

Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät

Institut für Physik

Fachgebiet: Experimentalphysik

Betreuer: Prof. Dr. Eleftherios Goulielmakis

Ihr Name: Zekun Pi

e-mail: zekun.pi@uni-rostock.de

Titel Ihrer Arbeit

Synthese und vektorielle Charakterisierung ultrakurzer Lichttransienten

EN Titel: Synthesis and vectorial characterization of ultrafast light transients

Deutsche Zusammenfassung

In den vergangenen zehn Jahren haben sich Ytterbium-dotierte Kalium-Gadolinium-Tungstat-Laser (Yb:KGW), die bei 1030 nm operieren, als vielversprechende Alternativen zu Ti:Saphir-Systemen etabliert. Sie bieten hohe Energieskalierbarkeit, hohe Wiederholraten sowie geringere Kosten und Komplexität für die Erzeugung von Femtosekundenpulsen im Millijoule-Bereich. Ihre lange Pulsdauer (~ 100 fs) hat jedoch die Anwendung in der ultraschnellen Wissenschaft eingeschränkt. Diese Dissertation etabliert einen systematischen Ansatz zur Erzeugung und Charakterisierung intensiver ultraschneller Lichttransienten aus Yb:KGW-Verstärkern. Durch den Einsatz eines einzelnen mit unter Druck stehendem Neon gefüllten Hohlkernfasermoduls (HCF) als Nachkompressor wurde eine spektrale Verbreiterung im Petahertz (PHz)-Bereich von über 1 PHz erreicht, was eine zeitliche Kompression von 170 fs auf 8 fs ermöglichte. Aufbauend darauf wurden wellenformkontrollierte Einzykluspulse (3,2 fs 1,1 optische Zyklen bei 880 nm) direkt aus einem Yb:KGW-Verstärker erzeugt. Weitere Fortschritte nutzten ein Dual-HCF-Modul zur Erzeugung von Superkontinua über mehr als 3,5 Oktaven (170–1900 nm). Durch Lichtfeldsynthese mehrerer spektraler Kanäle (380–1000 nm) wurden Einzykluspulse von 2,14 fs erzeugt, während eine erweiterte Synthese bis 1500 nm 1,8 fs Pulse mit einem Intensitätsprofil von ~ 600 as lieferte. Innerhalb des Lichtfeldsynthesizers wurden zudem Wenige-Zyklen-Pulse im Bereich 1000–1500 nm in vektorielle Wellenformen moduliert. Mithilfe des zweidimensionalen homochromatischen Attosekunden-Streakings (2D-HAS) wurde die vollständige zeitliche Entwicklung vektorieller Lichtfelder mit Attosekunden-Zeitauflösung zugänglich gemacht. Insgesamt führt diese Dissertation eine neue Klasse Yb:KGW-basierter Lichtquellen ein und eröffnet neue Möglichkeiten zur Kontrolle der Licht-Materie-Wechselwirkung an der PHz-Grenze sowie für attosekundenaufgelöste Materialstudien.

Englisch Zusammenfassung

Over the past decade, ytterbium-doped potassium gadolinium tungstate (Yb:KGW) lasers operating at 1030 nm have emerged as promising alternatives to Ti:sapphire systems, offering high energy scalability, high repetition rates, and reduced cost and complexity for generating millijoule-level femtosecond pulses. However, their long pulse duration (~ 100 fs) has limited applications in ultrafast science. This thesis establishes a systematic pathway for generating and characterizing intense ultrashort light transients from Yb:KGW amplifiers. Using a single hollow-core fiber (HCF) filled with pressurized neon, petahertz (PHz)-scale spectral broadening exceeding 1 PHz was achieved, enabling compression from 170 fs to 8 fs. Further optimization produced waveform-controlled single-cycle pulses (3.2 fs, 1.1 optical cycles at 880 nm) directly from a Yb:KGW amplifier. Subsequently, a dual-HCF module generated supercontinua spanning over 3.5 octaves (170–1900 nm). Light-field synthesis of multiple spectral channels (380–1000 nm) yielded single-cycle pulses of 2.14 fs, while extended synthesis (380–1500 nm) produced 1.8 fs pulses with an intensity profile of ~ 600 as. Within the synthesizer, few-cycle pulses in the 1000–1500 nm channel were modulated into vectorial waveforms. Using two-dimensional homochromatic attosecond streaking (2D-HAS) driven by a synthesized single-cycle pulse, the complete temporal evolution of vectorial light fields was measured with attosecond resolution. Overall, this thesis introduces a new class of Yb:KGW-based light sources integrating PHz-wide spectral broadening, coherent light-field synthesis, and attosecond field sampling, enabling unprecedented control of light–matter interactions at the petahertz frontier.