

Materialbearbeitung von Glas– von Laserablation zum Laserpolieren

Masterarbeit

Diplomand



Simon Mattia Walder

Ziel der Arbeit: Die bisher am IMP entwickelten Laserpolierprozesse fokussierten sich auf das Polieren von Quarzglaslinsen, die mittels selektivem Laser-induzierten Ätzen (SLE) hergestellt wurden. Dieses Verfahren ist jedoch auf wenige Materialien beschränkt. Hochbrechende Gläser wie beispielsweise N-SF57 lassen sich damit prozessbedingt kaum bearbeiten. Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung alternativer Fertigungsverfahren an der OST, die die Bearbeitung mittels SLE ergänzen. Dazu wurde diese Arbeit in zwei Teilziele gegliedert:

- Strukturierung von N-SF57: Realisierung einer Prozesskette aus Ultrakurzpuls-Laserablation (UKP) zur Formgebung und anschliessendem Laserpolieren zur Fertigung von N-SF57-Minilinsen.
- Thermische Ablation: Modifikation der bestehenden Laserpolieranlage zur Entwicklung eines direkten thermischen Abtragprozesses zur Strukturierung von Quarzglas.

Vorgehen / Technologien: Für die Fertigung der N-SF57-Minilinsen ($\varnothing 1.6$ mm) wurde eine zweistufige Prozesskette etabliert: Zuerst erfolgt die Strukturierung mittels UKP-Laser und anschliessend eine Nachbearbeitung der Oberfläche durch CO_2 -Laserpolieren. Es wurden verschiedene Polierstrategien getestet. Das Bewegen des Lasers entlang kreisförmiger Bahnen über die Linsenoberflächen erwies sich dabei als vielversprechende Strategie. Die Linsenoberflächen wurden mit einem Weisslicht-Interferometer vermessen und mittels Auswertesoftware MountainsMap charakterisiert.

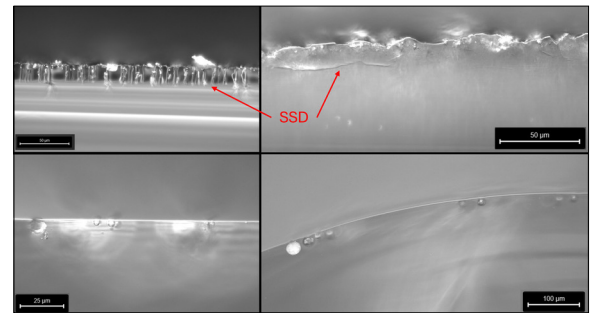
Für die thermische Ablation von Quarzglas wurde die bestehende CO_2 -Laseranlage mit einer ZnSe-Fokussieroptik zur Optimierung der Spotgrösse ausgerüstet und mit einer Translationsstage erweitert. Mittels Parametervariation von Leistung, Pulsdauer, Pulsanzahl und Defokussierung des Lasers wurde das Abtragsverhalten untersucht.

Ergebnis: Die Prozesskette zur Herstellung der Minilinsen konnte erfolgreich demonstriert werden. Die besten Polituren zeigten eine Reduktion der Sq-Rauheit von ca. $2.2 \mu\text{m}$ auf 3.9 nm , bei einer Formabweichung von 4 bis $5 \mu\text{m}$ im mittleren Drittel der Linsenoberfläche. Die durch die UKP-Laserstrukturierung entstandenen Sub-Surface Damages (SSDs) wurden durch das Laserpolieren versiegelt, wobei sich kugelförmige Einschlüsse bildeten.

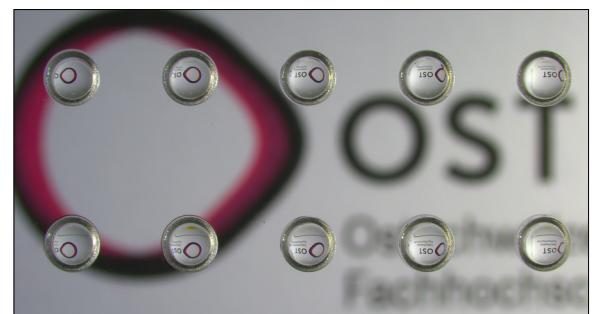
Für die thermische Ablation von Quarzglas wurde bei 6 W Laserleistung ein stabiles Prozessfenster mit Pulsdauern von 10 bis $50 \mu\text{s}$ ermittelt. Die mittlere Kavitätstiefe bei Einzelpulsen beträgt $1.2 \mu\text{m}$ bei $10 \mu\text{s}$ Pulsdauer und steigt auf $3.2 \mu\text{m}$ bei $50 \mu\text{s}$ an.

Bei 8 W Laserleistung zeigte sich ein analoges Verhalten mit grösserer Messwertstreuung. Durch Variation von Laserleistung, Pulsdauer, Pulsanzahl und Fokusabstand liessen sich Abtragstiefe, Abtragsfläche sowie der Apexradius gezielt einstellen. Eine periodische Anordnung einzelner Kavitäten in einem Rechteck ergab ein optisches Gitter mit deutlich sichtbaren Beugungseffekten in Reflexion und Transmission.

Querschnitte eines geschliffenen Substrates (links) und einer Linsenoberfläche (rechts), roh (oben) und poliert (unten)
Eigene Darstellung



Ausschnitt von mehreren polierten Linsenoberflächen
Eigene Darstellung



Beugungseffekt von reflektiertem Sonnenlicht an mehreren rechteckig angeordneten, ablatierten Kavitäten
Eigene Darstellung



Referent

Prof. Dr. Markus Michler

Korreferent

Dr. Thomas Liebrich, RhySearch

Themengebiet

Photonics

Projektpartner

RhySearch, Buchs, SG