

## Q 5: Ultrakurze Laserpulse: Erzeugung 1

Time: Monday 10:30–12:30

Location: V38.01

Q 5.1 Mon 10:30 V38.01

**Zwei-farbig gepumptes OPCPA-System mit Spektren von 430 nm bis 1,3  $\mu\text{m}$**  — ●ANNE HARTH<sup>1,2</sup>, MARCEL SCHULTZE<sup>1</sup>, TINO LANG<sup>1,2</sup>, THOMAS BINHAMMER<sup>3</sup>, STEFAN RAUSCH<sup>1,2</sup> und UWE MORGNER MORGNER<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover, Hannover, Deutschland — <sup>2</sup>Centre for Quantum Engineering and Space-Time Research (QUEST), Hannover, Deutschland — <sup>3</sup>VENTEON Laser Technologies GmbH, Garbsen, Deutschland

Wir präsentieren einen zweistufigen optisch-parametrischen Verstärker, der mit zwei verschiedenen Pumpwellenlängen gepumpt wird. Das verstärkte Ausgangsspektrum überspannt einen Bereich von 430 nm bis 1,3  $\mu\text{m}$  und unterstützt bei der Zentralwellenlänge von 650 nm eine fourierlimitierte Pulsdauer von unter 3 fs, was 1,2 optische Zyklen unter der Pulseinhüllenden entspricht. Die Pulsenergie beträgt 1  $\mu\text{J}$  bei einer Pulswiederholrate von 200 kHz.

Ein Großteil des Spektrums konnte mit breitbandigen dispersiven Spiegeln (500 nm -1100 nm) komprimiert werden; eine Spider-Messung ergab Pulsdauern unter 5 fs. Für die Pulskompression des gesamten Spektrums ist ein 4f-Pulsformer in Planung.

Q 5.2 Mon 10:45 V38.01

**Sub-10 fs non-collinear optical parametric chirped-pulse amplifier at 20 kHz** — ●JIAAN ZHENG<sup>1</sup>, WATARU KOBAYASHI<sup>1</sup>, THOMAS HAMANN<sup>1</sup>, DANIEL NÜRENBERG<sup>1</sup>, MARKUS LÜHRMANN<sup>2</sup>, JOHANNES A. L'HULLIER<sup>2</sup>, RICHARD WALLENSTEIN<sup>2</sup>, and HELMUT ZACHARIAS<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Physikalisches Institut, Westfälische Wilhelms-Universität, Wilhelm-Klemm-Str 10, 48149 Münster, Germany — <sup>2</sup>Fachbereich Physik, TU Kaiserslautern, Erwin-Schrödinger-Str.46, 67663 Kaiserslautern, Germany

We report results for a two-stage three-pass non-collinear optical parametric chirped-pulse amplifier (OPCPA) working at a repetition rate of 20 kHz. A grism-pair stretcher is designed based on global dispersion balance and provides a large stretching ability and broad bandwidth up to 320nm. The seed pulses are stretched to about 88 ps from 690 nm to 1000 nm and amplified to 140  $\mu\text{J}$ , corresponding to an average power of 2.8 W. The amplified signal pulses are compressed with 350 mm SF57 and 250 mm fused silica glass blocks. Using multi-photon inter-pulse interference phase scans the residual spectral phase is detected up to the 5th order and fed back to an acousto-optical programmable dispersive filter for compensation. After compression pulses of 9.6 fs duration with a pulse energy of 125  $\mu\text{J}$  are obtained, corresponding to a peak power of 13 GW.

Q 5.3 Mon 11:00 V38.01

**Nichtkollinear-optisch-parametrischer Oszillator (NOPO) mit fs-Pulsen hoher mittlerer Ausgangsleistung und ultraweit durchstimmbaren Spektren** — ●TINO LANG<sup>1,2</sup>, THOMAS BINHAMMER<sup>3</sup>, STEFAN RAUSCH<sup>1,2</sup>, GUIDO PALMER<sup>1</sup>, MORITZ EMONS<sup>1</sup>, MARCEL SCHULTZE<sup>1</sup>, ANNE HARTH<sup>1,2</sup> und UWE MORGNER<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover, Welfengarten 1, D-30167 Hannover, Deutschland — <sup>2</sup>Centre for Quantum Engineering and Space-Time Research (QUEST), Welfengarten 1, D-30167 Hannover, Deutschland — <sup>3</sup>VENTEON Laser Technologies GmbH, Hertzstr. 1B, D-30827 Garbsen, Deutschland

Wir präsentieren den Yb:KLu(WO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> - Scheibenlaser gepumpten fs-NOPO. Mit den zur Verfügung stehenden 13 W Pumpleistung bei einer Wellenlänge von 515 nm und Pulsdauern von 500 fs können maximale NOPO-Ausgangsleistungen von über 3 W erreicht werden. Im NOPO wird durch die Verwendung von ultra-breitrandigen dispersiven Spiegeln und geeigneten Glaskernen die Dispersion gezielt eingestellt. Bei ausreichend positiver Dispersion konnte auf diese Weise eine saubere kontinuierliche Durchstimmbarkeit im gesamten phasenangepassten Bereich des verwendeten BBOs von 650 bis 1200 nm allein durch eine Änderung der Resonatorlänge erreicht werden. Hierdurch ist es möglich, sehr hohe Durchstimmfrequenzen zu erzielen. Die maximale Durchstimmgeschwindigkeit ist allein von der verfügbaren Mechanik für die Änderung der Resonatorlänge begrenzt. Erste einfache Experimente konnten Werte bis zu 500 Hz nachweisen.

Q 5.4 Mon 11:15 V38.01

**Pulse compression in long hollow fibers** — ●TAMAS NAGY<sup>1,2,3</sup>, MILUTIN KOVACEV<sup>1,2</sup>, UWE MORGNER<sup>1,2</sup>, and PETER SIMON<sup>3</sup> —

<sup>1</sup>Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover — <sup>2</sup>QUEST, Center for Quantum Engineering and Space Time Research — <sup>3</sup>Laser-Laboratorium Göttingen e.V.

Thank to the recently developed stretched flexible hollow fibers the interaction length of spectral broadening stages in pulse compressors has become freely scalable. This enables us to reach high compression ratios or to efficiently compress multi-mJ pulses. The potential of the new waveguides is demonstrated by systematically comparing the performance of standard 1 m long fibers to those of new 3-m capillaries for the compression of 1.1 mJ 71 fs pulses of a standard Ti:sapphire CPA system. The 3-m hollow fibers clearly outperform the 1 m ones in terms of both transmission and achievable spectral broadening. With an argon-filled 3 m long capillary a spectral broadening ratio (RMS) of 26 was achieved and the pulses were compressed to 4.5 fs duration. The new waveguide design inherently supports the pressure gradient scheme which is especially advantageous by the compression of high energy pulses.

Q 5.5 Mon 11:30 V38.01

**Tunable 30 fs deep UV-pulses by chirp-management in the visible** — ●PETER LANG, CHRISTIAN HOMANN, and EBERHARD RIEDLE — BioMolekulare Optik, LMU München

We generate deep UV (DUV) pulses by chirp-optimized frequency doubling and sum frequency mixing that directly yields compressed output pulses with durations around 30 fs in the wavelength range of 190 - 240 nm. Tunable pulses from a NOPA with a tuning range of 450 - 750 nm are negatively chirped in the visible with a fused silica prism compressor and focused into a BBO crystal for frequency doubling. The DUV pulses are generated by sum frequency mixing with the TiSa fundamental. The compression of the DUV pulses is achieved by solely changing the length of the NOPA prism compressor in the visible. Changing the path length of the fundamental laser pulse with the same delay stage allows to maintain the temporal overlap of both pulses. Furthermore the use of a delay line for the prism compressor allows to vary the chirp over a wide range without losing the spatial overlap. The DUV pulses have Fourier limits below 25 fs given by the acceptance bandwidth of the sum mixing crystal. Compared to the generation of high harmonics in argon cells the sum frequency mixing with very thin BBOs is readily achieved. We generate ultrashort pulses without the need for UV compression and keep the number of mirrors and the path length in the UV minimal. The resulting DUV energy above 200 nJ is high enough for time resolved photo-electron spectroscopy and pump-probe measurements in solution.

Q 5.6 Mon 11:45 V38.01

**Carrier-envelope phase stable sub-two-cycle pulses tunable around 1.8  $\mu\text{m}$  at 100 kHz** — CHRISTIAN HOMANN<sup>1</sup>, ●MAXIMILIAN BRADLER<sup>1</sup>, MICHAEL FÖRSTER<sup>2</sup>, PETER HOMMELHOFF<sup>2</sup>, and EBERHARD RIEDLE<sup>1</sup> — <sup>1</sup>BioMolekulare Optik, LMU München — <sup>2</sup>Ultrafast Quantum Optics Group, MPI für Quantenoptik, Garching

We present a simple and efficient concept for the generation of ultrashort infrared pulses with passively stabilized carrier-envelope phase at 100 kHz repetition rate. The central wavelength is tunable between 1.6 and 2.0  $\mu\text{m}$  with pulse durations between 8.2 and 12.8 fs corresponding to a sub-two-cycle duration over the whole tuning range. Pulse energies of up to 145 nJ are achieved. As a first step tunable 10 fs visible pulses are generated by noncollinear optical parametric amplification of a continuum seed, both pumped by the 300 fs pulses of commercial Yb:KYW based disk laser. These intermediate pulses are compressed in a fused silica prism compressor. For the NIR generation difference frequency mixing in a 800  $\mu\text{m}$  thick BBO crystal the residual fundamental light is used. The CEP stability is measured to 78.5 mrad (1 ms integration) in a f-2f interferometer. For the necessary broadening of the pulses beyond one octave, we use a highly nonlinear fiber. With the proper setting of the visible compressor the NIR pulses are nearly perfectly compressed as seen from a FROG measurement. As a first application we measure the high non-linearity of multiphoton photoemission from a nanoscale metal tip. The high repetition rate and the sub-2 cycle pulse length should make this new source widely useful in extreme ultrafast studies.

Q 5.7 Mon 12:00 V38.01

**Bandbreitenlimitierte Pulse mit Yb:Lu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> im Scheibenlaser**

— ●KOLJA BEIL<sup>1</sup>, CLARA J. SARACENO<sup>2</sup>, OLIVER H. HECKL<sup>2</sup>, CYRILL R. E. BAER<sup>2</sup>, CINIA SCHRIEBER<sup>2</sup>, MATTHIAS GOLLING<sup>2</sup>, THOMAS SÜDMEYER<sup>2,3</sup>, CHRISTIAN KRÄNKEL<sup>1</sup>, GÜNTER HUBER<sup>1</sup> und URSULA KELLER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg — <sup>2</sup>Institute for Quantum Electronics, ETH Zürich, Schweiz — <sup>3</sup>Institut de Physique, Université de Neuchâtel, Schweiz

Das derzeit ausgereifteste Oszillator-Konzept zur Erzeugung ultrakurzer Pulse bei gleichzeitig hoher mittlerer Leistung bietet der Scheibenlaser kombiniert mit einem sättigbaren Absorberspiegel (SESAM). Die derzeit kürzesten Pulse im Scheibenlaser von 195 fs bei 9,5 W konnten mit dem Mischsesquioxid Yb:LuScO<sub>3</sub> erzielt werden. Die höchste Leistung von 141 W aus einem modengekoppelten Oszillator bei einer Pulsdauer von 738 fs wurde mit Yb:Lu<sub>2</sub>O<sub>3</sub> realisiert. Durch Optimierung der SESAM-Parameter konnten wir nun stabilen Laserbetrieb mit Pulsdauern von 142 fs bei 7 W mittlerer Leistung und einer Repetitionsrate von 64 MHz erreichen. Die spektrale Bandbreite dieser kürzesten jemals im Scheibenlaser-Aufbau erzeugten Pulse betrug 8,5 nm. Damit gelang es erstmals, im Scheibenlaser nahezu die volle Emissionsbandbreite des Verstärkermediums zu nutzen. In einem weiteren Experiment wurde die Ausgangsleistung bei einer Pulsdauer von 187 fs auf 20 W gesteigert.

Q 5.8 Mon 12:15 V38.01

**Selbstähnliche Pulse in normal dispersiven Faserlasern —**

●JAN MATYSCHOK<sup>1</sup>, OLIVER PROCHNOW<sup>2</sup>, THOMAS BINHAMMER<sup>2</sup>, STEFAN RAUSCH<sup>1</sup> und UWE MORGNER<sup>1,3,4</sup> — <sup>1</sup>Institut für Quantenoptik, Leibniz Universität Hannover, 30167 Hannover, Germany — <sup>2</sup>Venteon Laser Technologies GmbH, 30827 Garbsen, Germany — <sup>3</sup>Laser Zentrum Hannover e.V., 30419 Hannover, Germany — <sup>4</sup>Quest: Center for Quantum Engineering and Space-Time Research, 30167 Hannover, Germany

In den letzten Jahren wurde die Entwicklung von Ultrakurzpuls-Faserlasern immer weiter vorangetrieben. Beispielsweise ist es durch die Realisierung von dissipativen Solitonen möglich geworden, Pulse mit Pulsdauern von unter 100 fs ohne ein Dispersionsmanagement im Laser zu erzeugen. Durch einen sehr hohen Chirp weisen diese Pulse eine sehr niedrige Pulsspitzenleistung auf, wodurch auch Pulsenergien von über 0,5  $\mu$ J realisiert werden konnten. Die Pulsparameter hängen dabei vor allem von der gewählten Filterbandbreite innerhalb des Resonators ab. In diesem Beitrag wird gezeigt, dass es durch eine Reduktion der Filterbandbreite auf einige Nanometer möglich ist, in Fasersozialatoren eine selbstähnliche Pulsentwicklung innerhalb der Verstärkerfaser zu erreichen. Dieses konnte durch Messung der spektralen Phase mit einem neuartigen SPIDER-System experimentell nachgewiesen werden. Die Pulse aus dem Oszillator mit einer Pulsenergie von 18 nJ konnten durch den parabolischen Phasenverlauf mit einem Gitterkompressor auf 59 fs komprimiert werden.