



1

HOCHREPETIERENDE FEW-CYCLE-PULS-ERZEUGUNG FÜR HOCHINTENSITÄTSPHYSIK

HIGH REPETITION RATE FEW-CYCLE PULSE GENERATION FOR HIGH-FIELD PHYSICS

Hochintensive Laserpulse ultrakurzer Pulsdauer eröffnen die Möglichkeit der Erzeugung kohärenter kurzwelliger Strahlung im extremen Ultraviolettbereich. Aufgrund der besonderen Eigenschaften hat diese Strahlung das Potenzial zeitaufgelöste, 3-dimensionale Vorgänge in kleinsten Strukturen, z. B. Zellen, aufzulösen [1]. Diese Strahlquellen, die typischerweise auf einem Labortisch Platz finden, stellen damit für gewisse Anwendungen eine ressourcenschonende Alternative zur Erzeugung von EUV-Strahlung in Hochenergiebeschleunigern dar. Allerdings ist die Anwendbarkeit bisher dadurch begrenzt, dass die verwendeten Lasersysteme in ihren Wiederholraten beschränkt sind.

Kombiniert man das Faserlaserkonzept mit dem Konzept der optisch parametrischen Verstärkung, werden ultrakurze, hochintensive Pulse bei bisher nicht erreichten hohen Wiederholraten möglich [2]. Dazu verwendet man einen Titan-Saphir-Oszillator, dessen Ausgang in zwei Teile aufgespalten wird (Abb. 1). Einen Teil kann man über eine nichtlineare Wechselwirkung in einer photonischen Kristallfaser zur Verstärkungswellenlänge der Faserverstärker schieben.

1 Schematischer Aufbau des optisch parametrischen Verstärkers zur Erzeugung von Few-cycle-Laserpulsen. Die eingebettete Abbildung zeigt die komprimierten Pulse.

High-intensity ultrashort laser pulses enable the generation of coherent radiation in the extreme ultraviolet region of the spectrum. Due to the remarkable properties of the radiation, it has the potential to be used for time-resolved, three-dimensional investigation of small structures, e. g. cells [1]. For specific applications these sources, that are of table-top size, constitute an resource-efficient alternative to generation of EUV radiation in high energetic accelerators. However, applicability was previously limited due to the restricted repetition rate in the laser systems used.

Combining the fiber laser concept with the concept of optical parametric amplification, ultrashort, high-intensity pulses can be obtained at unprecedented repetition rates [2]. For this purpose, a titanium-sapphire oscillator can be used by splitting its output into two parts (Fig. 1). One part can be shifted to the gain wavelength of the fiber amplifiers by exploiting a nonlinear interaction in a photonic crystal fiber.

1 Schematic experimental setup of the few-cycle optical parametric chirped pulse amplification systems. The inset shows the compressed pulses.

Diese erhöhen die Pulsenergie zu 1 mJ bei etwa 700 fs Pulsdauer. Frequenzverdoppelung stellt dann die Pumppulse für den optisch parametrischen Verstärker zur Verfügung. Der zweite Teil des Oszillators durchläuft einen Pulsformer und einen Pulsstreckler, um die Dauer auf die etwa 700 fs Pumppulse anzupassen. In einer zweistufigen optisch parametrischen Verstärkung wird dann die Pulsenergie auf 135 μ J erhöht. Präzise Kompression mit Hilfe des Pulsformers ermöglichte eine Kompression nahe dem physikalischen Limit. Dadurch entstehen Sub-5 fs-Pulse mit 12 GW Pulsspitzenleistung bei 30 kHz Wiederholrate (Abb. 1).

The amplifiers increase the pulse energy to 1 mJ at a pulse duration of 700 fs. Frequency doubling is used to generate the pump pulses for the optical parametric amplifier. The second part of the oscillator traverses a pulse shaper and pulse stretcher to match the pump pulse duration of about 700 fs. A two-stage optical parametric amplifier increases the pulse energy to 135 μ J. Precise compression close to the physical limit is made possible by using a pulse shaper. In consequence, sub-5 fs pulses with 12 GW peak power are generated at 30 kHz repetition rate (Fig. 1).

Literatur/References

- [1] Raines, K. S.; Salha, S.; Sandberg, R. L.; Jiang, H.; Rodriguez, J. A.; Fahimian, B. P.; Kapteyn, H. C.; Du, J.; Miao, J.: Three-dimensional structure determination from a single view, *Nature* 463 (2010); 214–217.
- [2] Rothhardt, J.; Hädrich, S.; Seise, E.; Krebs, M.; Tavella, F.; Willner, A.; Düsterer, S.; Schlarb, H.; Feldhaus, J.; Limpert, J.; Rossbach, J.; Tünnermann, A.: High average power few-cycle laser pulses delivered by fiber pumped OPCPA system, *Opt. Express* 18 (2010); 12719–12726.

AUTHORS

*Steffen Hädrich*¹
*Jan Rothhardt*¹
*Stefan Demmler*¹
*Christoph Joche*¹
Jens Limpert^{1,2}

¹ *Institut für Angewandte Physik,
Friedrich-Schiller-Universität Jena*

² *Fraunhofer IOF*

CONTACT

Prof. Dr. Jens Limpert
Phone +49 3641 947-811
jens.limpert@iof.fraunhofer.de