

# Glasbearbeitung mittels ultrakurzer Laserpulse

## Glass processing by ultra short laser pulses

Projekträger | Fördermittelgeber: Bayerisches Laserzentrum GmbH  
Executing Organisation: Bavarian Laser Center GmbH

### Aufgabenstellung

Die Bearbeitung von Quarzglas mittels Ultrakurzpulslaser (UKP-Laser) ermöglicht die Realisierung verschiedener optischer Elemente. So können Wellenleiter durch Verdichtung des Materials geschrieben oder eine Glasinnenbeschriftung durch die Erzeugung von Gasblasen, die eine Dichtereduktion zur Folge haben, realisiert werden. Trotz der z.T. sehr verschiedenen Anwendungsgebiete kommt es bei zukünftigen Anwendungen auf die maximal mögliche Packungsdichte dieser optischen Elemente an. Diese hängt neben der Größe der einzelnen Elemente aber auch von der UKP-induzierten Volumenänderung ab, da Glas auf Zugbelastungen sehr empfindlich reagiert und bei zu hoher Volumenausdehnung der Elemente nur eine begrenzte Zahl von Elementen nebeneinander erzeugt werden könnte. Das Ziel ist daher, die Gesamtvolumenänderung bei der UKP-Bearbeitung von Gläsern zu erfassen.

### Vorgehensweise

Bei der UKP-Laserbearbeitung von Glas entstehen sehr hohe Temperaturen. Dies führt zum Aufheizen und zum Erweichen des umgebenden Glasmaterials. Falls die Schmelzzone nahe an der Glasoberfläche positioniert ist, erweicht ebenfalls die Oberfläche u.a. durch die reduzierte Oberflächenspannung. Bei einer Gesamtvolumenvergrößerung bzw. -verkleinerung wird sich die Oberfläche dementsprechend aufwölben oder eindellen. Mit Hilfe der Messung der Oberflächenänderung, z.B. mittels eines Konfokalmikroskops, können so Rückschlüsse zur Gesamtvolumenänderung getroffen werden.

### Ergebnisse

Bei Quarzglas zeigt sich eine Aufwölbung von einigen Nanometern durch die UKP-Laserbearbeitung. Dadurch ist der Effekt der Dichteverringeringung aufgrund der Gasblasenerzeugung stärker als durch die Verdichtung des Materials aufgrund der Erhöhung der Brechzahl. Da jedoch die Schmelzzone eine Ausdehnung von 50 bis 100  $\mu\text{m}$  aufweist, ist die Gesamtvolumenzunahme fast vernachlässigbar, so dass eine hohe dreidimensionale Packungsdichte optischer Elemente möglich erscheint.

### Task

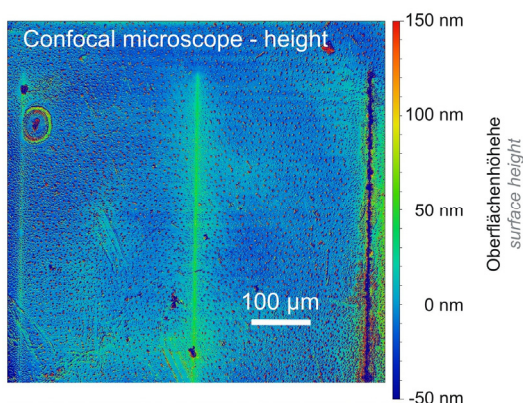
Processing of fused silica using ultra short pulsed laser (USP laser) can cause several effects. One is the densification which can be exploited for waveguide writing. Another is the generation of oxygen in quantities large enough to cause formation of bubbles which may be used for glass inside marking. Despite the different application areas it may be of use for future applications to estimate the possible packing density of elements within a bulk glass material. A first step toward this goal is to assess the net volume change within the laser processed region, since glass is sensitive to tensile stresses while it can withstand large compressions. However, while it is known that laser induced increase of refractive index leads to a densification of the glass material the gas bubble formation causes a decrease in density. Therefore, the aim is to estimate the net volume change.

### Approach

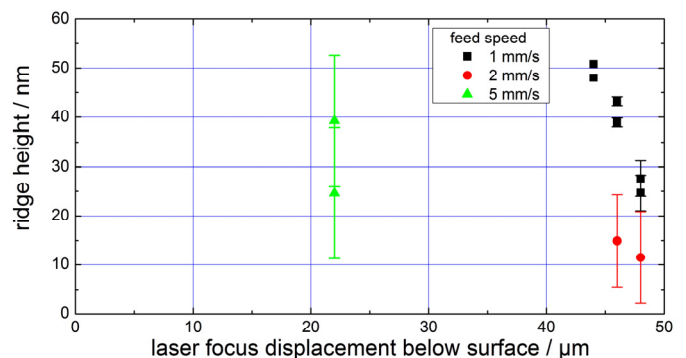
During USP irradiation very high temperatures are reached within the processed region. This leads to substantial heating close to the processed region by heat conduction. Consequently, the glass becomes moldable in the vicinity of the molten region due to its strongly temperature-dependent viscosity. If this region is placed near the glass surface, the surface also becomes moldable, because the surface tension is also lowered due to the high temperatures. Hence any net volume expansion will cause a bulging of the surface while net volume decrease will cause an indentation. By measuring the surface change e.g. by using confocal microscopy, the net volume change can be determined.

### Results

In fused silica USP processing of glass shows a ridge formation in the range of several nanometers. Because of this the effect of density decrease due to gas bubble generation is stronger than the the density increase due to increase of the refractive index. However, as the dimensions of the molten zone lie typically around 50 - 100  $\mu\text{m}$  the observed volume increase is almost negligible. This should allow in turn for a very high 3-dimensional packaging density of functional optical components.



Konfokalaufnahme der Aufwölbung von Quarzglas  
Confocal measurement of bulging of fused silica



Einfluss von Vorschub und Fokusposition auf die Höhe der Aufwölbung in Quarzglas  
Effects of feed speed and focus height on ridge height in fused silica