

## Q 39: Ultrakurze Laserpulse (Erzeugung I)

Zeit: Donnerstag 11:00–13:00

Raum: 3H

Q 39.1 Do 11:00 3H

**Kurzpulslaserbasierte Erzeugung von 120 Attosekunden XUV Pulsen mit breitbandiger XUV Optik** — ●MARTIN SCHULTZE<sup>1</sup>, ELEFTHERIOS GOULIELMAKIS<sup>1</sup>, MATTHIAS UIBERACKER<sup>2</sup>, MICHAEL HOFSTETTER<sup>1</sup>, ULF KLEINEBERG<sup>2</sup> und FERENC KRAUSZ<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>MPI f. Quantenoptik, Garching, Germany — <sup>2</sup>LMU, Dept. Physik, München, Germany

Durch Ionisierung von Neon mit phasenstabilisierten Infrarotlaserpulsen mit einer Dauer von weniger als 2 Lichtzyklen und anschließender spektraler Filterung der entstehenden Harmonischenstrahlung durch Reflektion an einem breitbandigen, gechirpten Molybdän-Silizium Multilayerspiegel wird die Erzeugung isolierter 120 Attosekunden Pulse im Energiebereich um 100 eV (XUV - Extreme Ultra Violet) mit  $\sim 10^6$  Photonen/Puls bei einer Wiederholrate von 3 kHz demonstriert

Q 39.2 Do 11:15 3H

**Diodenlasergepumpter Nd:YVO<sub>4</sub>-Ultrakurzpulslaser mit aktiver Modenkopplung und spektraler Kontrolle der Bandbreite der Verstärkung** — ●MARKUS LÜHRMANN, CHRISTIAN THEOBALD und RICHARD WALLENSTEIN — TU Kaiserslautern, Fachbereich Physik, Erwin-Schrödinger-Straße 46, 67663 Kaiserslautern

Diodenlasergepumpte Festkörperlaser mit hoher Impulsenergie, -wiederholrate und -dauer im Bereich von mehreren hundert Pikosekunden können als Pumplaser eine Basiskomponente für kompakte hochrepetierende Femtosekundenverstärker darstellen. Die Schlüsselkomponente eines solchen Pumplasers ist ein modengekoppelter Masteroszillator der Impulse mit entsprechender Dauer liefert. Laser, die direkt solche vergleichsweise langen fourierlimitierten Impulse emittieren, sind jedoch bisher nicht verfügbar. Daher wurde die Erzeugung langer Pikosekundenimpulse durch die spektrale Einengung der Verstärkung in einem herkömmlichen aktiv akustooptisch modengekoppelten Nd:YVO<sub>4</sub> Festkörperlaser untersucht. Dieser liefert direkt Impulse von 34 ps Dauer mit 6,4 W Ausgangsleistung bei einer Impulswiederholrate von 108 MHz und einem  $M^2 < 1,1$ . Zur Reduktion der spektralen Bandbreite der Verstärkung und somit der Erhöhung der Impulsdauer wurden Etalons im Resonator eingesetzt. Erreicht werden konnten modengekoppelte Impulse mit einstellbarer Impulsdauer im Bereich von 34 ps bis über 1 ns und Ausgangsleistungen von typisch 3 W. Bei fourierlimitierten Impulsen und Impulsdauern von 350 ps wurden Ausgangsleistungen von 5,1 W mit beugungsbegrenztem Strahl in einem stabilen Betrieb erreicht.

Q 39.3 Do 11:30 3H

**Single-walled carbon nanotube saturable absorber mode-locked Yb:KLuW laser** — ●ANDREAS SCHMIDT<sup>1</sup>, SIMON RIVIER<sup>1</sup>, GÜNTER STEINMEYER<sup>1</sup>, VALENTIN PETROV<sup>1</sup>, UWE GRIEBNER<sup>1</sup>, JONG H. YIM<sup>2</sup>, WON B. CHO<sup>2</sup>, SOONIL LEE<sup>2</sup>, and FABIAN ROTERMUND<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Max-Born-Institut, Max-Born-Straße 2a, D-12489 Berlin, Germany — <sup>2</sup>Division of Energy Systems Research, Ajou University, 443-749 Suwon, Korea

Recently, single-walled carbon nanotube saturable absorbers (SWCNT-SA) have gained much attention as a potential replacement for semiconductor-based ultrafast passive mode-lockers and limiters [1]. So far, SWCNT-SAs have been utilized to mode-lock lasers in the 1.5  $\mu\text{m}$  wavelength range. Here we compare the mode-locked performance of an Yb:KLuW laser in the 1  $\mu\text{m}$  spectral range employing a SWCNT-SA and a semiconductor saturable absorber mirror (SAM). Using an end-pumped configuration and placing the SAM in a z-shaped laser cavity, pulses as short as 83 fs are generated at a repetition rate of 94 MHz with a time-bandwidth product of 0.32. Implementing the SWCNT-SA instead of the SAM in the cavity, nearly transform-limited pulses with a duration of 115 fs at 1047 nm in a soliton-like regime are obtained. The achieved pulse durations demonstrate the high potential of the low cost SWCNT-SA to serve as fast saturable absorber for mode locking applications in the 1- $\mu\text{m}$  spectral range.

[1] Y.-C. Chen, et. al., Appl. Phys. Lett. **81**, 975 (2002).

Q 39.4 Do 11:45 3H

**Selbstkompression und asymptotische Pulsformen in Filamenten** — ●CARSTEN KRÜGER<sup>1,2</sup>, AYHAN DEMIRCAN<sup>1</sup> und GÜNTER

STEINMEYER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Weierstraß-Institut für Angewandte Analysis und Stochastik — <sup>2</sup>Max-Born-Institut für Nichtlineare Optik und Kurzzeitspektroskopie

Die Propagation von Femtosekunden-Laserpulsen in Filamenten ist ein bislang noch nicht vollständig verstandenes Phänomen. Im stationären Fall ist die Selbststabilisierung des transversalen Strahlprofils im Filament als Folge einer Balance der konkurrierenden Einflüsse von Kerr-induzierter Selbstfokussierung sowie plasmainduzierter Defokussierung durch verschiedene experimentelle und theoretische Arbeiten hingegen recht gut erklärt. Jedoch deuten experimentelle Daten darauf hin, dass sich zusätzlich zum selbststabilisierenden transversal-räumlichen Profil im Filament eine stabile Pulsform in der Zeitdomäne einstellt, um eine optimale Kompensation der konkurrierenden fokussierenden sowie defokussierenden Effekte zu jedem Zeitpunkt zu garantieren. Die sich einstellende charakteristisch asymmetrische, selbststabilisierende Pulsform ist bereits im Vergleich zum Eingangspuls auf wenige Zyklen der Trägerfrequenz komprimiert und bedarf keiner weiteren Dispersionskompensation, sondern weist im Gegenteil nach normaler Materialdispersion eine flache spektrale Phase auf. Wir führen den experimentell gefundenen negativen Chirp auf die Dispersion der Gruppengeschwindigkeit im Plasma zurück und zeigen, dass sich im Filament gegen Störungen stabile charakteristisch asymmetrische Pulsformen bilden können.

Q 39.5 Do 12:00 3H

**Ytterbium Kurzpulsfaserlaser ohne Dispersionskompensation** — ●HEIKE KAROW, MICHAEL SCHULTZ, DIETER WAND und DIETMAR KRACHT — Laserzentrum Hannover e.V., Hannover, Germany

In aktuellen Arbeiten über modengekoppelte Ytterbium Faserlaser wurden verschiedene Aufbauten vorgestellt und untersucht, die auf eine Kompensation der normalen Gruppengeschwindigkeitsdispersion der verwendeten Fasern vollständig verzichten [1]. Damit konnten sehr einfache all-fiber Aufbauten realisiert werden, allerdings mit Pulsdauern im Bereich von etwa 1 ps. Kürzere Pulse (170 fs) wurden kürzlich auch ohne Dispersionskompensation mit einem Faseroszillator erreicht, der mit einem resonatorinternen Interferenzfilter versehen war [2].

Wir stellen einen passiv modengekoppelten Ytterbium Faserringlaser mit resonatorinternem spektralem Filter vor, der ohne Komponenten mit anomaler Dispersion arbeitet. Der Einfluss der Bandbreite und Zentralwellenlänge des Filters auf die Lasereigenschaften wie spektrale Breite, komprimierte Pulsdauer und Energiequantisierung wird diskutiert.

Erste Ergebnisse zeigen spektrale Pulshalbwertsbreiten von 25 nm bei einer Filterbandbreite von 8 nm. Die Pulse sind stark gechirpt und können mit einer externen Gitteranordnung auf eine Halbwertsbreite von 130 fs komprimiert werden.

[1] Prochnow, et.al., Opt. Express, **15**, 6889-6893, (2007)[2] Chong, et.al., Opt. Express, **14**, 10095-10100, (2006)

Q 39.6 Do 12:15 3H

**Verkürzung hochenergetischer Laserpulse durch Selbstkompression in einem Filament** — EMILIA SCHULZ, ●THOMAS BINHAMMER, STEFAN RAUSCH, MILUTIN KOVACEV und UWE MORGNER — Institut für Quantenoptik, Universität Hannover

Das Streben nach immer kürzeren Laserpulsen ist ein andauerndes Forschungsgebiet. So ist für viele Experimente wie z.B. für die Erzeugung eines einzelnen Attosekunden-Pulses nicht nur eine hohe Pulsenergie, sondern auch eine sehr geringe Pulsdauer im Bereich von wenigen optischen Zyklen wesentlich. Filamentation in einer Edelgaszelle ist ein kürzlich erstmalig demonstriertes Verfahren, um mit geringem Aufwand hoch-energetische Pulse spektral zu verbreitern. Wir berichten hier über die Verkürzung von Pulsen aus einem Millijoule-Ti:Saphir-Verstärkersystem mittels Filamentation. Es werden systematische Untersuchungen bezüglich der verschiedenen Parameter wie Druck und Gassorte und die Strahleigenschaften nach dem Filament vorgestellt. Durch das Zusammenspiel unterschiedlicher nichtlinearer Effekte bei der Führung des Strahls im Filament gelingt es auf diese Weise, Pulse einer Dauer unter 10 fs zu erzeugen, ohne dass eine anschließende Kompression nötig war.

Q 39.7 Do 12:30 3H

**Charakterisierung der Wellenfront von Hoher Harmonischer**

**Strahlung** — •CHRISTIAN KERN, STEFAN EYRING, JAN LOHBREIER, ROBERT SPITZENPFEIL und CHRISTIAN SPIELMANN — Physikalisches Institut, Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg

Im Bereich der Physik auf Attosekunden-Zeitskalen spielt die Erzeugung von kohärenter, extrem-ultravioletter (XUV) Strahlung durch den Prozess der Hohen Harmonischen Erzeugung (HHG) eine wichtige Rolle. Der komplexe nichtlineare Mechanismus der HHG macht eine exakte Berechnung der Strahlqualität der erzeugten Strahlung durch Simulationen nahezu unmöglich. Es werden zwei Methoden der Charakterisierung vorgestellt: die M2-Messung durch einen Knife-Edge-Scan und die Vermessung der Wellenfront durch einen Hartmann-Sensor. Mit den so gewonnenen Daten wird die Wellenfront in der Darstellung durch Zernike-Polynome eindeutig beschrieben. Eine solche quantitative Analyse von Hoher Harmonischer Strahlung ist unseres Wissens noch nicht durchgeführt worden. Desweiteren werden Möglichkeiten diskutiert, die gewonnene Charakterisierung als Kontrollsignal für die Formung der zur Erzeugung verwendeten kurzen Laserpulse zu verwenden. In ersten Experimenten wurde so zum Beispiel eine deutliche Steigerung der detektierten Ausbeute an Hohen Harmonischen erzielt.

Q 39.8 Do 12:45 3H

**Fokussierung Hoher Harmonischer** — •CHRISTIAN OTT, SEBASTIAN JUNG, NICO FRANKE, JAN HENNEBERGER und CHRISTIAN SPIELMANN — Physikalisches Institut, Universität Würzburg, Am Hubland, 97074 Würzburg

Die Erzeugung Hoher Harmonischer (HHG) hat sich als Methode zur Herstellung ultrakurzer Laserpulse im XUV (extreme ultraviolet) etabliert. Allerdings sind die Intensitäten der dabei erzeugten XUV-Pulse gering, was eine erhebliche Einschränkung im Bereich der experimentellen Anwendung zur Folge hat. Für eine Vielzahl von Experimenten ist es daher erforderlich, die erzeugten XUV-Pulse auf einen Interaktionsbereich zu fokussieren, um höhere Intensitäten zu erhalten. Eine bereits erfolgreich eingesetzte Technik ist die Verwendung eines Toroidalspiegels in streifendem Einfall. In diesem Vortrag werden insbesondere die durch die Strahlgeometrie verursachten Abbildungsfehler des Spiegels diskutiert. Neben einer Vorstellung der experimentellen Umsetzung wird auch die Beeinflussung der Form und Lage des Fokus diskutiert, welche durch eine schlechte Ausrichtung der verwendeten Optiken hervorgerufen werden kann.