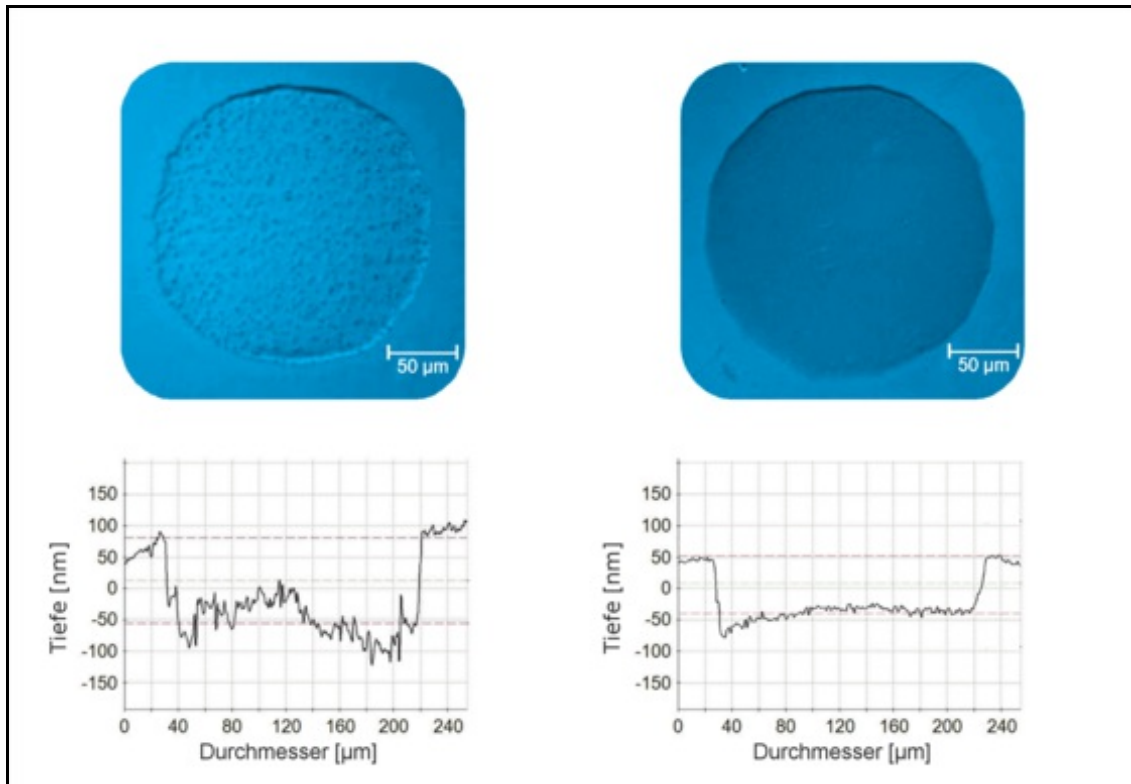


Plasma-Laser-Ablation optischer Gläser

Plasma-Laser-Ablation ermöglicht die Bearbeitung optischer Gläser, ohne dabei auf eine aufwändige Vorbehandlung der Oberfläche oder den Einsatz von teuren Lasern im Vakuum-UV- oder mittleren IR-Wellenlängenbereich zurückgreifen zu müssen. Durch die Verwendung eines wasserstoffhaltigen Plasmas vor der Laserablation kommt es zu einer reversiblen Erhöhung der Absorption.



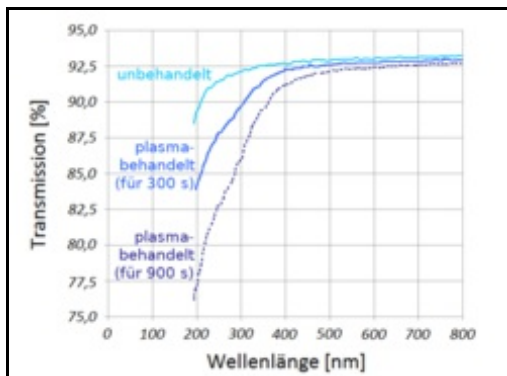
Quarzglas nach der Bearbeitung durch herkömmliche Laser-Ablation (links) und nach der hier vorgestellten Plasma-Laser-Ablation (rechts). Man erkennt, dass sowohl die Formtreue des abgetragenen Bereichs als auch die Oberflächenrauigkeit im Falle der Plasma-Laser-Ablation wesentlich besser ist. (Quelle: W. Viöl)

Problemstellung

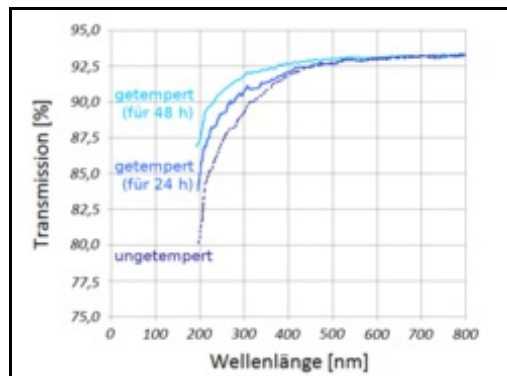
Die Laserablation ist eine Methode zum Bearbeiten von Oberflächen und eignet sich besonders zum Abtragen dünner Schichten oder zum Bohren von Löchern mit sehr kleinem Durchmesser. So elegant das Verfahren auch ist, setzt es doch eine hinreichend hohe Absorption in der zu bearbeitenden Oberfläche voraus. Quarzglas hingegen ist für Licht in einem Wellenlängenbereich von 200 nm bis 2000 nm praktisch transparent. Um es dennoch mittels Laserablation bearbeiten zu können, bieten sich zwei Möglichkeiten an: Zum einen kann man die Oberfläche mit einer absorbierenden Schicht versehen, wobei darauf zu achten ist, dass diese Schicht nach dem Ablationsvorgang auch wieder vollständig entfernt werden kann. Zum anderen kann man zu sehr großen oder kleinen Laserwellenlängen wechseln bzw. die verwendete Energiedichte des Laser stark erhöhen. In beiden Fällen steigt der Aufwand und damit die Prozesskosten.

Unsere Lösung

Im Gegensatz zur reinen Laserablation erlaubt die neue Methode der Plasma-Laser-Ablation eine effektive und kostengünstige Bearbeitung von Quarzglas durch die Kombination von wasserstoffhaltigem Plasma und Laserlicht. Dafür wird die zu behandelnde Oberfläche vor dem Ablationsvorgang in Kontakt mit einem Formiergas gebracht, welches oberflächennahes SiO₂ teilweise zu Siliziumsuboxid reduziert. Gleichzeitig diffundiert atomarer Wasserstoff in tiefer liegenden Schichten der Struktur. Dadurch sinkt der Transmissionskoeffizient wellenlängenabhängig um bis zu 16% absolut (siehe nachstehende Grafiken). Nach der eigentlichen Laseranwendung kann der ursprüngliche Brechungsindex dann durch Tempern fast vollständig wieder hergestellt werden.



Wellenlängenabhängiger Transmissionsgrad von Quarzglas ohne Plasmabehandlung (hellblau), nach einer Behandlungsdauer von 5 Minuten (blau) und nach einer Behandlungsdauer von 15 Minuten (dunkelblau). (Quelle: W. Viöl)



Wellenlängenabhängiger Transmissionsgrad von plasmabehandeltem Quarzglas ohne Tempern (dunkelblau), nach einer Temperzeit von 24 Stunden (blau) und nach einer Temperzeit von 48 Stunden (hellblau). (Quelle: W. Viöl)

Vorteile

- Herabsetzen der Ablationsschwelle um 80%
- Erhöhte Formtreue der abgebildeten Strukturen
- Verringerung der Rautiefe der behandelten Region um 80%
- 50% größerer Materialabtrag pro Puls
- Reversibel

Anwendungsbereiche

Das vorgestellte Verfahren eignet sich zur Erzeugung diffraktiver optischer Elemente oder generell zur Erzeugung von Mikrostrukturen in optischen Gläsern. Auch beim Abtragen von Verunreinigungen oder dem Ausbessern von oberflächennahen Fehlstellen kann die Plasma-Laser-Ablation Anwendung finden.

Entwicklungsstand

Das Verfahren wurde bereits erfolgreich im Labor getestet.

Patentsituation

Ein erteiltes europäisches Patent wurde in Deutschland, Frankreich und Großbritannien validiert (EP2780134B1, Patentinhaber: HAWK - Hochschule für angewandte Wissenschaft und Kunst & Laser-Laboratorium Göttingen e.V.).

Weiterführende Informationen

Hybrid Laser-Plasma Micro-Structuring of Fused Silica Based on Surface Reduction by a Low-Temperature Atmospheric Pressure Plasma

Journal of Laser Micro / Nanoengineering, 2012, Vol. 7, Issue 1, Pages 73-76
S. Brückner, J. Hoffmeister, J. Ihlemann, C. Gerhard, S. Wieneke, W. Viöl

Laser Micro-Structuring of Fused Silica Subsequent to Plasma-Induced Silicon Suboxide Generation and Hydrogen Implantation

Physics Procedia 39, 2012, Pages 613–620
J. Hoffmeister, C. Gerhard, S. Brückner, J. Ihlemann, S. Wieneke, W. Viöl

Kontakt

Dr. Ireneusz Iwanowski
Patent Manager (Physik, Technik und Software)
E-Mail: iiwanowski@sciencebridge.de
Tel.: +49-(0)551-30724153
Referenz: CPA-1497-HAWK