



Blick durch ein Beobachtungsfenster während des MPC-Betriebs.

Entwicklung einer Multipasszelle zur Pulskompression im nahen Infrarotbereich

In den letzten Jahren wächst zunehmend das Interesse an Laserquellen mit einer hohen Pulsenergie und hoher Repetitionsrate im kurzwelligen Infrarot (1,4–3 μm) für wissenschaftliche und industrielle Anwendungen. Im Vergleich zu den etablierten Strahlungsquellen bei 1 μm bietet die größere Wellenlänge fundamentale Vorteile für einige nichtlineare Konversionsprozesse wie z. B. die Erzeugung von THz- oder weicher Röntgenstrahlung. Für eine effiziente Frequenzkonversion, z. B. durch Erzeugung hoher harmonischer (High-Harmonic-Generation HHG), werden zudem Pulsdauern von nur wenigen Zyklen pro Puls benötigt. Auf Thulium (Tm)-dotierten Fasern oder Kristallen basierende Laser, die bei 2 μm emittieren, können diese kurzen Pulsdauern nicht direkt erzeugen.

Verkürzung der Pulsdauer mit einer Multipass-Zelle

Neben der spektralen Verbreiterung in gasgefüllten Kapillaren haben sich Multipass-Zellen (MPC) als Ansatz für eine nachträgliche Verkürzung der Pulsdauer herauskristallisiert. Sie erhalten die Strahlqualität des Eingangsstrahls und bieten die höchste Gesamttransmission aller Verfahren zur Pulsverkürzung. Bei 1 μm Wellenlänge konnte dies bereits bei der erstmaligen Demonstration dieser Technik durch das Fraunhofer ILT im Jahr 2016 gezeigt werden. Nach heutigem Stand wurden bei 2 μm Wellenlänge jedoch weder mehr als 1 mJ Pulsenergie noch mehr als 100 W Durchschnittsleistung in einer MPC spektral verbreitet und anschließend komprimiert.

Großes Potenzial der MPC-Technologie

Mithilfe eines Tm-Faserlasers des Fraunhofer IOF ist es gelungen, bei 1,9 μm Wellenlänge in einer mit Krypton gefüllten MPC Pulsenergien von 1,6 mJ bei einer Repetitionsrate von 100 kHz spektral zu verbreitern. Mit der anschließenden zeitlichen Kompression konnten bei einer Gesamttransmission von 95 Prozent Pulsdauern von 25 fs erreicht werden, was vier optischen Zyklen entspricht. Diese einzigartigen Ergebnisse demonstrieren die Übertragbarkeit und das enorme Potenzial der MPC-Technologie im kurzwelligen Infrarotbereich und stellen einen wichtigen Meilenstein auf dem Weg zur effizienten Erzeugung von weichen Röntgenstrahlen im Wasserfenster dar.

Das diesem Bericht zugrundeliegende FuE-Vorhaben wurde im Auftrag des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) unter dem Förderkennzeichen 01DR20009A durchgeführt.

Autor: Lucas Eisenbach M. Sc., lucas.eisenbach@ilt.fraunhofer.de



Kontakt

Dr. Peter Rußbüdt
Gruppenleiter Ultrakurzpulslaser
Telefon +49 241 8906-303
peter.russbuedt@ilt.fraunhofer.de