

Projekt:	innovatives Pikosekunden-Lasersystem für die hochpräzise industrielle Materialbearbeitung (iPLASE)
Koordinator:	Dr. Peer Burdack InnoLight GmbH Garbsener Landstr. 10 30419 Hannover Tel.: 0511 / 760 727-14 e-Mail: burdack@innolight.de
Projektvolumen:	1,47 Mio. € (ca. 61% Förderanteil durch das BMBF)
Projektlaufzeit:	01.01.2012 bis 31.12.2014
Projektpartner:	➔ InnoLight GmbH, Hannover ➔ BATOP GmbH, Jena ➔ IAP Friedrich-Schiller-Universität, Jena

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, 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.

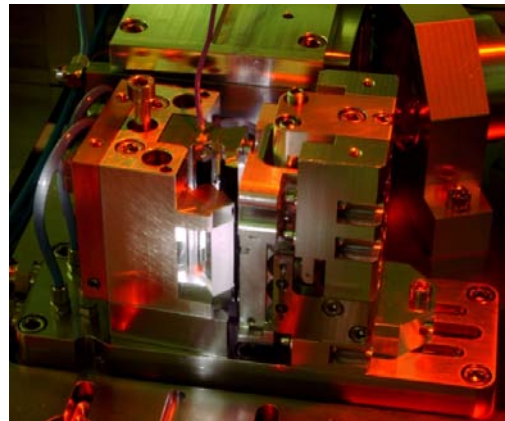


Bild 1: Im Labor konnten bereits Ultrakurzpulslaser mit Ausgangsleistungen im kW-Bereich demonstriert werden. (Quelle: Fraunhofer ILT)

Die führende Rolle deutscher Unternehmen auf diesem Gebiet soll genutzt werden, um die für die vollständige Erschließung des Potenzials 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.

Ultrakurz – und dennoch: kompakt, zuverlässig und preiswert

Eine wesentliche Voraussetzung für die Nutzung ultrakurzer Laserpulse für industrielle und medizinische Anwendungen ist die Verfügbarkeit robuster, zuverlässiger, benutzerfreundlicher und vor allem kostengünstiger Strahlquellen. Produktive Bearbeitungsprozesse zusammen mit der dazu erforderlichen System- und Anlagentechnik sind ebenfalls unabdingbar.

Pikosekunden-Pulsdauern sind heutzutage in ihrem Aufbau jedoch immer noch sehr komplex, die ultrakurzen Pulse werden in der Regel durch Kopplung verschiedener Laserformen erzeugt. Diese Systeme besitzen eine Vielzahl justierempfindlicher Komponenten und zusätzlicher Elemente zur Selektion und Nachverstärkung einzelner Pulse. Sie werden deshalb oft mit dem Prädikat „nicht industrietauglich“ und „zu teuer“ versehen.

Ziel des Verbundprojekts iPLASE ist es deshalb, ein neues, zukunftsweisendes Lasersystem zu erarbeiten, das eine einfache, kompakte und kosteneffiziente Erzeugung von ultrakurzen Laserpulsen erlaubt. Der innovative Ansatz dieser Strahlquelle ist die Verwendung eines neuartigen verstärkten Mikrochiplasers, der in seiner Pulsdauer zeitlich komprimiert wird.

Grundidee zur robusten und kosteneffizienten Erzeugung ultrakurzer Pulse ist es, zunächst kurze Pulse auf einfache und preisgünstige Weise auf einem Laser-Chip zu produzieren, diese anschließend zu verstärken und durch zeitliche Kompression mit speziellen optischen Elementen auf weniger als zehn Pikosekunden zu stauchen. Dieses Prinzip bietet ein enormes Potenzial, als kostengünstiger industrieller Laser herkömmliche modengekoppelte Systeme für eine Vielzahl von Anwendungen abzulösen.

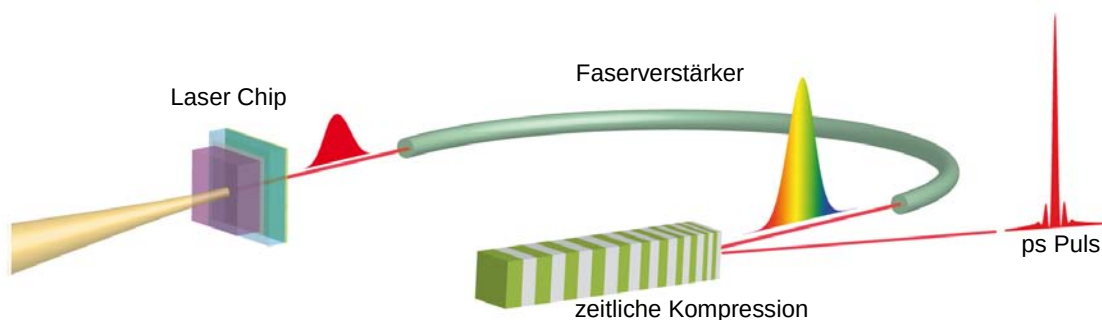


Bild 2: iPLASE Konzept zur Erzeugung kurzer Pikosekunden Laserpulse (Quelle: IAP, Friedrich-Schiller-Universität Jena)

Neues Lasersystem verhilft Deutschland zu weiterem Ausbau seiner Spitzenposition

Im Verbund wird daher die Strahlenquelle selbst und ihre Optimierung erforscht, aber auch die effiziente faseroptische und volumenoptische Verstärkung erarbeitet. Mit der anschließenden Pulskompression und der Integration der Komponenten in ein Gesamtsystem soll ein wartungsarmes, einfaches und kostengünstiges Pikosekundenlasersystem demonstriert werden.

Die bereits im BMBF Verbundvorhaben BIVMIF erforschten Mikrochip-Laser eignen sich hier ideal als Ausgangspunkt für diesen Ansatz. Um diese noch kompakter und robuster zu machen, wird ein Aufbau ohne justierempfindliche Spiegel erforscht, sodass ein System „aus einem Guss“ aufgebaut werden kann.

Die anschließende Verbreiterung des Frequenzspektrums in speziellen optischen Fasern - als Voraussetzung für die zeitliche Kompression - ist ebenfalls absolutes technisches Neuland. Die Pulse werden verstärkt und erst anschließend wird durch neuartige optische Bauteile, in deren Inneren der Brechungsindex schichtweise variiert, und geschickte Überlagerung der verschiedenen Frequenzen eine zeitliche Kompression in den Bereich unter 10 Pikosekunden hervorgerufen. Diese kurzen Pulse mit sehr hohen Spitzenintensitäten eignen sich nun auch hervorragend für die Konversion in den sichtbaren und ultravioletten Spektralbereich.

Das im Verbundprojekt angestrebte Ultrakurzpuls-Lasersystem adressiert einen umfangreichen Wachstums-Markt, welcher von einem jährlichen Bedarf von mehr als 1000 Stück solcher Lasersysteme ausgeht, davon jeweils ein Drittel in Europa, USA und Fernost. Die angestrebten Ziele gehen dabei deutlich über einzelwirtschaftliche und einzelwissenschaftliche Ziele hinaus und verhelfen Deutschland zu einem weiteren Ausbau seiner Spitzenposition in der Lasertechnik.