

B. Keiper, R. Ebert, H. Exner

ArF-Laser-Mikrostrukturierung von PYREX-Glas

Wegen seiner anodischen Bondbarkeit zu Silizium ist Pyrex-Glas ein interessantes Material für viele Anwendungen auf dem Gebiet der Mikrosystemtechnik. Die Anzahl der potentiellen Anwendungen kann noch beträchtlich zunehmen, wenn neue Möglichkeiten zur Mikrostrukturierung von Pyrex-Glas erschlossen werden. Es wurde deshalb untersucht, inwieweit die Excimerlasermaskenprojektion dafür geeignet ist. Für die Untersuchungen wurde eine ArF-Excimerlaserbearbeitungsstation bestehend aus dem Laser: ExciStar S-500 (TUILASER AG) und dem optischen Aufbau: LightBench System (ATL Lasertechnik GmbH) eingesetzt.

Kleine Kanalstrukturen im Glas werden für mikrofluidische Anwendungen (z. B.: Lab-on-Chip) benötigt. Durch Öffnungen im Pyrex-Glas (30 bis 200 μm \varnothing), deren Erzeugung wir in [1] vorgestellt haben, können den fluidischen Strukturen Flüssigkeiten zugeführt werden.

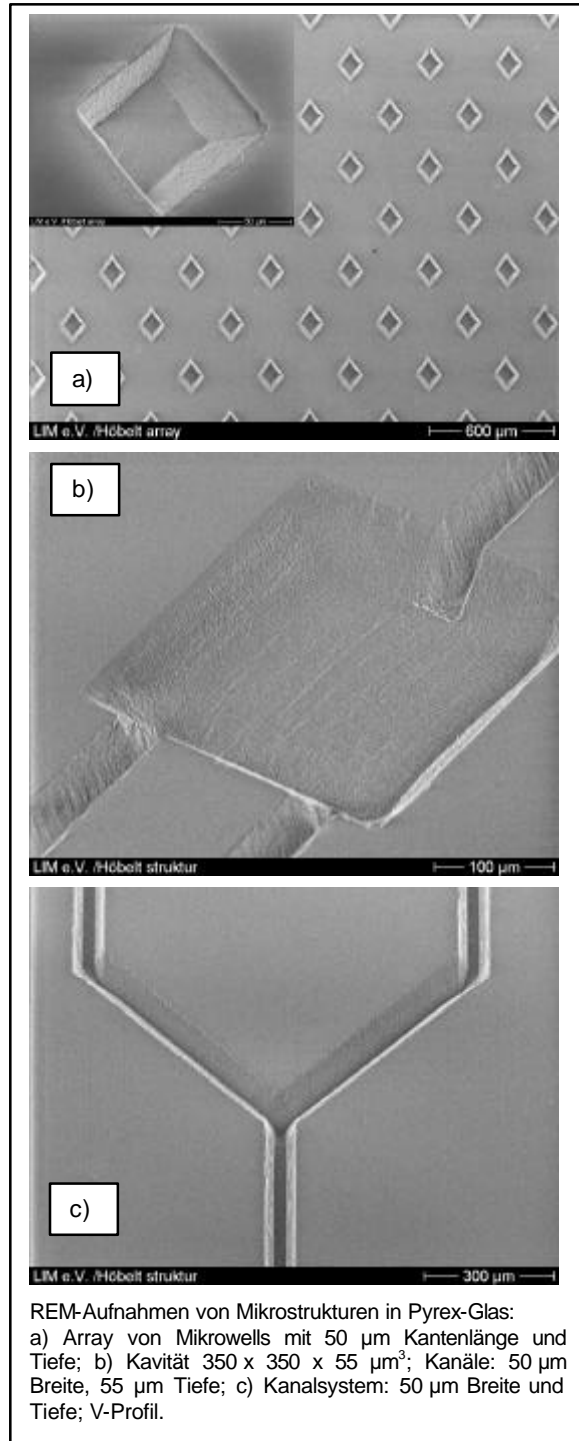
Wir haben die Abhängigkeit der Eigenschaften der Mikrokanäle von den Bearbeitungsparametern untersucht. Hierzu haben wir den Pulsabstand von 1.5 bis 3 μm und die Laserfluenz von 2.5 bis 5.5 J/cm^2 variiert. Dabei wurde eine deutliche Abhängigkeit der Oberflächenqualität von der Laserfluenz und dem Pulsabstand beobachtet. Die Rauigkeit des Bodens der Kanäle (einfach bearbeitet) ist sehr klein ($R_a = 35 \dots 150 \text{ nm}$). Bei Verwendung von Laserfluenzen unter 4.8 J/cm^2 sowie von großen Pulsabständen (3 μm) entstehen sehr glatte Oberflächen, die lediglich eine geringe Welligkeit aufweisen. Die Periode der Welligkeit entspricht dabei dem Pulsabstand. Bei sinkendem Pulsabstand und zunehmender Laserfluenz entstehen innerhalb der glatten Kanäle Inseln mit einer typischen Mikrorauigkeit. Bei Verwendung hoher Laserfluenzen (5.5 J/cm^2 und größer) zeigt der gesamte Kanal diese Mikrorauigkeit. Dieses Verhalten kann zur Anpassung der Oberflächeneigenschaften an unterschiedliche Anforderungen (z.B.: Adsorptionseigenschaften, Reibungskoeffizient und Benetzungseigenschaften) genutzt werden. Die Abtragsrate liegt zwischen 150 nm/Puls (niedrige Laserfluenz) und 250 nm/Puls. Die Abtragstiefe nach einfacher Bearbeitung der Probe beträgt etwa 5 μm (3 μm Pulsabstand und 3 J/cm^2 Laserfluenz). Tiefere Kanäle können durch wiederholte Bearbeitung erzeugt werden. Zur Erzeugung größerer Kavitäten haben wir eine Anzahl paralleler Linien bearbeitet, wobei für den Linienabstand der gleiche Wert wie für den Pulsabstand gewählt wurde.

In den Abb. sind Beispiele für spezielle Strukturen für Anwendungen in Analytik und Mikrofluidik dargestellt. Die Strukturen wurden mit 4 J/cm^2 Laserfluenz und einer 500 μm Quadratmaske (50 μm auf der Probenoberfläche) erzeugt.

Das Array von Mikrowells (Abb. a) wurde mit 250 Laserpulsen pro Well erzeugt. Die Tiefe der Wells beträgt 50 μm , der Abstand zwischen den Wells 300 μm .

Das zweite Beispiel (Abb. b) ist eine fluidische Struktur bestehend aus einer Kavität mit drei Kanälen zur Zu- und Abführung von Flüssigkeiten. Diese Struktur wurde mit 2 μm Puls- und Linienabstand erzeugt. Die Länge und Breite der Kavität betragen je 350 μm an der Glasoberfläche und 250 μm auf dem Boden der Kavität. Kanäle und Kavität haben eine Tiefe von 55 μm . Die Kavität ist einfach und die Kanäle sind 25-fach bearbeitet, um die gleiche Tiefe zu generieren. Die Rauigkeit des Bodens der Kavität beträgt $R_a = 0.6 \mu\text{m}$. Diese hohe Rauigkeit im Vergleich zu den Ergebnissen der einfach bearbeiteten Kanäle ist sowohl auf die größere Bearbeitungstiefe als auch auf die hinsichtlich Rauigkeit nicht optimalen Parameter zurückzuführen.

Das dritte Beispiel (Abb. c) ist ein Kanalsystem für fluidische Anwendungen. Der Pulsabstand war 2 μm und die Struktur wurde mit 24 Wiederholungen erzeugt, um eine Tiefe von 50 μm zu erzielen. Die diagonal verlaufenden Linien haben ein V-förmiges Profil wegen der diagonalen Bewegung der Probe relativ zur Quadratmaske.



[1] H. Exner, B. Keiper, R. Ebert, U. Löschner: Lasermagazin 6/1999, S.16

Danksagung:

Die Untersuchungen wurden teilweise mit Mitteln des BMBF (Inneregio InnoSachs, FKZ 0311702) gefördert. Weiterhin danken wir der 3D Micromac AG, Chemnitz, für die für die freundliche Unterstützung und Iris Höbelt vom Zentrum für Mikrotechnologien (ZfM) an der TU Chemnitz für die Anfertigung der REM Aufnahmen.

Kontakt:

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