

## GLASBEARBEITUNG MIT LASERSTRAHLUNG



DQS zertifiziert nach  
DIN EN ISO 9001:2015  
Reg.-Nr. 069572 QM15

### Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Institutsleitung  
Prof. Constantin Häfner

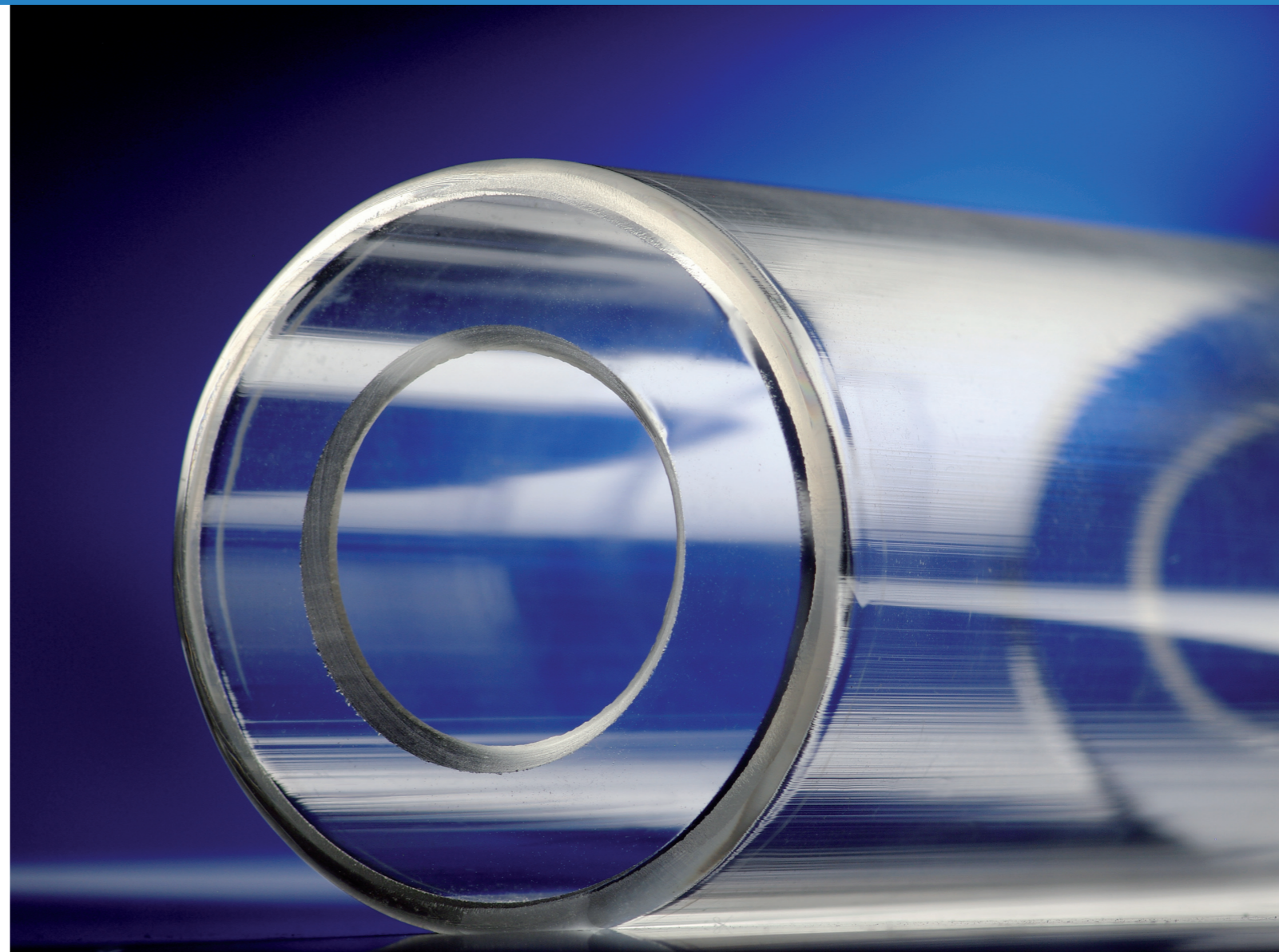
Steinbachstraße 15  
52074 Aachen  
Telefon +49 241 8906-0  
Fax +49 241 8906-121

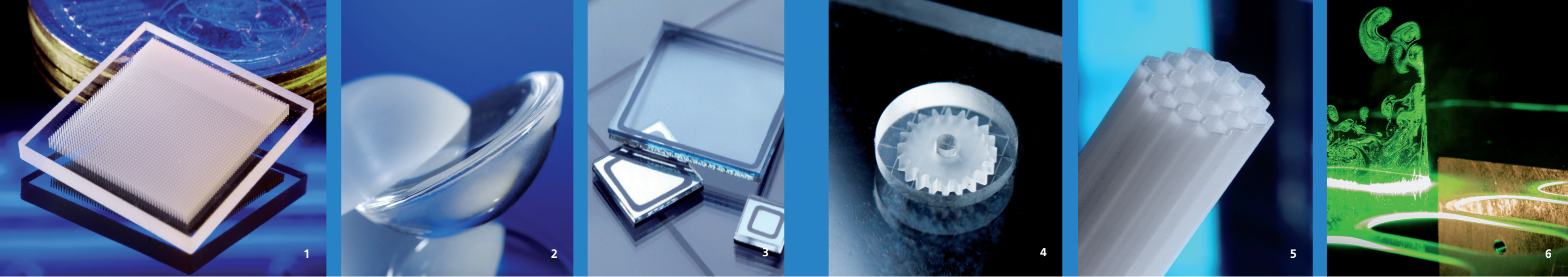
info@ilt.fraunhofer.de  
www.ilt.fraunhofer.de

### Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT

Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT zählt weltweit zu den bedeutendsten Auftragsforschungs- und Entwicklungsinstituten im Bereich Laserentwicklung und Laseranwendung. Unsere Kernkompetenzen umfassen die Entwicklung neuer Laserstrahlquellen und -komponenten, Lasermess- und Prüftechnik, sowie Laserfertigungstechnik. Hierzu zählen beispielsweise das Schneiden, Abtragen, Bohren, Schweißen und Löten sowie das Oberflächenvergüten, die Mikrofertigung und das Additive Manufacturing. Weiterhin entwickelt das Fraunhofer ILT photonische Komponenten und Strahlquellen für die Quantentechnologie.

Übergreifend befasst sich das Fraunhofer ILT mit Laseranlagentechnik, Digitalisierung, Prozessüberwachung und -regelung, Simulation und Modellierung, KI in der Lasertechnik sowie der gesamten Systemtechnik. Unser Leistungsspektrum reicht von Machbarkeitsstudien über Verfahrensqualifizierungen bis hin zur kundenspezifischen Integration von Laserprozessen in die jeweilige Fertigungslinie. Im Vordergrund stehen Forschung und Entwicklung für industrielle und gesellschaftliche Herausforderungen in den Bereichen Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Produktion, Mobilität, Energie und Umwelt. Das Fraunhofer ILT ist eingebunden in die Fraunhofer-Gesellschaft.





## GLASBEARBEITUNG MIT LASERSTRAHLUNG

Laserstrahlung bietet sich für die Bearbeitung verschiedenster Materialien an. Sie kann insbesondere im Bereich der Glasbearbeitung auf vielfältige Weise dazu verwendet werden, etablierte Prozesse signifikant zu verbessern oder komplett neue Verfahren zu schaffen. Das Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT entwickelt in Zusammenarbeit mit dem Lehrstuhl für Lasertechnik LLT der RWTH Aachen University Laserverfahren vom Polieren über die 3D-Volumenstrukturierung bis hin zum Schweißen von Glas.

### Laserpolieren und Formgebung

Beim Polieren von Glas- und Kunststoffmaterialien mit CO<sub>2</sub>-Laserstrahlung wird die zu polierende Oberfläche bis knapp unterhalb ihrer Verdampfungstemperatur erwärmt. Dabei sinkt die Viskosität der Oberfläche, wodurch die Rauheit ausfließen kann und die Oberfläche geglättet wird. Das Laserpolieren erlaubt dabei im Vergleich zu konventionellen Polierverfahren auch die schnelle Bearbeitung asphärischer Optiken mit komplexer Oberflächengeometrie. Zudem kann die Oberflächenform der Optik in einem vorgelagerten Schritt durch Materialabtrag gemäß individueller Anforderungen generiert werden. Materialabtrag und Polieren bilden zusammen mit einem dritten Schritt zur Formkorrektur eine laserbasierte Prozesskette zur Optikfertigung, welche künftig die flexible und kostengünstige Fertigung individualisierter Linsen in kleinen Stückzahlen ermöglichen soll. Die Hauptvorteile des Laserpolierens und dieser neuen Prozesskette gegenüber konventionellen Fertigungsmethoden liegen in der signifikant verringerten Herstellungszeit und der großen Flexibilität der zu polierenden bzw. zu generierenden Oberflächenform.

### Glasbearbeitung im Volumen

Fokussierte, ultrakurz gepulste Laserstrahlung wird für die Modifikation von Gläsern und Kristallen unterhalb der Oberfläche verwendet. Durch die direkte Strukturierung wird lokal der Brechungsindex des Materials verändert. Auf diese

Weise können optische Komponenten wie Wellenleiter und Volumenmarkierungen mit Farbeffekten realisiert werden. Wird ein nasschemischer Ätzprozess angeschlossen, lassen sich dreidimensionale Mikrobauteile und Mikrofluidik-Komponenten mit nahezu beliebiger Geometrie herstellen, die in der Mikromechanik und der Medizintechnik zur Anwendung kommen. Das zugrunde liegende Laserfertigungsverfahren ist das selektive laserinduzierte Ätzen (ISLE, in-volume selective laser etching). Hier wird das durch die Laserstrahlung modifizierte Material geätzt, während das unmodifizierte Material nahezu unbeeinflusst bleibt. Das ISLE-Verfahren zeichnet sich durch höchste Präzision (< 500 nm) bei gleichzeitig schneller Strukturierung ( $v > 0,1$  m/s) aus.

Beim rückseitigen Laserbohren wird das abzutragende Volumen Ebene für Ebene von der Rückseite des transparenten Werkstücks abgetragen, wobei jede Ebene mit Einzelschüssen ultrakurz gepulster Laserstrahlung abgerastert wird. Vorteile dieses Verfahrens sind: keine Konizität des Bohrkanals, keine Verunreinigung der Bohrkanäle und die Möglichkeit großer Aspectverhältnisse. Derzeit können Bohrungen mit Durchmessern von 0,35 bis 8 mm und einer Bohrtiefe von 120 mm in BK7 realisiert werden. In Quarzglas werden Bohrtiefen von bis zu 60 mm bei einem Durchmesser von 0,6 bis 8 mm erreicht. Weiterhin können mit diesem Verfahren frei definierbare Strukturen wie z.B. tordierte Vielecke und sehr filigrane Strukturen hergestellt werden, die konventionell nicht realisierbar sind.

### Laserbohren und -schneiden

Mikrobohrungen werden verstärkt in Medizin und Technik als Entlüftungs- oder Dosierungsöffnungen benötigt. Mittels ultrakurz gepulster Laserstrahlung lassen sich Bohrungen mit einem Durchmesser < 50 µm bei einer Materialstärke von 100 µm herstellen, wobei Anzahl, Anordnung und Durchmesser der Löcher variabel sind und auf die Kundenwünsche abgestimmt werden können. Für das Schneiden von Glasproben mit ultrakurz gepulster Laserstrahlung werden mehrere parallele Linien, jeweils mit einer Tiefe von einigen Mikrometern, abgetragen. Die Anzahl der Linien wird so angepasst, dass das Glas durchtrennt wird. Die Interaktion zwischen Laserstrahlung und Glasmaterial kann dabei im Voraus simuliert und die Parameter auf das gewünschte Ergebnis abgestimmt werden.

### Laserlöten

Im Zuge der fortschreitenden Erhöhung der Integrationsdichte in hermetisch gekapselten Mikrosystemen einerseits und großformatigen OLED-Fertigungen in einer langzeitstabilen, hermetisch verkapselten Atmosphäre andererseits, stellt das Packaging von Glasbauteilen eine große Herausforderung dar. Ein Ansatz ist das Glaslöten mit Laserstrahlung im nahen infraroten Wellenlängenbereich. Dieses Verfahren stellt eine Möglichkeit dar, die zum Verbinden von Glasbauteilen erforderliche Energie konzentriert und räumlich begrenzt im Glaslot zu deponieren und die Gesamterwärmung des zu fügenden Gesamtsystems zu minimieren.

### Laserschweißen

Das Schweißen von Quarzglas wird derzeit überwiegend konventionell mittels Gasbrennersystemen durchgeführt. Ein Merkmal dieses Fügeverfahrens ist eine geringe Absorption der vom Brennersystem abgestrahlten Energie, was zu einem großen Bedarf an Prozessenergie und zu einer geringen Effizienz führt. Beim Laserstrahlschweißen hingegen wird die

Energie zum Aufheizen auf die erforderliche Verarbeitungstemperatur durch CO<sub>2</sub>-Laserstrahlung eingebracht. Diese wird nahezu vollständig auf der Bauteiloberfläche absorbiert, wodurch die Effizienz im Vergleich zur konventionellen Bearbeitung signifikant gesteigert werden kann.

### Laserbonden

Das Laserstrahlbonden von Glas ist ein schmelzefreies Festkörperfügeverfahren und basiert analog zum konventionellen Bondprozess auf der Bildung von Sauerstoffbrücken. Durch eine selektive Laserbestrahlung des Fügebereichs können bei geringster Temperaturbelastung des Gesamtbauteils Fügezonen mit Bondnahtbreiten < 100 µm erreicht werden. Daher eignet sich das Verfahren besonders für das Bonden und Verkapseln von Mikrosystemen mit beweglichen Strukturen und thermisch empfindlichen Komponenten. Durch den Einsatz von absorbierenden Zwischenschichten und Laserstrahlquellen mit einer Wellenlänge im Bereich 1500 - 1900 nm können auch andere Werkstoffverbünde wie z. B. Silizium/Silizium gefügt werden.

### Ansprechpartner

Prof. Arnold Gillner  
Telefon +49 241 8906-148  
arnold.gillner@ilt.fraunhofer.de

- 1 Schneiden von Mikrobohrungen in Quarzglas.
- 2 Laserpolierte Sphäre aus Quarzglas.
- 3 Gelötete Glas/Glas, Glas/MAM, Glas/Silizium, Glas/ITO-Bauteile.
- 4 Bewegliches, montiertes Zahnrad in Quarzglas hergestellt mit ISLE (Ø 3 mm, Höhe 500 µm).
- 5 Photonische Struktur in BK7-Glas.
- 6 Schneiden von Dünnglas mit ps-Laserstrahlung.