

R. Ebert, R. Böhme, S. Klötzer, P. Regenfuß, B. Keiper, G. Reißer, H. Exner

## Lasermikrobearbeitung im Vakuum

Die Lasermikrobearbeitung im Vakuum stellt einen der Forschungsschwerpunkte am Institut dar. Schon seit mehreren Jahren existieren verschiedene Konzepte für Vakuumkammern zur großflächigen Lasermikrobearbeitung, u.a. unter Verwendung eines dynamischen streifenförmigen Lasereinkoppelfensters. Derzeit wird vorrangig an zwei Verfahren geforscht.

### 1. Verfüllen von Mikrolöchern

In der Mikrosystemtechnik steht oftmals das Problem der Durchkontaktierung an. Mit konventionellen CVD-Prozessen können Löcher mit einem Durchmesser von mindestens  $100\mu\text{m}$  bei einem Aspektverhältnis von 1:5 in mehreren Stufen innen beschichtet werden.

Eine Alternative dazu stellt das bisher vorrangig in der Leiterbahn- und Maskenreparatur eingesetzte Laser CVD Verfahren dar. Dabei wird in einer mit Prozessgas befüllten Vakuumkammer die Substratoberfläche selektiv mit einem fokussierten Laserstrahl erhitzt. Dadurch findet ein lokal begrenzter CVD Prozess statt. Durch Relativbewegung von Laserstrahl und Substratoberfläche können Leitbahnen mit Auflösungen  $< 10\mu\text{m}$  erzeugt werden.

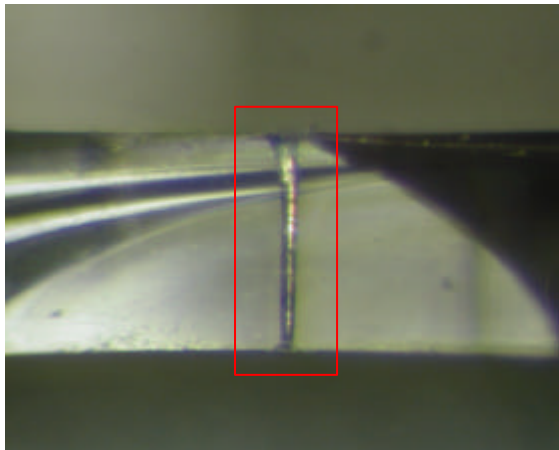


Bild1 Aluminium-Durchkontaktierung in einem  $500\mu\text{m}$  dicken Pyrex-Wafer

Am Institut wurde erstmals gezeigt, dass das Verfahren auch dazu geeignet ist, Mikrobohrungen zu verfüllen. Es wurden Aluminium-Durchkontaktierungen in laserstrahlgebohrten Pyrex-Wafern erzeugt (Bild1). Als Precursor für den CVD-Prozess kam das gegen  $\text{H}_2\text{O}$  und  $\text{O}_2$  relativ unempfindliche Trimethylalamin (TMAA) zum Einsatz. Bei Lochdurchmessern von  $50\mu\text{m}$  und Nd:YAG-Laserleistungen zwischen  $150\text{mW}$  und  $400\text{mW}$  wurden Wachstumsgeschwindigkeiten von bis zu  $100\mu\text{m/s}$  erzielt. Das heißt, Löcher in  $500\mu\text{m}$  dicken Wafern können in 5s verfüllt werden. Damit liegt der Verfüllprozess in der zeitlichen Größenordnung des Bohrprozesses. Durch die benötigte niedrige Laserleistung kann der Prozess parallel in einer Mehrstrahlanordnung realisiert werden.

In weitergehenden Untersuchungen wird die Dichtigkeit und Leitfähigkeit der Verfüllung bestimmt und optimiert. Außerdem soll auch die Erzeugung von Kupferdurchkontaktierungen untersucht werden. Der Einsatz preiswerter Diodenlaser für das Verfahren wird ebenfalls getestet.

### 2. Generierung von Mikrobauteilen

Das aus der Rapid Prototyping / Rapid Tooling Technologie bekannte Selektive Lasersintern wird bisher ausschließlich zur Herstellung von makroskopischen Teilen eingesetzt. Die zum Einsatz kommenden  $\text{CO}_2$ -Laser mit einem Fokussdurchmesser von  $200\mu\text{m}$  –  $400\mu\text{m}$  und die

minimal verwendeten Schichtdicken von  $20\mu\text{m}$  sind zur Generierung von Mikroteilen nicht geeignet.

Im Rahmen eines vom BMBF geförderten Verbundprojektes werden am Institut deshalb die Grundlagen für ein neuartiges Verfahren, das Vakuum SLS, untersucht. Bei diesem Verfahren wird der Lasersinterprozess in einer Vakuumkammer durchgeführt. Dies bringt mehrere Vorteile mit sich:

- es kann mit hochreaktiven nanoskaligen Pulvern gearbeitet werden (Metall, Keramik)
- das Vakuum bewirkt eine effektive Trocknung des Pulvers
- es gibt keine Luftverwirbelungen beim schnellen Radeln
- die Kombination des Sinterprozesses mit einem CVD-Prozess ist problemlos möglich

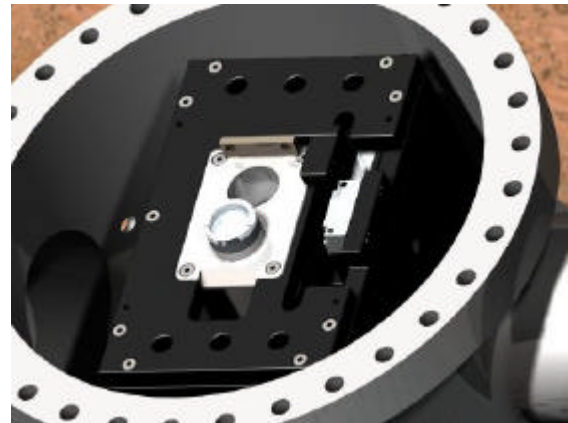


Bild2 Kammer zum Selektiven Lasersintern von Mikroteilen im Vakuum

Durch die Verwendung von Nanopulvern können Schichten mit einer Dicke  $< 5\mu\text{m}$  gerakelt und gesintert werden. Als Laserquellen kommen Nd:YAG- und Argonionenlaser zum Einsatz, wodurch mit einem Laserfokus  $< 10\mu\text{m}$  gearbeitet werden kann.

Die am Institut entwickelte Sintereinrichtung konnte durch Verwendung von Keramik-Linearmotoren sehr kompakt aufgebaut und in einem Vakuum-Messstück ISO-K 250 untergebracht werden (Bild2). Der Pulverhandlingprozess (Anheben Vorratsbehälter, Absenken Bauraum, Radelbewegung) wird über eine eigene Steuerung durch einen externen Befehl in Gang gesetzt, wodurch der gesamte schichtweise 3D Sintervorgang über eine spezielle Scannersteuerung bewältigt werden kann.

Für den Prozess steht ein Bauraum mit einem Durchmesser und einer Tiefe von  $25\text{mm}$  zur Verfügung. Damit können sowohl mikrostrukturierte Feinteile als auch Serien von Mikroteilen hergestellt werden.

Im Rahmen des Projektes wird das Sintern von Mikroteilen aus Metall (316L, W, Cu) und Keramik ( $\text{SiC}$ ,  $\text{AlN}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) untersucht. Die beteiligten Firmen sehen vielfältige Einsatzmöglichkeiten für die generierten Mikroteile in der Mikrosystemtechnik, im Werkzeugbau und in der Kommunikationstechnik. Über entsprechende Schnittstellen können die Mikroteile in größere Teile eingebunden werden. Der Vorteil des Verfahrens liegt in der fast unbegrenzten Formenvielfalt der herzustellenden Bauteile einschließlich Hinterschnitten. Kosten werden nur durch das Bauvolumen und nicht durch komplizierte Konturen verursacht.

Kontakt:

R. Ebert

Lasereinstitut Mittelsachsen e.V. an der

Hochschule Mittweida (FH)

Technikumplatz 17

D-09648 Mittweida

Tel.: 03727 581401 / Fax. 03727 581496

e-mail: ebert@htwm.de