



Laserbearbeitung von integrierten Schaltkreisen auf Keramikträgern

EIN GRAVURVERFAHREN MIT LASERTECHNIK ERMÖGLICHT DIE FLEXIBLE HERSTELLUNG INNOVATIVER SCHALTKREISE

Aufgrund ihrer dimensionalen Stabilität werden Keramiken oft als Basis für Schaltungen in der Mikroelektronik benutzt. Durch die Bearbeitung mit Lasern können Leiterbahnen auf verschiedenen Flächen eines Trägers äußerst präzise realisiert werden, auch sind 3D-Strukturen für mikroelektronische Anwendungen möglich.

**DAMIEN LAGRANGE
PASCAL MÉTAYER**

Keramiksaltungen können wie typische integrierte Schaltkreise (ICs) hergestellt werden. Hier wird die Keramik erst metallisiert, anschließend mit einer Photolackschicht überdeckt und durch Photolithografie gemäß dem gewünschten elektrischen Schema behandelt. Die überschüssigen Metallflächen werden durch Eintauchen in einem chemischen Bad aufgelöst, um die Leiterbahnen freizulegen. Diese Technik bietet eine sehr hohe räumliche Auflösung, und die kollektive Behandlung großer Stückzahlen ermöglicht die notwendige Reduzierung der Stückkosten.

Diese Technik ist jedoch primär für die Herstellung planarer Schaltkreise geeignet und benötigt zusätzlich ein ausreichendes Produktionsvolumen um die Kosten der teuren Photolithografiemasken amortisieren zu können.

Nichtsdestotrotz gibt es eine flexible Alternative, die sich besonders gut zum Beispiel für *Rapid Prototyping* Anwendungen und vor allem für die Herstellung

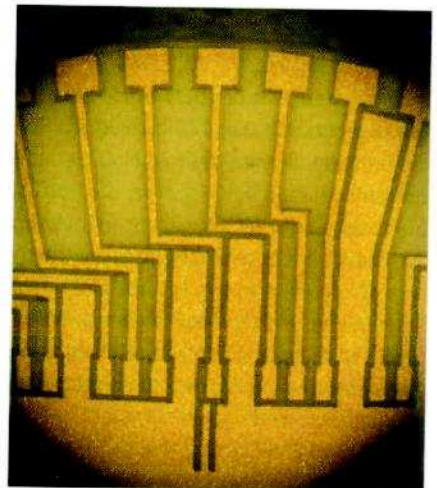
KONTAKT

MICROCERTEC SAS
77615 Collégien, Frankreich
Tel. +33 (0)1 60 06 66 73
Fax +33 (0)1 60 05 32 5
www.microcertec.com

von 3D-Schaltungen eignet – die direkte Gravur ohne Photomaske mit einem Laserstrahl. Das überschüssige Metall wird einfach durch ein Ablations- beziehungsweise Gravurverfahren entfernt.

Leistung der Festkörperlaser

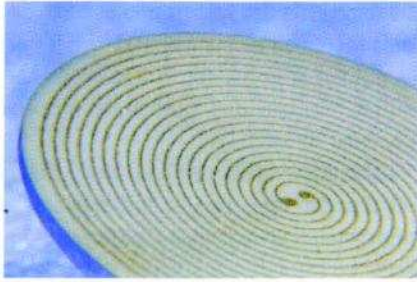
Aufgrund der geeigneten Eigenschaften werden Festkörperlaser sehr oft in der Mikrobearbeitung angewandt. Die hohe Strahlqualität (Stichwort: TEM₀₀) ergibt den kleinstmöglichen Brennpunkt und unterstützt dadurch ein präzises Arbeiten. Zusammen mit einer hohen Wiederholrate und ausreichend kurzen Pulsen (im kHz-beziehungsweise Nanosekundenbereich) kann der Laserstrahl den benötigten Ablationsprozess auslösen. Darüber hin-



1 Detail einer Lasergravur auf einem Leiterbahnträger aus Aluminiumoxid

aus öffnet die kurze Pulsdauer den Weg zu einer Frequenzvervielfachung bis in den UV-Bereich. Das UV-Licht ist für viele Anwendungen in der Mikro- und Nanotechnologie die bessere Wahl, da die Bearbeitung eher der eines Kaltverfahrens entspricht und deshalb bessere Prozessergebnisse erzeugt.

Mit modernen Systemen können Bearbeitungsgeschwindigkeiten bis zu mehre-



2 Spirale auf einer Platte aus Aluminiumoxid

ren Metern pro Sekunde erreicht werden. Dafür muss der Strahl über die Arbeitsoberfläche mit einem Scannersystem, bestehend aus Fokussieroptik und Spiegel-Galvanometern, bewegt werden. Die geringe Trägheit des Spiegels ermöglicht die Positionierung des Strahls innerhalb einiger Mikrosekunden, und zwar mit einer Präzision auf der Arbeitsoberfläche von einigen Mikrometern.

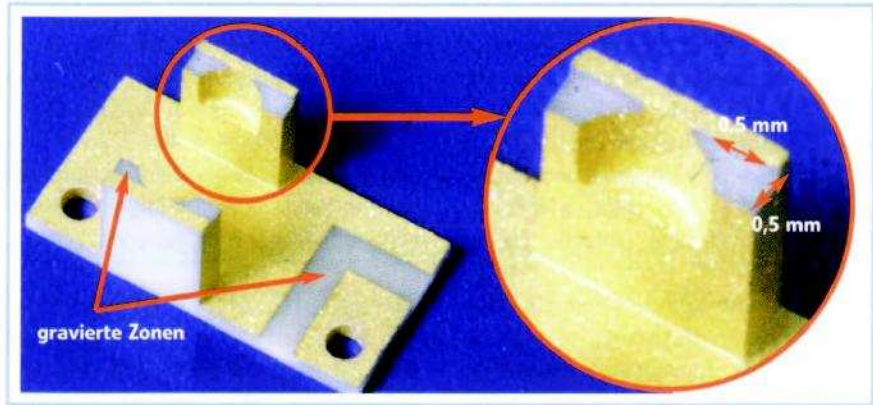
Typischerweise sind winzige Motive möglich. Bild 1 zeigt elektrische Leiterbahnen mit einer Breite von $100\ \mu\text{m}$ – um solche voneinander zu isolieren reicht ein Abstand von $100\ \mu\text{m}$. Bei diesem Verfahren beträgt die laterale Auflösung einige Mikrometer. Um die in Bild 1 dargestellte Struktur zu erzeugen (über einem Durchmesser von etwa $30\ \text{mm}$) sind zirka 15 Minuten nötig.

Zurzeit werden Laser mit $60\ \text{W}$ Ausgangsleistung verwendet, mit denen Dünnschichten mit bis zu $5\ \mu\text{m}$ Dicke problemlos graviert werden können. Für Anwendungen, bei denen eine dickere Schicht Metall nötig ist, leistet ein nachträgliches elektrolytisches Auftragen Hilfe.

Gravierungsflexibilität

Das Gravurverfahren erzeugt die Leiterbahnen direkt auf dem Substrat. Dabei können komplexe Motive sehr schnell graviert und die benötigten Laufbahnen des Strahls unbegrenzt programmiert werden. Leiterbahnen wie die in Bild 2 abgebildeten können alleine durch eine passende Programmierung realisiert werden.

Die einzigen notwendigen Werkzeuge sind nur die, die für die Handhabung der Werkstücke wichtig sind. Kosten und Vorlaufzeiten für die unterschiedlichsten Anwendungen werden reduziert, auch weil die teuren Photomasken nicht mehr gebraucht werden. So eignet sich dieses Verfahren auch optimal für *Rapid Prototyping* Anwendungen.



3 Foto von einem Werkstück mit isolierenden Zonen auf zwei Höhen

Dieses Verfahren ist auch äußerst flexibel und ermöglicht eine Arbeitsweise, die durch Photolithografie-Methoden nicht erreichbar ist. Wie in Bild 3 dargestellt, können zwei metallisierte Flächen auf verschiedenen Ebenen durch einfache Verschiebung der Brennweite problemlos bearbeitet werden.

Jedoch sind gute Kenntnisse über die zu gravierenden Metalle und Substrate nötig, um eine Dünnschicht erfolgreich

gravieren zu können, ohne dass der Träger beschädigt wird. Dabei muss der thermische Einfluss auf ein Minimum reduziert werden, auch zum Beispiel bei der Gestaltung von effizienten und unschädlichen Reinigungsverfahren.

Kontinuität der Motive

Die Lasergravur ist eine zuverlässige Technik für die Erstellung von Schaltungs- ▶



Präzisionsoptik & Feinmechanik Von der Idee bis zur Serie

Als Zulieferbetrieb bieten wir unseren Kunden:

- Beratung
- Entwicklung inklusive Optikdesign
- Konstruktion
- Herstellung
 - Optischer Komponenten
 - Mechanischer Komponenten
 - Montage

Spectros AG
Lohweg 25
CH-4107 Ettingen
Schweiz

Telefon + 41 61 721 12 12
Telefax + 41 61 721 15 66
Homepage www.spectros.ch
E-Mail info@spectros.ch



► motiven, die auf mehreren, nacheinander folgenden Flächen eines einzelnen Trägers durchgeführt werden muss. Das klassische Beispiel ist die Verwirklichung einer Leiterbahn, die ohne Unterbrechung über mehreren Oberflächen und Kanten abläuft. **Bild 4** links zeigt, wie Leiterbahnen zwei parallel laufende Ebenen verbinden können, rechts ist eine kontinuierliche Leiterbahn rings um ein Zylinder zu sehen.

Um solche Ergebnisse realisieren zu können, müssen zwei kritische Handhabungsschemata implementiert werden. Das erste besteht darin, das Objekt exakt zu positionieren und die Gravierungen der verschiedenen Flächen mit der erforderlichen Genauigkeit aneinanderzureihen, um die Fortsetzung der Leiterbahnen zu sichern. Hierfür wird das Objekt mit einem präzisen, mehrachsigen, programmierbaren Positionierungssystem dirigiert, mit dem einzelne oder mehrere Objekte gleichzeitig behandelt werden können. Die ursprüngliche Lage eines Objekts wird anfangs mit einer Videomikroskop-Optik bestimmt.

Das zweite Handlungsschema besteht darin, mit äußerster Genauigkeit die Laufbahn des Strahls zu programmieren. Hierfür ist das Vorgehen bei würfel- und

kugelförmigen Objekten unterschiedlich. Ein Würfel besteht aus mehreren Oberflächen bestimmter Höhe, während eine Kugel in eine Reihe von verschiedenen Ebenen zerlegt werden muss. Wer hierfür eine passende Lösung gefunden hat, ist dann in der Lage eine erfolgreiche Bearbeitung jeglicher Form zu verwirklichen.

3D-Schaltkreise – CI3D

Die Lasergravur eröffnet dem Entwicklungingenieur viele neue Arbeitsweisen, die es ihm erlauben, neue Produkte und Schaltkreise zu entwerfen, die durch chemisches Ätzen gar nicht machbar sind. **Bild 5** zeigt die Realisierung eines keramischen Trägers, bei dem die Leiterbahnen mehrere Flächen miteinander verbinden. Dadurch entsteht ein Schaltkreis in 3D-Form, zum Beispiel für die Integration von mikroelektronischen Komponenten. Wir nennen dieses Konzept den dreidimensionalen Schaltungsträger oder (auf Französisch abgekürzt) CI3D.

Solche Produkte entstehen aus einer Kombination zweier Technologien – der präzisen Bearbeitung von Keramiken und der Laserablation von Dünnschichten. Kundenspezifische Anforderungen an

die Geometrie des Trägers und den Schaltkreis führen zu einem maßgeschneiderten Produkt, das vor allem in den Bereichen Militär, Medizin und Optoelektronik Anwendung findet.

Der Anwender verfügt über einen Schaltungsträger, den er mit mikroelektronischen Gegenständen (Sensoren, Chip, Rechner, LED usw.) bestücken kann, die er gemäß seinem eigenen Verbindungsschema fixiert. Der Nutzen solcher Träger besteht darin, spezifische mechanische oder elektrische Funktionen auf einem einzigen Träger zu vereinen, oder elektronische Bauteile in Miniaturform zu erstellen.

Dieses Konzept bietet darüber hinaus die Möglichkeit mikroelektronische Komponenten räumlich anzuordnen, und es stellt eine einfache Lösung für den Ersatz von Hybrid-Komponenten dar. Es kann auch für die Serienproduktion von Stückzahlen bis zu mehreren Tausend pro Monat angewandt werden.

Fazit:

Ein vielseitiges Verfahren

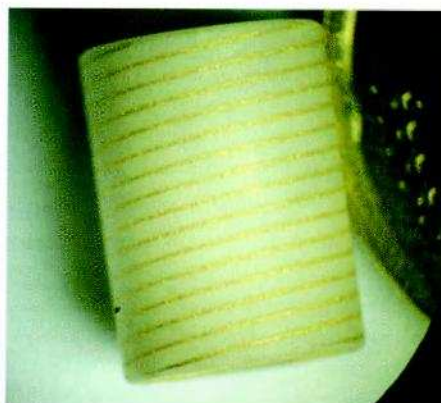
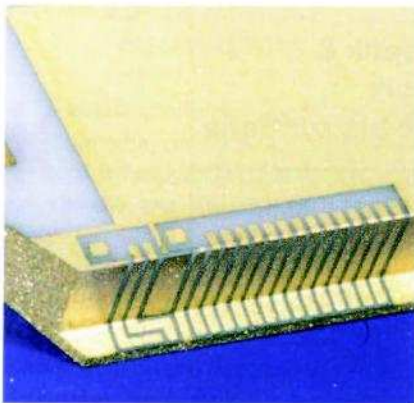
Keramikträger bieten eine robuste Form sowie eine hohe elektrische Isolierung. Die Gravierung komplexer und unterschiedlicher Schaltungsmotive an den verschiedenen Flächen lässt sich auf eine reine Programmierleistung reduzieren und verlangt nicht nach teuren Photomasken. Die Entwicklungen im Bereich der industriellen Lasertechnologie, wie zum Beispiel bei den Hochleistungs-Pumpdioden mit langer Lebensdauer und bei den faserbasierten Resonatoren, haben dazu geführt, dass noch leistungsfähigere Laser verfügbar sind. Diese neuen Laser können die Qualität, Präzision und Leistung des Prozesses noch weiter verbessern.

AUTOREN

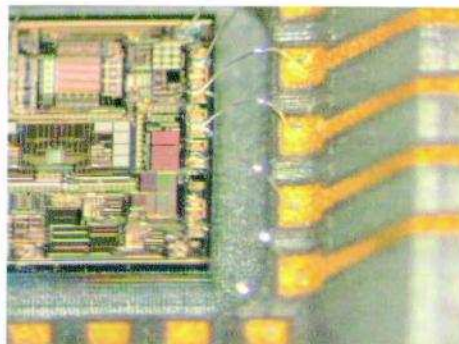
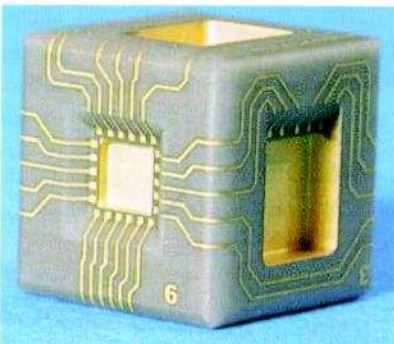
Dr. PASCAL MÉTAYER ist Laserprozessingenieur bei der Firma Jacquolot PE und ist für die Programmierung und Produktion von strukturierten Keramikträgern zuständig. Dipl.-Ing. DAMIEN LAGRANGE ist Vertriebsingenieur bei der Firma Microcertec SAS. Er ist für den Ablauf der Kundenprojekte zuständig und betreut seit Anfang 2007 den deutschsprachigen Raum in Europa.

■ www.laser-photonik.de

Diesen Artikel finden Sie online unter der Dokumentennummer **LP110006**



4 Links: Kontinuität der Metallisierung auf drei Flächen; rechts: Schraubenfläche auf einem Zylinder aus Aluminiumoxid



5 Ein 3D-Schaltkreis hergestellt durch CI3D, hier als Beispiel für die Integration