

## Q 35 Erzeugung ultrakurzer Lichtimpulse

Zeit: Dienstag 10:45–13:00

Raum: HU 1070

Q 35.1 Di 10:45 HU 1070

**Aufbau und Charakterisierung eines hochrepetierenden Cr:Forsterit Femtosekunden-Ringlasers** — ●SEBASTIAN REICK, FELIX SPÖLER, MICHAEL FÖRST und HEINRICH KURZ — Institut für Halbleitertechnik, RWTH Aachen, 52074 Aachen

Cr:Forsterit besitzt ein breites Emissionsspektrum und stellt daher ein attraktives Medium zur Generation ultrakurzer Laserpulse bei 1.3  $\mu\text{m}$  dar. Aufgrund der geringen Absorption dieser Wellenlänge in biologischem Gewebe sind Cr:Forsterit Laser besonders für die medizinische Bildgebung (z.B. optische Kohärenztomographie, OCT) geeignet. Zudem liegen sowohl die Grundwellenlänge als auch deren zweite Harmonische in einem für die Kurzzeitspektroskopie interessanten Wellenlängenbereich. Gegenüber der Verwendung optischer parametrischer Oszillatoren ermöglicht der Einsatz eines Cr:Forsterit Lasers höhere Ausgangsleistungen bei kompakterer Bauweise.

Das hier verfolgte Ringresonator-Design basiert auf Arbeiten zu Ti:Saphir Lasern [1]. Da die Dispersionskontrolle ausschließlich durch Gires-Tournois Interferometer und gechirpte Spiegel erfolgt, wird eine geringe Resonatorlänge und folglich eine kompakte Bauweise (Grundfläche ca. DIN A5) möglich.

Der realisierte Laser hat eine Repetitionsrate von 460 MHz. Bei einer Pumpleistung von 8.5 W und 1.5 % Auskoppelleffizienz beträgt die mittlere Leistung 630 mW. Die Pulse mit einer spektralen Breite von 58 nm werden resonatorextern auf 37 fs komprimiert. Somit steht ein Kurzpulslaser für die OCT und zeitaufgelöste Spektroskopie zur Verfügung.

[1] A.Bartels et al., Opt. Lett. **24** (12), 996 (1999)

Q 35.2 Di 11:00 HU 1070

**Erzeugung hoher Pulsspitzenleistungen direkt aus einem Laserresonator** — ●SEBASTIAN DEWALD, SIEGEL MARTIN, LANG TINO und MORGNER UWE — Max-Planck-Institut für Kernphysik

Mit Hilfe langer Laserresonatoren ist es möglich Lichtpulse mit Pulsspitzenleistungen im Megawatt- und Pulsdauern im Femtosekundenbereich zu erzeugen. Hierzu wird der Laserresonator auf mehrere zehn Meter ausgedehnt und durch Kerr-Linsen-Modenkopplung zum Pulsen gebracht. Betreibt man den Laser bei anomaler Gesamtdispersion im solitären Regime, stellen sich die resonatorinternen Nichtlinearitäten als limitierender Faktor heraus. Im Bereich resonatorinterner positiver Dispersion bilden sich lange Laserpulse höherer Energie mit einem positiven Chirp aus, die extern wieder komprimiert werden müssen [1]. Dazu werden experimentelle und theoretische Ergebnisse präsentiert, und weitere Steigerungsmöglichkeiten der Pulsspitzenleistung diskutiert.

[1] A. Fernandez, T. Fuji, A. Poppe, A. Fürbach, F. Krausz, A. Apolonski, Opt. Lett. **29** (2004), 1366

Q 35.3 Di 11:15 HU 1070

**Aktive Stabilisierung eines Yb:Glas-Laseroszillators** — ●ANDY STEINMANN<sup>1</sup>, ALEXANDER KILLI<sup>1</sup>, STEFAN GORENFLO<sup>1</sup>, LENIN JACOME<sup>1</sup>, JÖRG BITSCHNAU<sup>2</sup>, MAX LEDERER<sup>2</sup>, DANIEL KOPF<sup>2</sup> und UWE MORGNER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg — <sup>2</sup>High-Q Laser Production GmbH, Hohenems, Österreich

Passiv modengekoppelte Laseroszillatoren, bei denen ein Lasermaterial mit einer hohen Lebensdauer des oberen Laserniveaus im ms-Bereich verwendet wird (wie z.B. bei Ytterbium-Dotierung), neigen zu Güteschaltungsinstabilitäten und ‚spiking‘. Mit einer elektronischen Stabilisierung, bei der die Pumpleistung in geeigneter Weise geregelt wird, lassen sich diese Güteschaltungsinstabilitäten sowohl im stationären Betrieb als auch während des Einschaltvorgangs unterdrücken. Die Anforderungen an die Bandbreite der Regel Elektronik wachsen mit der Puls wiederholrate. Trotzdem konnte erstmalig ein SESAM-modengekoppelter Yb:Glas-Laseroszillator mit einer Puls wiederholrate um 300 MHz stabilisiert werden.

Q 35.4 Di 11:30 HU 1070

**Elektro-optisches Cavity-Dumping eines diodengepumpten Pikosekunden-Nd:YVO<sub>4</sub> Lasers** — ●JOCHEN DÖRRING<sup>1</sup>, ALEXANDER KILLI<sup>1</sup>, MAX LEDERER<sup>2</sup>, JÜRGEN FREI<sup>2</sup>, DANIEL KOPF<sup>2</sup> und UWE MORGNER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Kernphysik — <sup>2</sup>HighQLaser Production GmbH

Ein endgepumpter Pikosekunden-Nd:YVO<sub>4</sub> Laser wurde mit einem sättigbaren Halbleiter-Absorberspiegel modengekoppelt, und mit

Hilfe einer polarisationsdrehenden BBO Pockelszelle und einem Dünnschichtpolarisator wurde ein ‚cavity dumper‘ realisiert. Bei einer Dumping Rate von 400 kHz konnte bis zu 90% der Pulsenergie ausgekoppelt werden, was zu einem Ausgabepuls mit einer Energie von 3.4  $\mu\text{J}$  führte. Bei Dumping Raten von 500 kHz bis 1 MHz blieb die Pulsenergie nahezu konstant bei 1.8  $\mu\text{J}$ . Die Pulsformungsdynamik in diesem Laser in den verschiedenen Operationsregimen wird in Abhängigkeit der relevanten Zeitkonstanten des Systems diskutiert.

Q 35.5 Di 11:45 HU 1070

**Kontrolle der Raum-Zeit-Struktur von Femtosekundenpulsen mittels adaptiver Pulsformung** — ●ROBERT SPITZENPFEL, RON KEMMER, JAN LOHBREIER, ALEXANDER PAULUS, THOMAS PFEIFER, THOMAS SOKOLLIK, DOMINIK WALTER, CARSTEN WINTERFELDT, GUSTAV GERBER und CHRISTIAN SPIELMANN — Universität Würzburg, Physikalisches Institut, Am Hubland, 97074 Würzburg

Die Anwendungsmöglichkeiten für ultrakurze Laserpulse sind mannigfaltig. Als nur ein Beispiel sei hier die Erzeugung von Hohen Harmonischen in gasgefüllten Kapillaren erwähnt. In der täglichen Praxis zeigt sich, dass *nicht optimal* an den Verwendungszweck angepasste Pulse, wenn überhaupt, nur *suboptimale* Ergebnisse liefern. Ein Lösungsweg hierfür ist ‚Adaptive Pulsformung‘. Anstelle sich bei der Optimierung nur auf die räumliche *oder* zeitliche Struktur zu begrenzen, vereinigt unser Aufbau beide Verfahren. Die Ansteuerung des Pulsformers wird mit einer Optimierungsroutine durchgeführt, die auf einem evolutionären Algorithmus basiert [1]. Diese Kombination sollte die Einflussnahme auf die Struktur des Pulses erheblich erhöhen. Erste Aussagen über die Tauglichkeit unserer Apparatur liefert ein Vergleich der SHG Ausbeute mit Pulsen, die entweder *nur zeitlich* oder *zeitlich und räumlich* optimiert wurden.

[1] T. Baumert *et al.*, Appl. Phys. B, Vol 65, 779-782, 1997

Q 35.6 Di 12:00 HU 1070

**Aufbau eines Ti:Saphir-Lasers mit stabiler CEO-Phase** — ●HARTMUT GIMPEL und UWE MORGNER — MPI für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg, WWW: www.mpi-hd.mpg.de/femtolab, email: hartmut.gimpel@mpi-hd.mpg.de

Seit einiger Zeit läßt sich die Träger-Einhüllenden-Phase (CEO-Phase) von Femtosekunden-Laserpulsen sowohl messen als auch stabilisieren. Die Anwendung dieser Pulse ermöglicht unter anderem interessante Messungen in der Atomphysik, z. B. der Multiphotonen-Ionisation von Edelgas-Atomen.

Wir präsentieren einen Ti:Saphir-Laser-Oszillator, dessen CEO-Phase mit Hilfe eines elektronischen Regelkreis stabilisiert ist. Spektrum und Ausgangsleistung des Lasers sind für eine darauffolgende Verstärkung in einem Multipass-Verstärker ausgelegt. Das Dispersionsmanagement und weitere Details des Lasers werden vorgestellt.

Q 35.7 Di 12:15 HU 1070

**High-energy passively mode-locked Ti:sapphire oscillator** — ●SERGEY NAUMOV<sup>1</sup>, ALMA FERNANDEZ<sup>1</sup>, DIMITRIS PAPADOPOULOS<sup>2</sup>, GABRIEL TEMPEA<sup>3</sup>, VLADISLAV YAKOVLEV<sup>4</sup>, TAKAO FUJI<sup>1</sup>, VLADIMIR KALASHNIKOV<sup>4</sup>, EVGENY PODIVILOV<sup>5</sup>, ALEXANDER CHERNYKH<sup>5</sup>, ALEXANDER APOLONSKI<sup>5,6</sup>, and FERENC KRAUSZ<sup>1,6</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Hans-Kopfermann-Str. 1, D-85748 Garching, Germany — <sup>2</sup>National Technical University of Athens, Greece — <sup>3</sup>Femtolasers Produktions GmbH, Fernkorngasse 10, A-1110 Vienna, Austria — <sup>4</sup>Institut für Photonik, Technische Universität Wien, Gusshausstr. 27, A-1040 Vienna, Austria — <sup>5</sup>Institute of Automation and Electrometry, RAS, 630090 Novosibirsk, Russia — <sup>6</sup>Ludwig-Maximilians-Universität München, 85748 Garching, Germany

We demonstrate a line of Ti:sapphire oscillators generating 130-300 nJ pulses of 27-35 fs at a repetition rate of 3-11 MHz. Excessive nonlinearities are avoided by chirped picosecond pulse generation from the oscillator with positive net GDD followed by an extracavity pulse compression.

Our theoretical analysis testifies that chirped pulse generation in a positive dispersion regime provides pulse energies that are by order of magnitude higher than in conventional lasers with negative dispersion.

Such high-energy sub-30 fs pulses at MHz repetition rate are of interest for scientific applications (e.g. generation of high harmonics) as well as for technological ones (micromachining).

Q 35.8 Di 12:30 HU 1070

**A Ti:Sapphire laser system with high, variable repetition rate and pulse energy up to 1 mJ** — JANA HÜVE, •THORBEN HAARLAMMERT, TORSTEN STEINBRÜCK, GRIGORIOS TSILIMIS, and HELMUT ZACHARIAS — Physikalisches Institut, WWU, 48149 Münster

The generation of High Harmonics or hard X-rays requires both ultrashort pulses and high pulse energies. Furthermore, high repetition rates are of special interest to reach higher average power and higher counting rates.

For these aims a Ti:Sapphire oscillator-amplifier system whose high, variable repetition rate is adjustable between 1–20 kHz has been developed. In the oscillator we use cavity dumping to realise these rates. Output coupling efficiencies of up to 45% are reached. The obtained wavelength spectrum of the oscillator has a FWHM of 80 nm.

The amplification principle is chirped pulse amplification. The pulse width is stretched in time by using an SFL57 crystal. A multipass configuration is used with 8–10 passes of the oscillator beam through the Ti:Sa crystal. Subsequently, the pulse is recompressed by a prism compressor. The Ti:Sa crystal is cooled by liquid nitrogen to ca 95 K to avoid the thermal lens formed by the pump laser.

With this oscillator-amplifier system we have an output energy of 1 mJ at a repetition rate of 5 kHz. First experiments of the generation of High Harmonics with this tool are demonstrated.

Q 35.9 Di 12:45 HU 1070

**Generation of independently tunable phase-locked visible pulses** — •PETER BAUM<sup>1</sup>, MARCO GREVE<sup>2</sup>, HARALD R. TELLE<sup>2</sup>, and EBERHARD RIEDLE<sup>1</sup> — <sup>1</sup>LS für Biomolekulare Optik, Ludwig-Maximilians-Universität München — <sup>2</sup>Physikalisch-Technische Bundesanstalt, Braunschweig

We demonstrate the generation of multiple ultrashort pulses at different wavelengths that have a locked optical phase relation. To this end, three noncollinear optical parametric amplifiers (NOPAs) are seeded with a common white-light and deliver  $\mu\text{J}$  energy pulses that are independently tunable through most of the visible. The mutual phase coherence is demonstrated by using two of the NOPAs as pump and Stokes waves for coherent anti-Stokes Raman scattering (CARS) in deuterobenzene. The generated anti-Stokes beam is overlapped with the third NOPA beam directly tuned to the anti-Stokes wavelength as a local oscillator. A stable interference pattern is observed and the residual phase fluctuations are measured to be less than 250 mrad (rms). The interference is still observed when the second pump pulse of the CARS process and the local oscillator are both delayed by as much as 1 ps.

The experiments demonstrate that low-repetition-rate lasers like kHz regenerative amplifiers may emit a well defined optical frequency comb spectrum with a kHz line spacing.