



Lasersysteme mit Pulsdauern im Nanosekundenbereich können auf vielfältige Weise zur Mikromaterialbearbeitung eingesetzt werden.

# Materialbearbeitung mit Nanosekundenlasern

Seit einigen Jahren werden häufig ultrakurz gepulste Lasersysteme (Pulsdauern im Pikosekunden- / Femtosekundenbereich) zur Glasbearbeitung und Herstellung von kleinsten Mikrostrukturen in verschiedensten Materialien eingesetzt. Der Preis für die Laser und damit die Bearbeitungsanlagen ist dabei relativ hoch. Viele der Anwendungen lassen sich jedoch auch mit kostengünstigeren Kurzpulslasern (Pulsdauer von einer/wenigen Nanosekunden) umsetzen.

## Perforieren und Markieren

Mit Laserpulsen von wenigen Nanosekunden mit Wellenlängen im sichtbaren / UV-A-Bereich ist es möglich, in transparenten Materialien einen optischen Durchbruch zu erzeugen: Der Laserstrahl wird in oder auf das Glas so stark fokussiert, dass nichtlineare Absorption zu einer lokalen Energiedeposition führt, die sich zu einem lawinenähnlichen Prozess verstärkt. Es kommt zum sogenannten „optischen Durchbruch“ mit Plasmabildung durch freie Elektronen. Thermo-mechanischen Effekte führen zu einem schlagartigen Verdampfen von Materie, was zum Zerreißen und zu Zerstörung von Material führt – es bilden sich Mikrodefekte aus. Die Ausbreitung der Erwärmung ist lokal begrenzt.

Am Medizinischen Laserzentrum Lübeck wurde eine Bearbeitungsstation mit einem 355nm-eMOPA der Firma CryLaS GmbH, einem 3-Achsen-Verfahrtisch, einem Galvosscanner

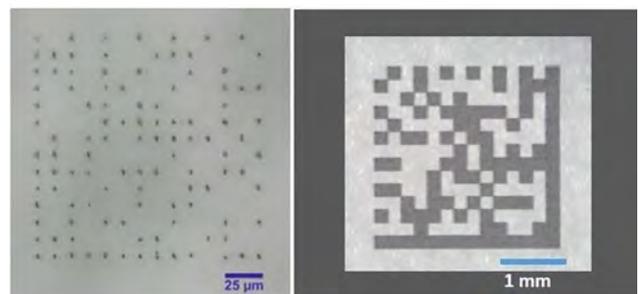


Seitenansicht einer Glasbruchkante.

und mehreren Bearbeitungsobjektiven aufgebaut. Der frequenzverdreifende, diodengepumpte Nd:YAG-Laser mit passivem Q-switch liefert in Verbindung mit einem diodengepumpten optischen Verstärker eine Pulsenergie von >80 µJ bei einer

Pulsdauer von ~1 ns und einer Pulswiederholrate von 2kHz. Mit der Anlage können definierte Bruchkanten in Glas (Dicke

200µm – 1mm) erzeugt werden. Während mit Femtosekundenlasern durch die Selbstfokussierung das Schneiden „in einem Durchgang“ möglich ist, erfolgt mit Nanosekundenlasern die Bearbeitung in mehreren Ebenen: Die Sollbruchstellen werden aus einzelnen Mikrodefekten zusammengesetzt. Dies resultiert zwar in einer langsameren Prozessgeschwindigkeit bei der Erzeugung der Bruchlinien, dafür ist aber mittels dieser Mikrodefekte bei geeigneter Wahl der Bearbeitungsparameter (Objektiv, Pulsenergie) auch das Lasern von Markierungen im Mikrobis Makromaßstab möglich: 2D-Codes, die geschützt im Material liegen, sind langlebig und beständig z.B. gegen Verkratzung oder andere äußere Einflüsse. Während bei Markierungen durch aufgeraute Oberflächen Verunreinigungen durch Bakterien ein Problem darstellen, können oberflächenneutral markierte biologische oder medizinische Produkte mit gängigen Verfahren sterilisiert werden.

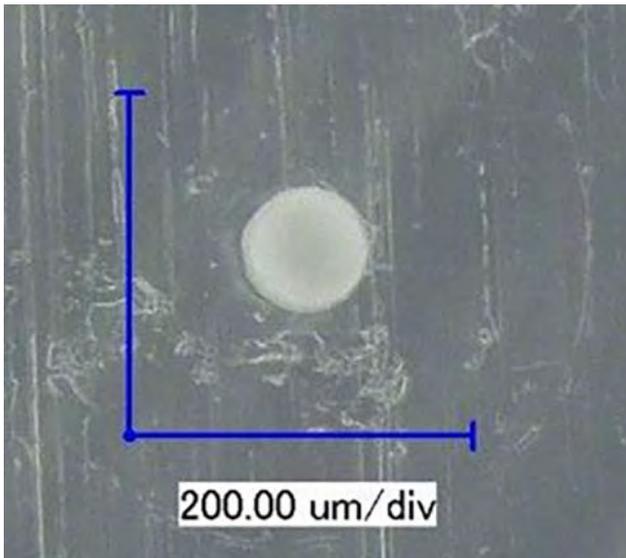


DataMatrix-Codes – links: Mikrocode in Glas. Rechts: Makrocode auf einem Lackfeld.

Eine weitere Anwendung, die mit Nanosekunden-UV-Pulsen abgedeckt werden kann, ist das Beschriften von Siebdrucklack. Bei Überschreitung einer gewissen Schwellenintensität wird in titandioxidhaltigem Siebdrucklack ein Farbumschlag erzielt, so dass Codes auch für den Anwender gut sichtbar auf Lackfeldern erzeugt werden können.

Neben Glas können auch verschiedene transparente Kunststoffe wie z.B. Cycloolefin-Copolymere mit Markierungen versehen werden. Ist die Absorption eines Kunststoffes im

Bilder: Medizinisches Laserzentrum Lübeck GmbH



Gasdiffusionsloch mit einem Durchmesser von ca.  $70\mu\text{m}$  in einer  $200\mu\text{m}$ -dicken Polypropylenmembran.

UV-Bereich zu groß, können z.B. frequenzverdoppelte Mikrochiplaser (Wellenlänge  $532\text{nm}$ ) eingesetzt werden. Diese haben aufgrund der kurzen Resonatorlänge ein zeitlich glattes, reproduzierbares Pulsprofil. Mikrodefekte können damit mit möglichst geringem Energieeintrag erzeugt werden. Das ist besonders bei sehr dünnem Glas (Dicke  $<200\mu\text{m}$ ) wichtig, da die Effekte dann räumlich stark begrenzt sein müssen.

### Nanosekunden- Excimerlaser: hochpräzise

An der Oberfläche lassen sich Glas und Kunststoffe auch mit Laserwellenlängen bearbeiten, bei denen sie stark absorbieren: die Pulsenergie eines ArF-Excimerlaser (Wellenlänge  $193\text{nm}$ ) wird innerhalb einer (je nach Material) einige  $100\text{nm}$  dünnen Schicht absorbiert – so ist eine sehr präzise Abtragung möglich. Ein großer Nachteil der Excimerlaser ist das schlechte Strahlprofil - diese Laser werden daher üblicherweise mit einer aufwändigen Optik zur Strahlhomogenisierung und maskenabbildenden Systemen betrieben. Am MLL wird eine Mikromaterialbearbeitungsstation der Firma Optec Laser Systems (Frameries, Belgien) eingesetzt (MicroMaster; ArF-Excimerlaser mit Pulsdauer  $20\text{ns}$ ).

Anwendungsmöglichkeiten sind das Einbringen funktioneller Strukturen wie Mikrobohrungen, die besonderen Anforderungen, z.B. an Volumenströme von Flüssigkeiten oder Gasen oder Diffusionsparametern von Gasen, genügen. Kooperationspartner aus dem biologischen Bereich nutzen das System aber auch, um definiert Wunden in Stanzbiopsien (humane Haut) zu erzeugen, an denen Untersuchungen zu Stammzellentherapien zur Verbesserung der Wundheilung durchgeführt werden (Fraunhofer EMB Lübeck, Experimentelle Dermatologie, Universität zu Lübeck).

Nanosekunden-Lasersysteme erlauben die Umsetzung verschiedenster Anforderungen. Flexible Materialbearbei-

tungsstationen, wie sie am MLL zur Verfügung stehen, ermöglichen nach einem „proof of concept“ auch die Fertigung von Kleinserien, um Prozesse zu evaluieren und zu optimieren. Nach erfolgreichem Abschluss dieser Phase können individuelle, vergleichsweise kostengünstige Bearbeitungssysteme geplant und implementiert werden, die optimal auf die jeweilige Fertigungsline angepasst sind. ■

Autor:  
Norbert Koop,  
Leiter Materialbearbeitung  
Medizinisches Laserzentrum Lübeck GmbH



Medizinisches Laserzentrum Lübeck GmbH  
Peter-Monnik-Weg 4  
D-23562 Lübeck  
Tel. +49 451 31 01 32 08  
[www.mll-luebeck.com](http://www.mll-luebeck.com)