

Projekt:	Femtosekundenlaser höchster Leistung (FOKUS)
Koordinator:	EdgeWave GmbH Dr. Keming Du Schumanstr. 18b, 52146 Würselen Tel.: +49 (0)2405 41 86-0 e-Mail: info@edge-wave.com
Projektvolumen:	7,2 Mio € (ca. 58,4 % Förderanteil durch das BMBF)
Projektlaufzeit:	01.03.2012 bis 31.08.2015
Projektpartner:	➤ EdgeWave GmbH, Würselen ➤ Lumera Laser GmbH, Kaiserslautern ➤ FEE GmbH, Idar-Oberstein ➤ JENOPTIK Laser GmbH, Jena ➤ Universität Hamburg, Hamburg ➤ Fraunhofer ILT, Aachen ➤ Dausinger & Giesen GmbH, Stuttgart ➤ Amphos GmbH, Aachen

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.

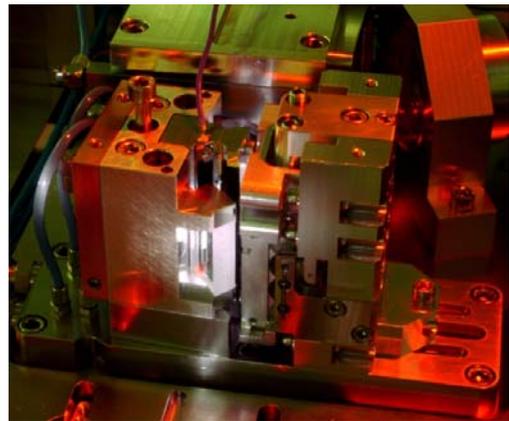


Bild 1: Im Labor konnten bereits Ultrakurzpulslaser mit Ausgangsleistungen im kW-Bereich demonstriert werden (Quelle: Fraunhofer ILT)

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 „Ultrakurzpulslaser für die hochpräzise Bearbeitung“, für die das BMBF in zehn Verbundprojekten etwa 20 Millionen Euro bereitstellt.

Ultrakurzpuls laser höchster Leistung – Vom Weltrekord in die industrielle Anwendung

Grundlage für den wirtschaftlichen Einsatz von Ultrakurzpuls Lasern sind industrietaugliche, also robuste und wartungsarme Strahlquellenkonzepte, die eine weitere Erhöhung der Ausgangsleistung erlauben. Gleichzeitig wird für die Entwicklung und Etablierung weiterer neuartiger Laserprozesse für die Materialbearbeitung die Kombination von hoher mittlerer Leistung und kürzeren Pulsdauern benötigt.



Bild 2: Neuartige Laserkristalle erlauben die stabile Erzeugung ultrakurzer Laserpulse bei mittleren Ausgangsleistungen im kW-Bereich (Quelle: FEE GmbH)

Eine der zentralen Herausforderungen dabei besteht vor allem darin, die üblicherweise mit der Verkürzung der Pulsdauern einhergehende Zunahme der Komplexität der Lasersysteme durch geeignete Strahlquellenkonzepte zu verhindern. Dies führt direkt auch zu niedrigeren Kosten solcher Ultrakurzpuls Lasersysteme, so dass sich dadurch auch weitere Anwendungsfelder für die Ultrakurzpulstechnologie erschließen lassen. Für den Einsatz in der Materialbearbeitung – etwa von Solarzellen oder von Faserverbundwerkstoffen für den Leichtbau – ermöglichen Strahlquellen der angestrebten Leistungsklasse eine deutliche Steigerung der Bearbeitungsgeschwindigkeit, so dass für die Ultrakurzpulstechnologie über die Mikromaterialbearbeitung hinaus zunehmend auch der Einsatz in der Makromaterialbearbeitung wirtschaftlich wird. Die Arbeiten schaffen im Erfolgsfall die Grundlage für einen zügigen Technologietransfer der bislang im Labor erzielten und international beachteten Rekordwerte in die industrielle Anwendung. Nach der erfolgreichen Umsetzung industrietauglicher Ultrakurzpuls laser mit Pulsdauern im Bereich einiger

Pikosekunden folgt nun der nächste Schritt hin zu kürzeren Pulsdauern und höheren Ausgangsleistungen. Die herausragende Position deutscher Unternehmen auf diesem Gebiet wird damit gesichert und weiter ausgebaut.

Kürzer, stärker, produktiver – Die nächste Generation der Ultrakurzpuls laser

Ziel des Vorhabens ist die Realisierung leistungsstarker, robuster und kompakter Ultrakurzpuls laser der nächsten Generation. Dabei sollen neue Laserkristalle eingesetzt werden, um das Ziel der stabilen Erzeugung von Laserstrahlung mit Ausgangsleistungen im Bereich bis 1000 W bei Pulsdauern im Bereich von 200 fs bis 1 ps zu erreichen. Der Einsatz von Ytterbium als aktivem Ion zur Verstärkung der Laserstrahlung erlaubt die Erzeugung kürzerer Laserpulse. Gleichzeitig muss für eine Steigerung der Ausgangsleistung störende Wärme effektiver aus den Laserkristallen, in denen die Ytterbium-Ionen eingebettet sind, abgeführt werden. Dies soll durch das vorgeschlagene Strahlquellendesign in Verbindung mit neuen Kristallmaterialien mit einer besseren Wärmeleitfähigkeit erreicht werden. Innovative Pumpmodule mit stabilisierter Wellenlänge und verringertem Strombedarf sollen genutzt werden, um die zur Verstärkung der Laserstrahlung benötigte Energie effizienter in die Laserkristalle einzubringen. Um die gesteigerte Ausgangsleistung industriell nutzen zu können, werden darüber hinaus weitere Komponenten, etwa zum Schutz der Strahlquellen vor der Laserstrahlung, die bei der Bearbeitung vom Werkstück möglicherweise zurück reflektiert wird, benötigt. Zudem müssen für die kostengünstige Herstellung der innovativen Laserkristalle entsprechend produktive Kristallzuchtprozesse erarbeitet werden. Der entlang der Wertschöpfungskette strukturierte Verbund wird sich diesen grundlegenden Fragestellungen annehmen, so dass im Anschluss an das Vorhaben mit einer zügigen Entwicklung und Markteinführung von Ultrakurzpuls Lasern der nächsten Generation zu rechnen ist.