



ULTRAKURZPULSLASER



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

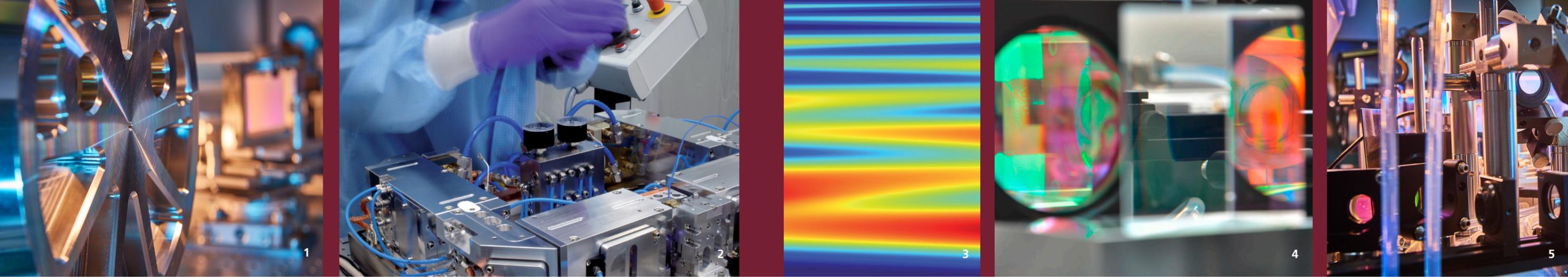
info@ilt.fraunhofer.de
www.ilt.fraunhofer.de

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.





ULTRAKURZPULSLASER

Ultrakurzpulslaser finden nicht nur in Wissenschaft und Forschung, sondern auch in der Industrie immer größere Verbreitung. Die Erzeugung, Charakterisierung und Anwendung ultrakurzer Laserpulse ist am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ILT seit über 20 Jahren Gegenstand der Forschung. Wir bieten kundenspezifische Strahlquellenlösungen für verschiedene Leistungsbereiche von wenigen Watt bis zu mehreren kW, Pulsenergien von μJ bis Multi-10 mJ bei Pulsdauern von unter 30 fs bis 10 ps und mehr.

Maßgeschneiderte Hochleistungs-Ultrakurzpulsverstärker für die Industrie

Die Fraunhofer ILT-Experten nutzen ein breites Portfolio verschiedener Laserverstärkerkonzepte auf Basis von Yb-dotierten Kristallen. Dies beinhaltet – je nach Leistungsklasse – Stab-, Multi-Stab-, INNOSLAB- und Scheibenverstärker. Die Verstärker zeichnen sich durch eine beugungsbegrenzte Strahlqualität und bandbreitebegrenzte Pulsdauern aus. Bei Pulsdauern von einigen 100 fs werden zurzeit mittlere Leistungen von 1 W bis zu 10 kW, Repetitionsraten von 10 kHz bis 100 MHz und Pulsenergien von einzelnen 10 μJ bis 10 mJ adressiert.

Alleinstellungsmerkmal ist die am Fraunhofer ILT entwickelte und patentierte INNOSLAB-Technologie. Mit Yb:YAG als aktivem Medium werden bei Pulsdauern von 700 fs einstufig (zweistufig) Ausgangsleistungen $> 500\text{ W}$ ($> 1000\text{ W}$) bei Strahlqualitäten $M^2 \sim 1,10 \times 1,40$ erreicht. Diese lassen sich durch räumliche Filterung des Ausgangsstrahls auf $M^2 \sim 1,10 \times 1,10$ verbessern.

Titel: Multi-Pass-UKP-Scheibenverstärker.

1 Modul zur nichtlinearen Pulskompression.

2 Yb-INNOSLAB Verstärker

mit 500 W Ausgangsleistung.

Im Rahmen des Fraunhofer Clusters of Excellence Advanced Photon Sources CAPS soll die Ausgangsleistung dieser Strahlquellen auf über 5 kW skaliert werden.

Wesentlicher Bestandteil der Arbeiten ist die maßgeschneiderte Adaption der INNOSLAB-Plattform an die Anforderungen von Kunden aus Industrie und Forschung im Hinblick auf Kompaktheit, Justage, Langzeitstabilität und spezielle Pulsparameter. Neben INNOSLAB-Verstärkern werden auch andere Laserplattformen wie Faser-, Stab- oder Scheibenlaser kundenspezifisch adaptiert, kombiniert und weiterentwickelt.

Fraunhofer Cluster of Excellence Advanced Photon Sources CAPS

Im 2018 initiierten Fraunhofer Cluster of Excellence Advanced Photon Sources CAPS bündelt die Fraunhofer-Gesellschaft die Kompetenzen von zurzeit 13 Fraunhofer-Instituten in den Bereichen Strahlquellenentwicklung, Systemtechnik und Anwendungen von Ultrakurzpulslasern. Gemeinsam mit dem Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik IOF koordiniert das Fraunhofer ILT dieses Vorhaben.

Bis 2022 sollen Lasersysteme mit Leistungen im 10 kW-Bereich für Applikationen in Industrie und Forschung entstehen. Hierfür werden Strahlquellen entwickelt, die die mittleren Leistungen aktueller Ultrakurzpulslaser um eine Größenordnung übertreffen. Diese Strahlquellen ermöglichen die Skalierung ultrapräziser Fertigungsverfahren sowie die Erschließung neuer Pulsdauer- und Wellenlängenbereiche für die Grundlagenforschung und die Messtechnik.

Kernstück der Cluster-Infrastruktur am Fraunhofer ILT ist die Einrichtung einer User-Facility, in der die weltweit einzigartigen Strahlquellen Partnern aus Industrie und Grundlagenforschung für Applikationsexperimente zur Verfügung gestellt werden.

Nichtlineare Pulskompression

Während die Ausgangspulsdauern Yb-basierter Hochleistungs-Ultrakurzpulslaser bauartbedingt auf einige 100 fs begrenzt sind, werden für Anwendungen in Industrie und Forschung zunehmend kürzere Pulsdauern nachgefragt.

Mit einem am Fraunhofer ILT entwickelten und patentierten, flexiblen und kompakten Zusatzmodul kann die Pulsdauer durch nichtlineare spektrale Verbreiterung in einer Multipass-Zelle mit anschließender Dispersionsanpassung erheblich verringert werden. Das Verfahren erreicht eine hohe Effizienz von über 90 Prozent ohne die Strahlqualität zu beeinflussen und wird bisher bei Ausgangsleistungen bis zu 500 W eingesetzt. Das Verfahren ist im Pulsenergiebereich von einigen μJ bis hin zu mehr als 10 mJ skalierbar. Die kürzesten bisher demonstrierten Pulsdauern liegen bei 25 fs bei einem Kompressionsfaktor von > 20 .

Simulation

Für Auslegung, Design und Optimierung wurden umfangreiche Softwaretools entwickelt, mit denen sich die für Ultrakurzpuls- und Hochleistungslaser relevanten Effekte abbilden lassen. Diese ermöglichen eine geschlossene dreidimensionale Analyse der untersuchten Systeme:

- Wellenoptische Berechnung der Ausbreitung von Laserstrahlung sowie ihrer Transformation mittels aktiver und passiver optischer Elemente
- Modellierung von 3- und 4-Niveau-Verstärkungsmedien
- Berücksichtigung von Verstärkung, Pumplichtverteilung, Ratengleichungen, Wärmeleitung, Kerr-Effekt, Selbstphasenmodulation, Dispersion und parasitären Effekten

Ansprechpartner

Dr. Peter Rußbüldt
Telefon +49 241 8906-303
peter.russbueldt@ilt.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Hans-Dieter Hoffmann
Telefon +49 241 8906-206
hans-dieter.hoffmann@ilt.fraunhofer.de

3 Modellierung von INNOSLAB-Verstärkerstrahlengängen.

4 Detailansicht eines nichtlinearen Pulskompressionsmoduls.

5 Detailansicht eines kW-Lasersystems.