

<b>Projekt:</b>	<b>Optische Komponenten und Baugruppen mit hohen Lebensdauern für Ultrakurzpuls-Laser und Systeme (Ultra-LIFE)</b>
<b>Koordinator:</b>	Dr. Alexandre Gatto Carl Zeiss Jena GmbH Carl-Zeiss-Promenade 10 07745 Jena Tel.: 03641 / 643851 e-Mail: a.gatto@zeiss.de
<b>Projektvolumen:</b>	4,9 Mio. € (ca. 46,0% Förderanteil durch das BMBF)
<b>Projektlaufzeit:</b>	01.10.2012 bis 31.03.2017
<b>Projektpartner:</b>	➤ Fraunhofer-IOF, Jena ➤ Carl Zeiss Jena GmbH, Jena ➤ LO Laseroptik GmbH, Garbsen ➤ LZH Laserzentrum Hannover e.V., Hannover ➤ NANO Precision IBS Coatings GmbH, Rheinbreitbach ➤ Forschungsinstitut für mineralische und metallische Werkstoffe, Edelsteine/Edelmetalle GmbH, Idar-Oberstein

### **Ultrakurz und hochpräzise – die neue Dimension der Lasermaterialbearbeitung**

Ultrakurze Laserpulse mit Dauern von einigen Femtosekunden ( $1 \text{ fs} = 10^{-15} \text{ s}$ ) bis hin zu wenigen Pikosekunden ( $1 \text{ ps} = 10^{-12} \text{ s}$ ) erlauben völlig neue Bearbeitungsverfahren, die mit konventionellen Werkzeugen so nicht möglich sind. Im medizinischen Bereich eröffnen sie gänzlich neue Therapiemöglichkeiten, beispielsweise durch hochpräzise und schädigungsarme Schnitte im Auge. Wesentliches Merkmal dieser Laserblitze sind extrem hohe Spitzenintensitäten, die auf Grund der starken zeitlichen Kompression bereits mit sehr geringen Pulsenergien erreicht werden können. Dies ermöglicht einen hochpräzisen Materialabtrag ebenso wie die Bearbeitung temperatursensibler Materialien ohne thermische Schädigung. In der Photovoltaikfertigung führt diese hochpräzise Bearbeitung zu effizienteren Solarzellen, bei Herstellung von LEDs oder Computerchips steigt die Ausbeute pro Wafer und bei einem der weltweit häufigsten chirurgischen Eingriffe, der Therapie des grauen Stars, werden wesentlich effizientere und kostengünstigere Verfahren möglich. Neue Therapiemöglichkeiten der Altersweitsichtigkeit machen der Lesebrille ernsthafte Konkurrenz.

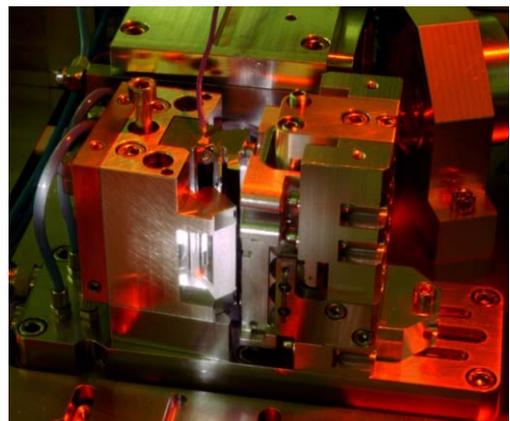


Bild 1: Im Labor konnten bereits Ultrakurzpuls-Laser mit Ausgangsleistungen im kW-Bereich demonstriert werden. (Quelle: Fraunhofer ILT)

Die führende Rolle deutscher Unternehmen auf diesem Gebiet gilt es zu nutzen, um die für die vollständige Erschließung des Potentials ultrakurzer Laserpulse wichtigen nächsten Schritte zu tun. Dazu gehören neben innovativen kostengünstigen und leistungsfähigen Strahlquellenkonzepten vor allem auch leistungsfeste, langlebige Komponenten und eine hochdynamische Strahlführung und -formung. Den Herausforderungen des Wettbewerbs stellen sich die Partner der Förderinitiative „Ultrakurzpuls-Laser für die hochpräzise Bearbeitung“, für die das BMBF in zehn Verbundprojekten etwa 20 Millionen Euro bereitstellt.

## Spitzenleistungen erfordern leistungsfeste Komponenten

Eine immer kürzere Dauer der Laserpulse führt bei etwa gleicher Gesamtenergie pro Puls zu immer höheren Spitzenleistungen während der Pulsdauer. Schnell sind hier die Belastungsgrenzen bisheriger Optiken und optischer Baugruppen erreicht.

Typische Bauelemente in Ultrakurzpulslaser-Anlagen wie optische Kristalle, Spiegel und Beugungsgitter erreichen schnell ihre Zerstörschwelle und müssen daher in kurzen Intervallen ausgetauscht werden.

Das Verbundprojekt Ultra-LIFE hat sich daher zum Ziel gesetzt, Möglichkeiten einer erheblichen Steigerung der Leistungsfähigkeit dieser Komponenten zu erforschen. Kritisch ist hierbei zum einen das Material des optischen Bauteils selbst, durch welches der Laserstrahl hindurch geführt wird (z.B. des Kristalls). Des Weiteren ist aber insbesondere die Oberfläche, auf die der Strahl zunächst trifft, entscheidend. Kleinste Fehlstellen können hier Ausgangspunkt für die Zerstörung sein.

Jedoch ist z.B. das Material bisheriger Kristalle nur bedingt für die Politur geeignet. Neue Kristallmaterialien und eine anschließende entsprechende Steigerung der Oberflächengüte können somit die Standzeit erhöhen. Spezielle Anti-Reflex-Beschichtungen oder Strukturierungen können die Leistungsfähigkeit der Komponenten weiter steigern. Gleiches gilt für Beugungsgitter. Auch für sie müssen zunächst Verfahren erforscht werden, sie mit möglichst fehlerfreien Oberflächen herzustellen oder zu reproduzieren, um anschließend geeignete Beschichtungsverfahren zu erforschen.

## Neue optische Kristalle und Hochleistungsbeschichtungen für stärkere Laser

Im Verbund werden daher zum einen neue Materialien für nichtlineare optische Kristalle und neue Herstellungsverfahren für Beugungsgitter erforscht, zum anderen verschiedene Techniken der Oberflächenbehandlung und -Beschichtung erprobt.

Für diese und weitere optische Komponenten, wie z.B. Spiegel, werden verschiedene Schichtabscheidungsverfahren, wie z.B. Plasma-Ionen unterstützte Verdampfungsprozesse, Magnetron-Zerstäuben und Ionenstrahl-Zerstäubung, als auch die Kombination neuer Schichtmaterialien, wie z.B. ternäre Oxide, erprobt und verglichen.

Das Finden der geeignetsten Kombinationen von Beschichtungsmaterial und -verfahren, der Schichtstruktur aber auch der Prozesskontrolle stellt hierbei eine große Herausforderung dar, da sie für jede Art von zu beschichtendem Bauelement individuell optimiert werden müssen.

Jeder der Partner bringt hier seine Expertise in jeweils einem oder mehreren dieser Bereiche in den Verbund ein mit dem Ziel, so zusammen optische Komponenten und Baugruppen zu erarbeiten, welche den aktuell verfügbaren in ihrer Leistungsfähigkeit um etwa das Doppelte überlegen sein werden.

Mit Erreichen dieser anspruchsvollen Ziele wird es gelingen die Ultrakurzpulslaser-Technologie auch in Anwendungsbereichen, beispielsweise von der Herstellung biokompatibler Implantate bis zur Strukturierung von Solarzellen, zu etablieren, für die die bisher hohen Wartungs- und Instandhaltungskosten noch ein Ausschlusskriterium sind.



Bild 2: Ionenstrahlquelle in einer Beschichtungsanlage nach dem Ionenstrahl-Zerstäubungskonzept (Ion Beam Sputtering, IBS) für die Herstellung hochwertiger optischer Schichtsysteme.