

## **Jenaer Laserphysiker demonstrieren neue Leistungsrekorde für Ultrakurzpulslaserquellen im Wellenlängenbereich des MIR**

Ultrakurze Laserpulse mit einer Dauer von wenigen optischen Zyklen und einer Zentralwellenlänge im sogenannten Wellenlängenbereich der molekularen Fingerabdrücke (4-20  $\mu\text{m}$ ) spielen eine extrem wichtige Rolle für messtechnische Anwendungen in der Umwelttechnik, Krebsdiagnostik und der Detektion von Sprengstoff bzw. chemischen Kampfstoffen. „Ultrakurz“ bedeutet dabei eine Dauer von wenigen 10 Femtosekunden ( $10^{-15}$ ). In dieser Zeitspanne legt das Licht gerade mal eine Strecke von weniger als einem Tausendstel der Dicke eines menschlichen Haares zurück. Derart kurze Pulsdauern können nur durch die Anwesenheit enorm vieler Frequenzen im Pulsspektrum hervorgerufen werden. Genau solch ein reichhaltiges Spektrum ist die Grundlage vieler Applikationen in der Spektroskopie. Um die existierende Technologie signifikant zu verbessern bzw. neue Messmethoden mit höherer Sensitivität und kürzeren Messzeiten zu ermöglichen, sind leistungsstärkere Laserquellen nötig. Im Rahmen des Projektes Nukleus wird ebendiese Quellenentwicklung adressiert.

Basierend auf den den am Institut für Angewandte Physik neu entwickelten Thulium-basierten Ultrakurzpulslaserfasern konnten Jenaer Wissenschaftler Laserpulse mit nur 2 optischen Zyklen um 2  $\mu\text{m}$  Wellenlänge bei bisher ungekannter Durchschnittsleistung realisieren. Dazu werden die Ausgangspulse eines Hochleistungsfaserlasers durch die Propagation innerhalb einer gasgefüllten Hohlkernfaser aufgrund der speziellen Eigenschaften der Faser zeitlich verkürzt. Dieses Konzept ist wie das des Faserlasers hochleistungstauglich. Daher eignet sich die Kombination Thulium-basierter Faserlaser mit der hier angewendeten, sogenannten nichtlinearer Pulskompression ausgesprochen gut zur Realisierung intensiver Laserpulse um 2  $\mu\text{m}$  Wellenlänge mit wenigen optischen Zyklen und bei hoher Durchschnittsleistung. Im konkreten Kompressionsexperiment konnte eine Pulskompression auf 13 Femtosekunden (zwei optische Zyklen) Pulsdauer bei 43 Watt Durchschnittsleistung realisiert werden. Diese Ergebnisse und die physikalische Hintergründe des hier skizzierten Gesamtkonzepts wurden kürzlich auf der Fachkonferenz „Advanced Solid State Lasers“ in Nagoya, Japan vorgestellt. Im Rahmen der „student presentation awards“ wurde die Präsentation der Arbeit durch Martin Gebhardt von einer Fachjury als beste Präsentation der Konferenz ausgezeichnet.

Die hier beschriebene Ultrakurzpulslaserquelle liefert die höchste jemals demonstrierte Durchschnittsleistung in Kombination mit Pulsdauern von wenigen optischen Zyklen um 2  $\mu\text{m}$  Emissionswellenlänge. Basierend auf dieser Quelle konnten die Jenaer Wissenschaftler eine einstufige nichtlineare Frequenzkonversion in den interessanten mittleren Infrarotbereich (4-20  $\mu\text{m}$ ) mit ebenso außergewöhnlichen Laserparametern realisieren. Die 2  $\mu\text{m}$  Laserquelle konnte zur Erzeugung von nahezu einem halben Watt Ausgangsleistung im Spektralbereich um 12  $\mu\text{m}$  Wellenlänge. Dabei wurde eine Bandbreite von mehr als einer Oktave erreicht, welches, gepaart mit der hohen Durchschnittsleistung, extrem interessant für Applikationen in der Spektroskopie ist.

[1] M. Gebhardt, C. Gaida, T. Heuermann, F. Stutzki, C. Jauregui, J. Antonio-Lopez, A. Schulzgen, R. Amezcua-Correa, J. Limpert, and A. Tünnermann, "Nonlinear pulse compression to 43 W GW-class few-cycle pulses at 2  $\mu\text{m}$  wavelength," *Opt. Lett.* 42, 4179-4182 (2017)

[2] I. Pupeza, D. Sánchez, J. Zhang, N. Lilienfein, M. Seidel, N. Karpowicz, T. Paasch-Colberg, I. Znakovskaya, M. Pescher, W. Schweinberger, V. Pervak, E. Fill, O. Pronin, Z. Wei, F. Krausz, A. Apolonski, and J. Biegert, *Nat. Photonics* 9, 721 (2015).