

B. Keiper, J. Dunger, R. Ebert, U. Löschner, H. Exner

Lasermikrostrukturierung mit Scanner

Zur Erzeugung neuartiger Bauelemente für innovative Anwendungen in der Mikrosystemtechnik, der Medizintechnik bzw. der Biotechnologie werden neue Verfahren zur präzisen Generierung von Strukturen im μm - bzw. Sub- μm -Bereich benötigt.

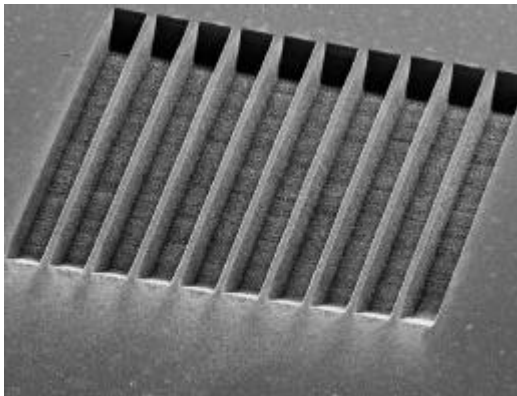
Eine Möglichkeit, Mikrostrukturen mittels Laserpulsabtrag zu Erzeugen, ist die Maskenprojektionstechnik mittels Excimerlaser. Dabei wird eine Maske mit dem Laser bestrahlt und ihre Struktur verkleinert auf die Probe abgebildet. Dadurch kann eine komplizierte Struktur mit einem einzigen Laserpuls auf die Probe übertragen werden. Es wird jedoch für jede Struktur eine spezielle Maske benötigt.

Bei dem hier dargestellten Verfahren wird eine einfache Maske (quadratisch, rechteckig, kreisförmig) verwendet und die Struktur auf der Probe durch eine gezielte Bewegung des Laserstrahls erzeugt, so dass mit einer Maske unterschiedlichste 3D Strukturen generiert werden können. Die Untersuchungen wurden mit einem ArF-Excimerlaser ExciStar S-500 der Firma TUILASER AG mit 193 nm Wellenlänge durchgeführt.

Dabei wurde eine im Strahlengang angeordnete Maske mit einer quadratischen Öffnung von $1 \times 1 \text{ mm}^2$ über einen Scanner der Firma Scannlab mit einem 14-fachen Verkleinerungsmaßstab auf die Probenoberfläche abgebildet. Der Strahlengang zwischen Laser und Scanner wird mit Argon gespült, um die Bildung von Ozon und damit verbundene Verluste an Laserleistung zu vermeiden.



a) Hochschule Mittweida (FH) 18-Aug-2001

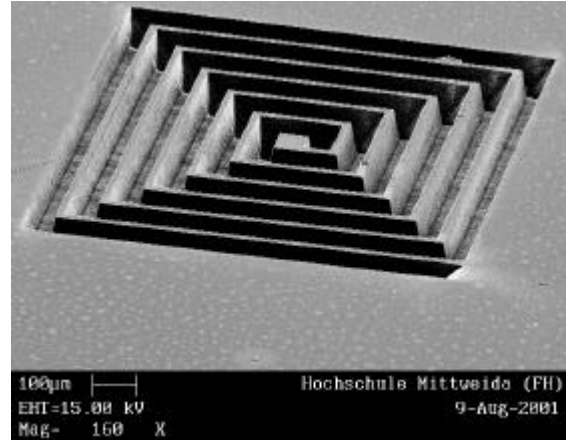


b) Hochschule Mittweida (FH) 18-Aug-2001

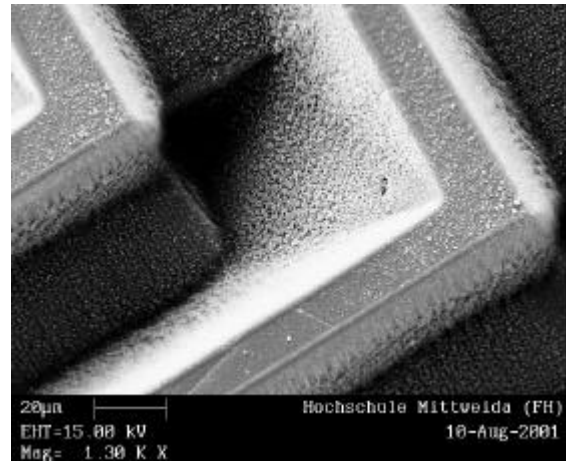
REM-Aufnahmen von durch aneinander reihen von Li-nienschans erzeugten Strukturen (Linienabstand: a) $86 \mu\text{m}$, b) $84 \mu\text{m}$; Grabenbreite: a) $70 \mu\text{m}$; Tiefe: a) $20 \mu\text{m}$, b) $45 \mu\text{m}$; Stegbreite: a) $16 \mu\text{m}$, b) $14 \mu\text{m}$; Wiederholungen: a) 2, b) 4)

Die vorgestellten Untersuchungen wurden an PMMA, einem Kunststoff, der sich mit dem Excimerlaser sehr gut bearbeiten lässt und aufgrund seiner Eigenschaften beispielsweise für medizinische Anwendungen geeignet ist, durchgeführt. Die Abtragrates beträgt im verwendeten Laserflussbereich von ca. $0,4 \text{ J/cm}^2$ etwa 200 nm/Puls . Um möglichst niedrige Rauigkeiten am Boden und an den Wänden der Strukturen zu erreichen, wurde mit einem großen Pulsüberlapp von 97 % (Pulsdistanz: $1,75 \mu\text{m}$) gearbeitet. Es wurden $70 \mu\text{m}$ breite Gräben mit Tiefen von

$10\text{...}120 \mu\text{m}$ erzeugt. Die verbleibenden Stege zwischen den Gräben sind zwischen 5 und $20 \mu\text{m}$ breit. Mit Hilfe eines Dektak-Profilometers wurden am Boden der Strukturen geringe Rauigkeiten von $R_a=0,5\text{...}0,6 \mu\text{m}$ bestimmt. Aufgrund der Relativbewegung von Laserstrahl und Probe ergibt sich eine Schräge am Beginn und Ende jeder Linie, deren Anstieg durch den Einzelpulsabtrag und den Pulsabstand bestimmt wird. Diese Schräge muss beim Entwurf der Struktur berücksichtigt werden.



Hochschule Mittweida (FH) 9-Aug-2001
REM-Aufnahme einer Spiralstruktur (Laserfluss: 360 mJ/cm^2 , Pulswiederholungsfrequenz: 300 Hz , 6 Wiederholungen), Stegbreite: $10 \mu\text{m}$, Grabentiefe: $80 \mu\text{m}$



In der Detailansicht ist die schräge Bodenfläche im Eckbereich der Spirale gut erkennbar, die durch die größere Laserpulszahl im Bereich der Innenecke im Vergleich zur Außenecke bedingt wird.

In Untersuchungen zur Wiederholgenauigkeit einzelner Pulse bei mehrfachem Scannen gleicher Strukturen nacheinander konnten keine Positionierfehler ermittelt werden, so dass diese kleiner als die Messunsicherheit am eingesetzten optischen Mikroskop von $2 \mu\text{m}$ sind.

Durch Maskenprojektion mittels Excimerlaser und Scanner können somit Mikrostrukturen in PMMA mit hoher Präzision erzeugt werden. Die Bearbeitung anderer Materialien, beispielsweise von Pyrexglas, ist ebenfalls möglich. Hierfür müssen jedoch um ca. 1 Größenordnung höhere Laserflussdichten eingesetzt werden.

Die Untersuchungen wurden teilweise aus Mitteln des BMBF (Inneregion InnoSachs, Förderkennzeichen 031702) gefördert. Wir danken ebenfalls der Dr. Teschauer & Petsch AG Chemnitz für die freundliche Unterstützung.

Kontakt: Dr. B. Keiper
Laserinstitut Mittelsachsen e.V. an der Hochschule Mittweida (FH), Technikumplatz 17, D-09648 Mittweida
Tel.: 03727 613345 / Fax: 03727 613346
e-mail: keiper@htwm.de