomponente zu einem Bauteil (Hersteller: Harting AG)

Flex-Schaltungen ersetzen

Wenn der verfügbare Bauraum begrenzt ist, vermeidet LPKF-LDS Probleme, die bei Flex-Schaltungen auftreten, wie z. B. die komplexe Handhabung oder begrenzte Biegeradien.

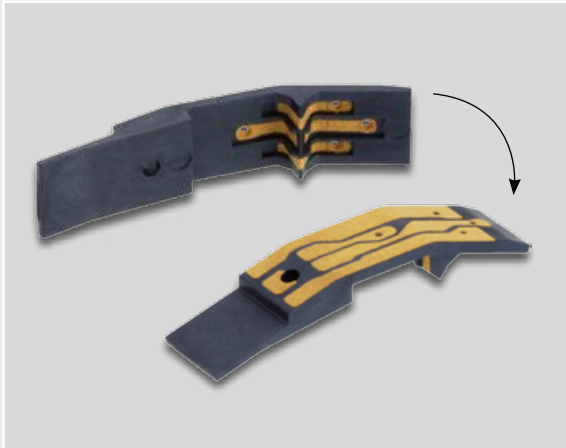


Drucksensor für Industrieanwendungen. Der ASIC ist integriert, mechanische Verbindungen sind Teil des Gehäuses (Hersteller: Harting AG)

Chipträger ersetzen

Änderungen des Schaltungslayouts können einfach durch eine Änderung des Laserprogramms umgesetzt werden. Dadurch erschließt die LPKF-LDS-Technologie zusätzliche Plattformstrategien für Sensorgehäuse. Mit passenden Chipsätzen und Schaltungslayouts entstehen unterschiedliche Produkte auf Basis eines gemeinsamen Spritzgussbauteils.

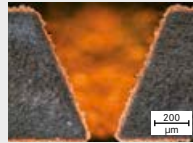
Das LPKF-LDS-Verfahren erlaubt die Bestückung mit ungehausten Chips, zum Beispiel durch Drahtbonden oder die Flip-Chip-Technologie. Das Verfahren schafft die für eine sichere Ankontaktierung erforderlichen glatten Metalloberflächen.



Bauteil für Hörgeräte (Hersteller: Siemens Audiologische Technik GmbH, Harting AG), Bilder rechts: HSG-IMAT

Durchgangskontaktierungen

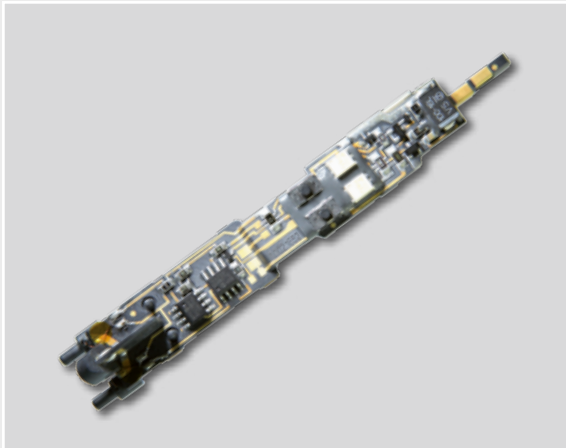
Mit der LPKF-LDS-Technologie lassen sich zuverlässige Durchkontaktierungen herstellen, um die Oberflächen von MIDs zu verbinden. Dies erweitert die Möglichkeiten des Layouts. So angewendet dient ein 3D-Schaltungsträger als Halterung für Mikrofone in Hörgeräten nach dem neuesten Stand der Technik.



LDS-Durchkontaktierung
(Winkel = 70°)



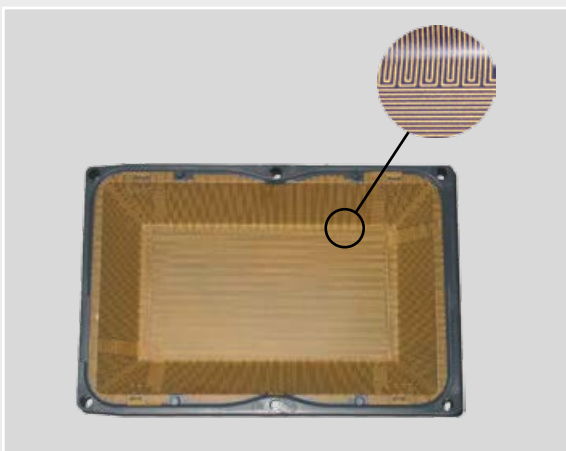
Durchmesser = 240 µm



Dental-Handstück (Hersteller: KaVo Dental GmbH)

Kompatibel mit SMT

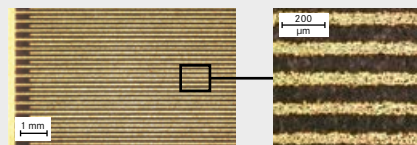
Mit LPKF-LDS hergestellte Produkte sind vollständig SMT-fähig. Bauteile auf ebenen Flächen gleichen Niveaus lassen sich mit automatischer Bestückung montieren. Auch für die Bestückung räumlicher Baugruppen sind mittlerweile Seriensysteme am Markt verfügbar.



Sicherheitsgehäuse (Hersteller: Harting AG)

Feine und feinste Strukturen

LPKF-LDS realisiert extrem geringe Leiterbahnabstände. Leiterbahnbreiten von 150 µm und Zwischenräume von 200 µm haben sich in der Praxis als Standard bewährt. Aber auch deutlich schmalere Leiterbahnen und Zwischenräume wurden bereits in der Serienproduktion umgesetzt.



Sensorstruktur auf LCP Vectra E820i-LDS,
Linien und Abstände: 75 µm/75 µm (Quelle: HSG-IMAT)



Lenkradbedienelemente (Hersteller: TRW Automotive für BMW)

Zuverlässige Ankontaktierung

LDS-Bauteile statt Kabelbäume – mit LDS-Komponenten können zusätzliche Verkabelungen entfallen. Neben den Kosten der Verkabelung reduziert sich auch der Montageaufwand. Werden elektronische Bauteile direkt auf LDS-Bauteile aufgelötet oder per Leitkleben befestigt, entfallen oft auch zusätzliche Leiterplatten.



Nach kurzer chemischer Metallisierung entsteht durch klassische Galvanisierung eine glatte, bis zu 35 µm dicke Kupferschicht

Galvanische Nachverstärkung

Neue Entwicklungen für neue Märkte: Mit der galvanischen Nachverstärkung entstehen Baugruppen, die auch hohen mechanischen und thermischen Belastungen standhalten oder sich durch ihre glatte Metalloberfläche gut zum Bonden eignen.



Das LDS-Gehäuse verbindet Sensor und Auswerteelektronik

Sensortechnologie

Bei Chip-Stacking kann ein LDS-Gehäuse die erforderliche Ankontaktierung zwischen den beteiligten Bauteilen übernehmen. Mit dem geringen Pitch und der Option, auch die Außenseite des Gehäuses für Leiterbahnen zu nutzen, ergibt sich eine hohe Packungsdichte.



Clip N'Slide LED light (Hersteller: HomeLights/Molex)

LED-Clip-System

Ankontaktierung, Befestigung und Wärmeleitung in einem Bauteil. Auf einem scheibenförmigen Grundträger werden die Funktionskomponenten angeordnet: Zwei Magnete halten die Bauteilkörper, eine Metallschicht am Boden dient der Entwärmung und LDS-Leiterbahnen versorgen die High-Power-LED mit elektrischer Energie.



LEDs auf Metallkörpern: Eine überzeugende Antwort auf thermische Probleme im LED-Bereich

LED-Retrofit

Leiterbahnen auf Metallkörpern? Eine Beschichtung mit dem LDS PowderCoating schafft eine strukturierbare Oberfläche. So lassen sich die Layoutoptionen der LDS-Technologie mit den Eigenschaften metallischer Materialien kombinieren – eine hervorragende Kombination für anspruchsvolle LED-Beleuchtungen.

Von der Idee zum LDS-Prototypen

Mit der neuen LDS-Prototyping-Lösung von LPKF lassen sich schnell und wirtschaftlich 3D-Prototypen per Laser-Direktstrukturierung herstellen. Mit der kompletten Prototyping-Reihe schließt LPKF die Lücke zwischen Entwurf und Serienproduktion.

Das Prototyping beginnt mit einem 3D-Druck des Schaltungsträgers aus den Layoutdaten im eigenen Haus oder bei einem Dienstleister. Das Druckverfahren spielt eine entscheidende Rolle: Mit glatten Flächen gelingen gute LDS-Ergebnisse.

Der gedruckte Grundkörper wird mit dem LPKF ProtoPaint LDS-Lack überzogen, der LDS-Additive enthält. LPKF ProtoPaint LDS wird in einer speziellen Sprühdose geliefert und vor der ersten Lackierung aktiviert. Dann reicht meist eine einmalige, gründliche Lackierung für eine gute Beschichtung aus. Der Lack wird für ca. drei Stunden bei 70 °C im Ofen getrocknet – dann steht ein LDS-fähiges Grundbauteil zur Verfügung.

Für die Laserstrukturierung steht der LPKF ProtoLaser 3D zur Verfügung. Das kompakte Lasersystem nutzt die erprobte ProtoLaser-Plattform und kann auf Rollen einfach durch jede Labortür geschoben werden. Der LPKF ProtoLaser 3D verfügt über einen höhenverstellbaren Bearbeitungstisch, um Bauteile unterschiedlicher Abmessungen zu strukturieren. Der Arbeitsbereich umfasst 300 x 300 x 50 mm, das Scanfeld 100 x 100 x 25 mm. Durch einen Pilotlaser und ein ausgefeiltes Vision-System lassen sich Strukturen in unterschiedlichen Bauteillagen nahtlos aneinander fügen.



- Seriennahe LDS-Prototypen
- Günstiger Technologieeinstieg
- Wirtschaftlich, schnell, einfach
- Keine chemischen Kenntnisse erforderlich

LPKF ProtoPlate LDS dient der stromlosen Metallisierung strukturierter LDS-Komponenten. Es besteht aus einem Schutzgehäuse zur Prozessführung und einer fertig zusammengestellten Kombination der Badchemikalien als Verbrauchskomponente. Der Metallisierungsprozess setzt keine Chemiekennnisse voraus: Die Badlösung aus einem Kanister in das Becherglas des ProtoPlate-Systems geben, sie auf ca. 42 °C erhitzen und den Aktivator hinzugeben.

Dann werden die Bauteile in die Badlösung gehängt. LPKF ProtoPlate LDS erzeugt Kupferschichten im praxisrelevanten Bereich zwischen 3 µm und 10 µm. Der ursprüngliche Kanister der Badlösung nimmt die verbrauchte Metallisierungsflüssigkeit auf und wird mit einem mitgelieferten Aufkleber zur Entsorgung vorbereitet. Von der Idee bis zum 3D-Prototypen in nur einem Tag!

Der LDS-Prototyping-Prozess auf einen Blick



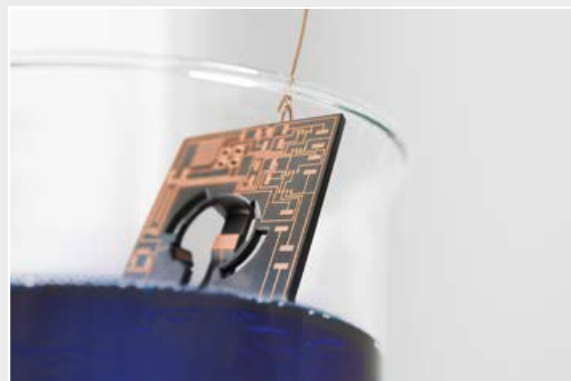
1. Dreidimensionalen Grundkörper erstellen



2. Lackieren des Grundkörpers mit LPKF ProtoPaint LDS



3. Strukturieren der Leiterbahnen mit dem LPKF ProtoLaser 3D



4. Metallisieren mit LPKF ProtoPlate LDS

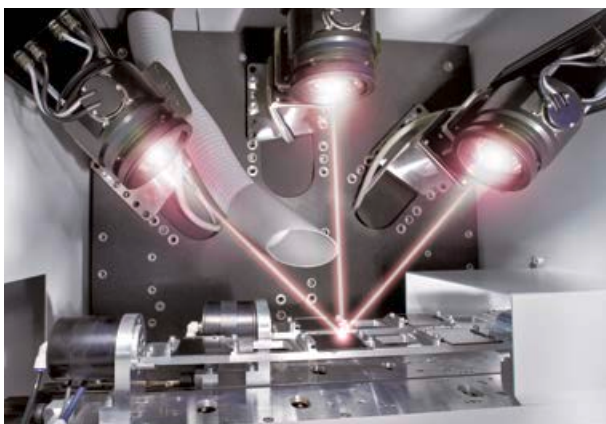
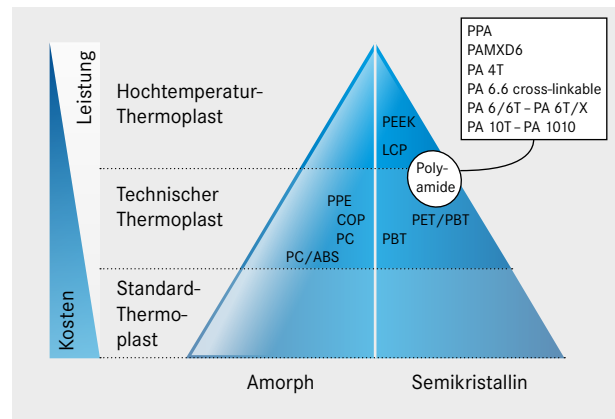
Die Vorteile im Blick

Damit sich die Vorteile der LPKF-LDS-Technologie noch einfacher umsetzen lassen, stellt LPKF erprobte und geprüfte Lösungen für alle Prozessschritte, umfangreiche praktische Erfahrung mit unterschiedlichen Applikationen und qualifizierten Support zur Verfügung.

Große Materialauswahl

Jedes Herstellungsverfahren benötigt angepasste Werkstoffe. Zu beachten sind die zentralen Materialeigenschaften wie Verarbeitungstemperatur, Wärmeformbeständigkeit, mechanische und elektrische Eigenschaften sowie Fließfähigkeit und natürlich die Kosten. Fast alle namhaften Hersteller bieten LDS-dotierte Varianten an. Das garantiert die Verfügbarkeit von Laser aktivierbaren Serienwerkstoffen für fast jede denkbare Anwendung.

Die Grafik zeigt die am häufigsten verwendeten Klassen von LPKF-LDS-Kunststoffen, ohne Anspruch auf Vollständigkeit.



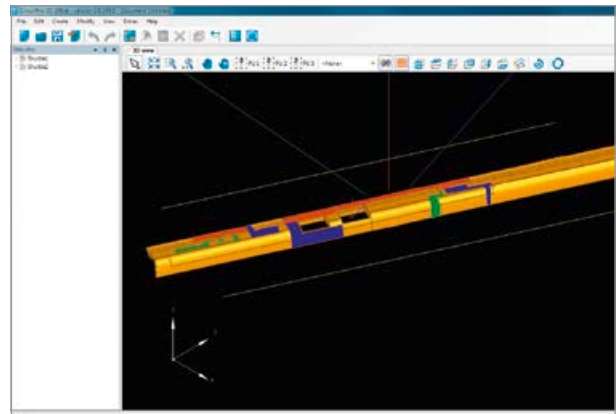
3D-Technologie als Maßstab

Die LPKF Fusion3D-Plattform ist ein speziell für die Strukturierung von dreidimensionalen Schaltungsträgern entwickeltes Lasersystem.

Das LPKF-LDS-Verfahren ist extrem schnell – praktisch unabhängig davon, wie kompliziert das Schaltungslayout ist: Der Laserstrahl strukturiert berührungslos über Freiformflächen. Die Leistungsfähigkeit des Geräts gewährleistet reproduzierbare Ergebnisse und eine effiziente Fertigung.

Strahlenvernetzt und farbig

Moderne Kunststoffe machen die LDS-Technologie noch attraktiver. Farbige Kunststoffe, solche mit speziellen Eigenschaften und jetzt auch strahlenvernetzbare Materialien, die sich Reflow löten lassen. Die wachsende Materialpalette öffnet Produktentwicklern neue Möglichkeiten.



Designregeln im Überblick

Ein prozessoptimiertes Design der Schaltungsträger ist entscheidend, um die Vorteile der LPKF-LDS-Technologie optimal zu nutzen. Wenige einfache Regeln gewährleisten eine hohe Qualität bei der MID-Fertigung.

Leiterbahnen und Abstände

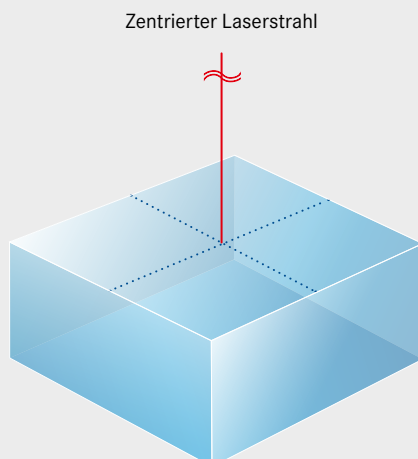
Eine der wichtigen Eigenschaften von dreidimensionalen Schaltungsträgern ist die effiziente Nutzung der verfügbaren Fläche. Leiterbahnbreiten von $\geq 150 \mu\text{m}$ und Leiterbahnabstände von $\geq 200 \mu\text{m}$ haben sich in der Praxis bewährt. Je nach Anwendung lassen sich auch schmalere Leiterbahnen und Abstände erzielen.

Größe des Werkstücks

Der Bereich, in dem das Bauteil bearbeitet werden kann, ist durch den Scanbereich des Lasers begrenzt. Der Scanbereich des LPKF Fusion3D-Lasersystems ist ein Quader mit einer Kantenlänge von 160 mm und einer Höhe von 80 mm. Innerhalb dieser Geometrien können Werkstücke ohne Drehung oder Verschiebung bearbeitet werden.

Einfallswinkel

Die Aktivierung des Polymers erfolgt durch einen Laser. Für eine sichere Aktivierung ist der Einfallswinkel des Lasers auf die zu strukturierende Fläche zu beachten. Der Einfallswinkel ist der Winkel zwischen der Senkrechten der zu aktivierenden Fläche und dem Laserstrahl. Einfallswinkel, die 70 Grad übersteigen, werden durch Rotation des Bauteils beim Bearbeitungsvorgang verringert. So lassen sich auch Schaltungslayout auf Flächen erstellen, die durch Winkel von 90 Grad getrennt sind.



Wandungen und Auswurfstifte

Leiterbahnen sollten so konzipiert werden, dass sie die Wandungen nicht direkt berühren. Bei Wandungen mit einem Winkel von 45 Grad empfiehlt sich ein Abstand $\geq 150 \mu\text{m}$, bei steileren Wandungen mit Winkeln bis 70 Grad sind Abstände $\geq 250 \mu\text{m}$ sinnvoll. Bei der Planung ist ein ausreichender Abstand zwischen Leiterbahnen und Auswurfstiften zu berücksichtigen.

Optimale Durchlaufzeiten

Je geringer die Durchlaufzeit für die Bauteile, desto höher fallen die Kostenvorteile des LPKF-LDS-Verfahrens aus. Die Durchlaufzeit setzt sich aus Handlingzeit und der Zeit für die Strukturierung zusammen. Die Dauer der Strukturierung ist proportional zur Fläche des Schaltungslayouts. Die Bearbeitungszeit wird hauptsächlich durch die Anzahl der Positionen bestimmt, in die das Bauteil gebracht werden muss. Eine Minimierung der Anzahl der Positionen und der Layoutfläche bereits beim Bauteildesign sorgt für optimale Durchlaufzeiten.

Durchkontaktierungen

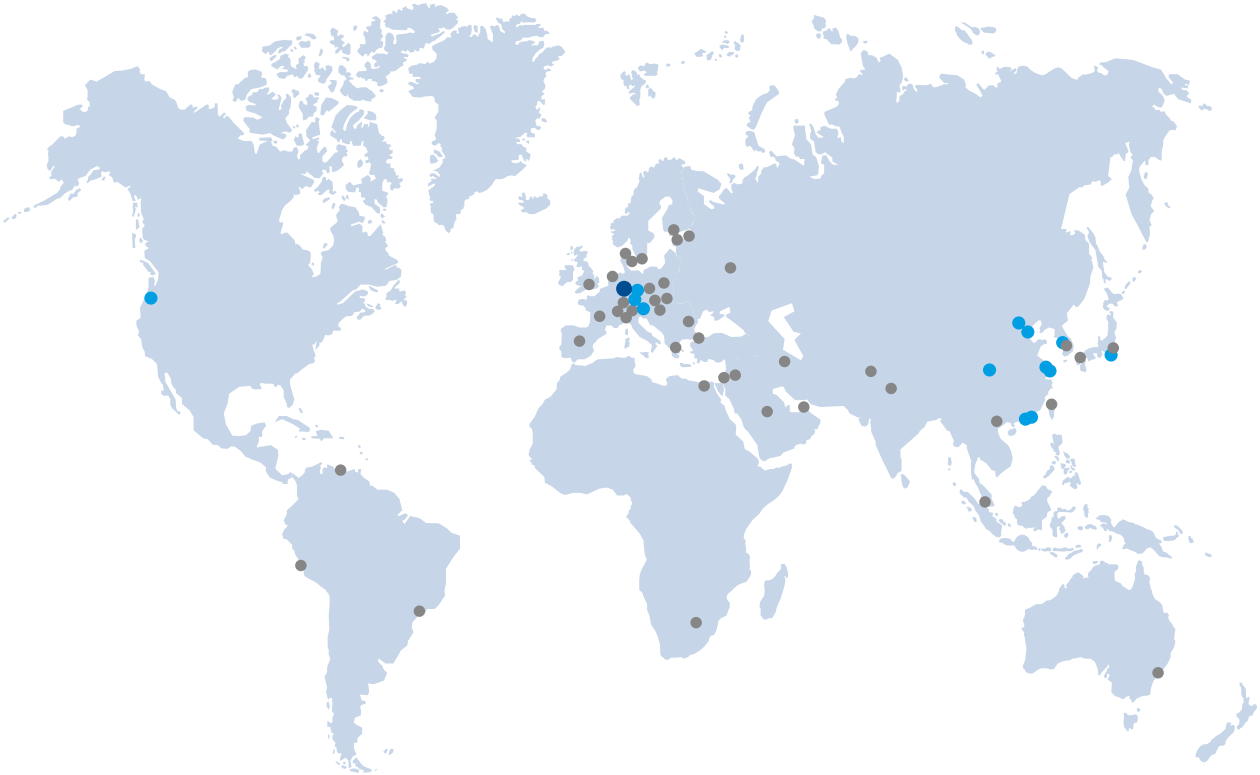
Um mit dem Laser die Innenwände von Bohrungen für die Metallisierung zu bearbeiten, müssen die Durchkontaktierungen auf einer oder beiden Seiten konisch sein. Bei größeren Wanddicken sind ausreichende Innendurchmesser der Bohrungen erforderlich, damit der Laserstrahl alle Flächen erreicht. Das Verhältnis für eine einseitig konische Ausführung beträgt 1:1; für eine beidseitig konische Ausführung 2:1.

Halterungen und Verbindungsnahte

Die dreidimensionalen Bauteile müssen während der Laserstrukturierung und der Bestückung fixiert werden. Die benötigten Halterungen dürfen keine Beschädigung an empfindlichen Teilen wie z. B. den Leiterbahnen, Kontaktpads oder Flächen für Bauteile verursachen. Leiterbahnen sollten nicht über die Bindenahte des Kunststoffbauteils geführt werden.

Weltweiter Support

Die Anwender von LPKF-LDS können sich an Kundenzentren in ihrer Nähe in Europa, den USA und Asien wenden. Experten des Anwenderzentrums in Deutschland bieten Unterstützung durch praktische und sachkundige Ratschläge, auch bei der Herstellung von Prototypen.



Das weltweite LPKF Vertriebs- und Servicenetzwerk:

- Hauptquartier
- Niederlassungen
- Vertretungen

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@lpkf.cn www.lpkf.cn

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) 45 650 1622 info.japan@lpkf.com www.lpkf.com

Südkorea

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

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

