

## Bohren von Stencil-Schablonen für die Elektronikindustrie mit dem Laser-Microjet®: Bis 50'000 Löcher pro Stunde

Schablonen werden heutzutage für die Herstellung von elektronischen Schaltungen verwendet. Diese Schaltungen bestehen aus einem kupferbeschichteten Substrat auf welchem die elektronischen Komponenten aufgelötet sind. Diese Methode ist unter dem Namen Surface Mounted Technology (SMT) bekannt. Damit das Lötmittel genau dorthin fliesst wo es die elektronischen Komponenten miteinander verbindet, werden Lötstencils verwendet.

Schablonen für die elektronische Industrie sind meistens aus rostfreiem Stahl mit einer Dicke von je nach Anwendung 50 bis 300 Mikrometern gefertigt. Mehrere tausend Löcher müssen gebohrt werden um die Metallfolie in eine Lötstencil zu verwandeln. Damit die Lötpaste, wenn sie auf das Substrat aufgetragen ist, einfach von der Stencil entfernt werden kann, müssen die Öffnungen eine gewisse Konizität vorweisen. Die Form der Löcher kann rund oder quadratisch mit scharfen Ecken sein. Präzision, Qualität und Geschwindigkeit sind während dieses wichtigen und sich wiederholenden Prozesses von grosser Bedeutung.

### Herkömmliche Methoden für die Stencilproduktion

Verschiedene Methoden existieren um die dünne Stahlfolie zu bohren und Stencils herzustellen. Die Öffnungen können durch chemisches Ätzen, Elektrolytabscheidung oder Laserschneiden erstellt werden.

Beim chemischen Ätzen werden photosensible säure-resistente Filme verwendet. Durch UV-Bestrahlung härten

sich die belichteten Regionen. Die unbelichteten, weichen Regionen werden nach Einlage in einem Säurebad gewaschen. Diese Methode weist zwei wichtige Probleme auf. Da beide Seiten mit dem photosensiblen Film bedeckt werden, muss die Anordnung des Films auf beiden Seiten genau übereinstimmen, damit präzise Löcher erzielt werden. Das Ergebnis sind nicht gerade Lochwände. Zusätzlich werden bei dieser chemische Methode giftige Produkte eingestetzt, die entsorgt werden müssen.

Die Methode der Elektrolytabscheidung, welche aufbauend ist, unterscheidet sich deutlich von den anderen Verfahren. Diese Methode ermöglicht es, sehr präzise Öffnungen mit sehr glatten Wänden und einem leichten Winkel zu erzeugen. Die konische Form ist wichtig für eine bessere Ablösung von der Stencil. Aber auch durch diese Technologie werden giftige Stoffe eingesetzt. Ausserdem ist diese Methode sehr langsam und benötigt für die Herstellung einer Stencil mehrere Stunden.

Heutzutage ist das Schneiden von Stencils mit herkömmlichen Lasern am weitesten verbreitet. Diese Methode weist dank ihrer Flexibilität (Schneiden in allen Richtungen durch punktförmiges Werkzeug), hoher erreichbarer Geschwindigkeit und sehr engen realisierbaren Öffnungen wichtige Vorteile auf. Aber diese Methode ist wegen des Wärmeeinflusses und Gratbildungen noch nicht ideal. Der Wärmeeinfluss beschädigt das Material durch Oxidation. Durch Laser hergestellte Stencils benötigen vor ihrem Gebrauch eine reinigende Nachbehandlung.

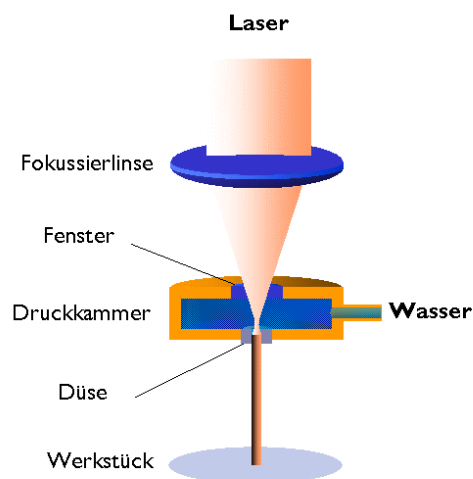


Abb. 1: Betriebsprinzip des water jet guided laser (LMJ).

Heute existiert eine neue industrielle Technik welche die Geschwindigkeit und die Flexibilität des herkömmlichen Lasers und eine Qualität nahe der elektolytischen Formung verbindet. Diese Methode heisst Laser-Microjet®, abgekürzt LMJ. Es ist ein hybrides System, das einen Laser in einen dünnen Niederdruck-Wasserstrahl integriert.

### Laser-Microjet® (LMJ) Prinzip

Der Laserstrahl wird während er eine Druckkammer durchquert in eine Düse geleitet (siehe Abb. 1). Der Wasserstrahl, der von der Düse ausgeht, führt den Laserstrahl durch vollständige interne Reflektion an der Grenzfläche zwischen Wasser und Luft, ähnlich wie herkömmliche Glasfasern. Der Wasserstrahl kann somit als flüssiger optischer Wellenleiter bezeichnet werden.

Der Wasserstrahl ist größtenteils durchsichtig für den Laserstrahl. Wenn der Laserstrahl jedoch einen Körper trifft, der ihn absorbiert, wird die Fläche so stark gewärmt das Plasma entsteht. Das Plasma trennt den Wasserstrahl und das Material und leitet auf effiziente Weise die Energie auf das zu bearbeitende Werkstück.

Das Plasma bleibt nur solange erhalten wie der Laserstrahl aktiviert ist. Weil ein gepulster Laser verwendet wird, sorgt der kontinuierliche Wasserstrahl für eine rasche Abkühlung der Schneidstelle. Demzufolge bleibt die Eindringtiefe der Wärme sehr beschränkt.

Im Allgemeinen ist der Hauptvorteil des Systems seine hervorragende Schnittqualität welche durch folgende Eigenschaften erzeugt wird:

- Keine Formveränderung durch die Wärme und keine Kontamination dank der konstanten Kühlung durch den Wasserstrahl;
- Keine mechanischen Kräfte auf den zu schneidenden Körper, da der Wasserdruck schwach bleibt (50 bis 500 bar mit einem Strahldurchmesser von 40 bis 100 Mikrometer);

- Hohe Effizienz bei der Austreibung der Schmelze was hohe Schneidgeschwindigkeiten erlaubt

### Bohren von Schablonen mit der Laser-Microjet® Technologie

Mit der LMJ-Methode ist die Schneidqualität so gut (siehe Abb. 2: Vergleich zwischen dem LMJ und dem herkömmlichen Laser), dass keine Nachbehandlung vor dem Gebrauch der Schablone nötig ist.

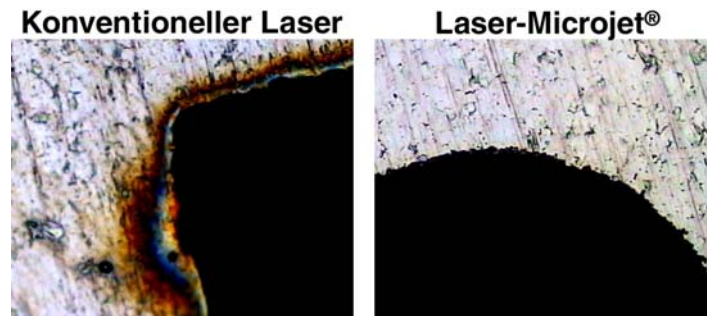


Abb. 2: Vergleich der Schneidqualität zwischen einem herkömmlichen Laser und dem Laser-Microjet® für den Winkel eines quadratischen Loches 500 mal vergrößert.

Lötschablonen wie auch Schablonen für Schaltungen können mit dem LMJ sehr effizient geschnitten werden, vorausgesetzt ihre Dicke ist zwischen 20 und 200µm. Die in der SMT Technik verwendeten Schablonen haben eine Dicke von normalerweise ungefähr 150 µm. Daneben werden Stencils verwendet, um Lötmaterial direkt auf Silizium Wafer aufzutragen. Diese Schablonen sind viel dünner (ungefähr 50 µm).

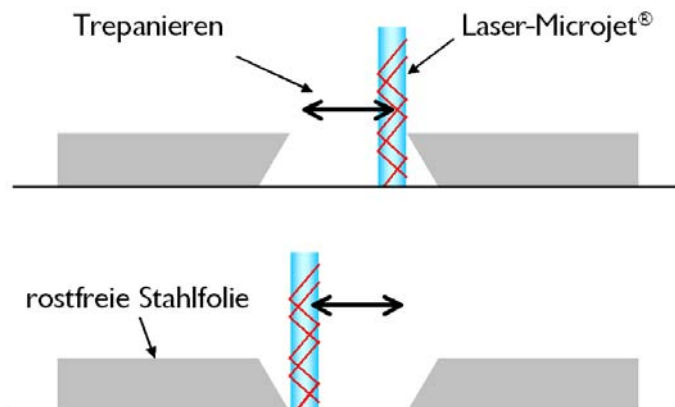


Abb. 3: Erreichbare konische Formen der Löcher im Trepanier-Verfahren (oben: breitere Unterseite; unten: breitere Oberseite)

Im letzten Fall ist es möglich Löcher mit demselben Durchmesser wie dem des Wasserstrahls zu schneiden, d.h. bis zu 40 µm. Der Hauptvorteil beim Schneiden von runden Löchern mit demselben Durchmesser wie dem Wasserstrahl ist die hohe erreichbare Geschwindigkeit. Diese Schneidmethode kann mit einer Stanzmethode verglichen werden: mit wenigen Laserpulsen ist das Loch gebohrt. Mit

dieser Methode ist es möglich bis zu 50'000 Löcher pro Stunde in 50 Mikrometer dicke rostfreie Stahlfolien zu schneiden.

Um größere Löcher (runde und quadratische) in dickere Schablonen zu bohren ist eine Trepanierbewegung erforderlich. Erreichbare Geschwindigkeiten und Lochgrößen für diese Methode sind in der Tabelle 1 und 2 zusammengefasst. Mit der Trepaniermethode können leichte Wandwinkel erreicht werden um das Umformen der Lötpaste zu Erleichtern. Die Löcher weisen deshalb ein konisches Profil auf. Durch den Einsatz der dynamischen Eigenschaften des Wasserstrahls ist es möglich Kegel mit einer breiteren Oberseite oder sogar mit einer breiteren Unterseite herzustellen. (siehe Abb. 3).

Zusammenfassend kann man festhalten, dass es nun möglich ist mit der Einführung der LMJ Methode in der Schablonenproduktion, Schablonen mit einer ausgezeichneten Qualität zu schneiden. Allfällige Nachbearbeitungen sind dadurch überflüssig, was Zeit und Geld einspart. Zusätzlich ist der LMJ im Falle von dünnen Schablonen (100 Mikrometer oder weniger), wie zum Beispiel Schablonen für sogenannte Waferbumps, bedeutend schneller als herkömmliche Laser.

Typische Löt-Schablone: Dicke <b>150 µm</b>		
Lochtyp	Lochgrösse	Bohrgeschwindigkeit
Rund	350-600 µm	5'000-10'000 Löcher/Stunde
Quadratisch	350-600 µm	2'500-5'000 Löcher/Stunde

Typische Schablone für Chips: Dicke <b>50 µm</b>		
Lochtyp	Lochgrösse	Bohrgeschwindigkeit
Rund	70 µm	5'000-20'000 Löcher/Stunde
Quadratisch	150 µm	2'500-10'000 Löcher/Stunde

Tabelle 1 and 2: Typische Grösse und Bohrgeschwindigkeiten für Löcher die mit der Trepaniermethode gebohrt wurden.