



Erzeugung oberflächennaher definierter Mikrostrukturen in Glas mittels Ultrakurzpulslaser

Forschungsaufgabe

Der Anspruch des Forschungsvorhabens besteht u. a. darin, Mikrostrukturen im Glasinneren durch einen Laserstrukturierprozess zu erzeugen. Diese Strukturen sollen hohe Genauigkeitsanforderungen erfüllen und sehr nah unter der Glasoberfläche liegen, ohne dass diese beeinflusst wird. Es sollen weiterhin verschiedene Glasmaterialien hinsichtlich Laserstrukturierbarkeit untersucht werden, wobei Quarzglas eine besondere Stellung zukommt. Es weist entscheidende Vorteile wie hohe Festigkeit, einen geringen Wärmeausdehnungskoeffizienten, eine hohe Temperaturwechselbeständigkeit und eine extrem beständige, verschleißfeste Oberfläche auf und ist chemisch inert. Deshalb ist es hervorragend für die Aufgabe geeignet. Es wird ebenfalls untersucht, in wie weit andere Gläser zur oberflächennahen Strukturierung geeignet sind. An das Ergebnis der Strukturierung werden bestimmte Anforderungen gestellt. So sind z. B. kleine Strukturbreiten mit hohem Kontrast gefordert, ohne dass Materialspannungen auftreten. Die Strukturen der geforderten Breite 2 - 20 µm sollten dabei dicht unter der Oberfläche liegen (Ziel 20 µm). Im Falle von punktförmigen Strukturen werden sowohl sehr kleine Durchmesser von 30 - 60 µm, als auch große von bis zu 100 µm gefordert.

Untersuchungen

Zur Durchführung der Versuche wird ein Ultrakurzpulslasersystem (Wellenlänge 1030 nm, mittlere Leistung 50 W, max. Pulsenergie 250 µJ) der EAH Jena mit folgendem Aufbau und Wirkungsweise genutzt. Über ein Periskop wird der Strahl, vom Laser kommend, in ein Scansystem geführt und dort definiert abgelenkt. Zur Erzeugung der Struktur unter der Glasoberfläche wird die gepulste Strahlung ins Glasinnere fokussiert. Die Energiedichte im Fokus ist so hoch, dass durch Plasmabildung (Ionisierung) die Glasstruktur in einem Punkt verändert/zerstört wird. Es kommt bspw. zu Aufschmelzung/Rissbildung. Außerhalb des Fokus transmittiert die Strahlung ungehindert, die Oberfläche bleibt unbeeinflusst. Die Defekte im Glasinnern werden durch Lichtbrechung und -streuung sichtbar. Die Auswahl und Vorbearbeitung der Proben (Größe, Material

und Oberflächenbeschaffenheit) erfolgt beim Projektpartner POG. An der EAH Jena werden die Proben vor dem Laserprozess gereinigt, um eine Absorption der Strahlung an Verunreinigungen an der Oberfläche auszuschließen. Für die Erstellung der, für den Laserprozess benötigten, CAD-Daten finden die Programme AlphaCam und TruTops PFO Anwendung. Zum Positionieren der Probe in der Bearbeitungskammer, wird ein spezielles Achssystem mit einem minimalen z-Hub von 10 µm genutzt. So kann der Fokus sehr genau unter die Probenoberfläche justiert werden. Mit Hilfe der Software TruControl wird der Laser entsprechend des Versuchsplanes programmiert und die Struktur ins Glas gebracht.

Stand der bisherigen Ergebnisse

Die Analyse erfolgt zunächst visuell mittels einer LED-Lichtquelle. Es wird kontrolliert ob die Energiedichte allgemein ausgereicht, um eine Struktur im Glas zu erzeugen. Je nach Versuchsplan werden unterschiedlich viele Strukturen mit unterschiedlichen Parametern produziert. Eine genauere und detailliertere Auswertung erfolgt am Digitalmikroskop VHX-2000 (Keyence). Für ausgewählte Proben schließt sich zusätzlich die Spannungsanalyse am StrainMatic (Illis GmbH) an. Die Nachbearbeitung, das Separieren und Zentrieren der laserstrukturierten Proben, erfolgt beim Projektpartner POG. Zusammenfassend lässt sich zum jetzigen Stand der Versuche sagen, dass es möglich ist, Linien mit einer Breite > 4 µm in Quarzglas einzubringen. Komplexere Strukturen, welche aus mehreren Linien bestehen sind ebenfalls herstellbar. Die gewünschte Tiefenausdehnung von < 20 µm sowie die Annäherung an die Oberfläche bis auf 20 µm werden zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht erreicht. Jedoch wird aktuell ein Teleskop vom Projektpartner gefertigt, das hohen Anforderungen entspricht und sehr viel kleinere Fokusdurchmesser (Reduzierung von 29 µm auf 4 µm) ermöglicht. Damit können kleinere Defekte mit geringerer Tiefenausdehnung dichter unter der Oberfläche erzeugt werden. Auch die geplante versuchsweise Verlagerung der Untersuchungen auf ein Femtosekundenlasersystem wird bei der Lösung der noch offenen Problemstellungen bis zum Projektende nutzbringend sein.

Projektleiter:
Prof. Dr.-Ing. Jens Bliedtner
 FB SciTec

Mitarbeiter:
 Dr.-Ing. K. Hecht, M.Sc. M. Lohse, D. Gräfe

Kontakt:
 ✉ jens.bliedtner@fh-jena.de
 ☎ (03641) 205 444



Laufzeit und Fördermittelgeber:
 Oktober 2013 bis September 2015; gefördert mit Mitteln des BMWi im Zentralen Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)

Forschungspartner:
 POG – Präzisionsoptik Gera GmbH, Gera

