

## Q 40: Laserentwicklung: HL und nichtlineare Effekte

Time: Thursday 10:30–12:30

Location: V38.01

Q 40.1 Thu 10:30 V38.01

**Dreifach resonantes Vierwellenmischen: Ein VUV Lasersystem zur Rydberganregung von  $\text{Ca}^+$  Ionen.** — •DANIEL KOLBE<sup>1,2</sup>, MATTHIAS STAPPEL<sup>1,2</sup>, THOMAS FELDKER<sup>1</sup>, JULIAN NABER<sup>1</sup>, FERDINAND SCHMIDT-KALER<sup>1</sup> und JOCHEN WALZ<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität, 55099 Mainz, Deutschland — <sup>2</sup>Helmholtz-Institut Mainz, Johannes Gutenberg-Universität, 55099 Mainz, Deutschland

In Paulfallen gespeicherte, lasergekühlte Ionen gehören zu den vielversprechendsten Kandidaten für die Quanteninformationsverarbeitung, während hoch angeregte Rydbergzustände und die damit verbundene Dipol-Blockade zu den interessantesten Entwicklungen der letzten Jahre in der Atomphysik gehören. Wir vereinen diese Ansätze, indem wir  $^{40}\text{Ca}^+$  Ionen in einer Paulfalle in Rydbergzustände anregen. Die benötigte Wellenlänge für den Übergang vom metastabilen  $3D_{5/2}$  Zustand zu einem Rydbergzustand mit  $n > 20$  liegt bereits weit im vakuumultraviolettem (VUV) Spektralbereich ( $\lambda < 124$  nm). Zur Erzeugung des kontinuierlichen VUV Lichts verwenden wir einen Vierwellenmischprozess in Quecksilberdampf. Das Lasersystem basiert auf drei unterschiedliche Fundamentallaser die individuell zu Resonanzen im nichtlinearen Medium verstimmbar werden können. Der aktuelle Stand des Experiments wird vorgestellt.

Q 40.2 Thu 10:45 V38.01

**Milliwatt-level mid-infrared difference frequency generation with a femtosecond dual-signal-wavelength optical parametric oscillator** — •ROBIN HEGENBARTH<sup>1</sup>, ANDY STEINMANN<sup>1</sup>, GYÖRGY TÓTH<sup>2</sup>, JÁNOS HEBLING<sup>2</sup>, and HARALD GIESSEN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>4th Physics Institute and Research Center SCoPE, University of Stuttgart, Stuttgart, Germany — <sup>2</sup>Department of Experimental Physics, University of Pécs, Pécs, Hungary

We employed a novel method of generating mid-infrared radiation, namely difference frequency generation with the two signal wavelengths of a dual-signal-wavelength femtosecond optical parametric oscillator (OPO). We achieved up to 1.2 mW average power at 13.5  $\mu\text{m}$  and tunability between 11 and 18  $\mu\text{m}$  wavelength, with more than 400  $\mu\text{W}$  average power in several wavelength regions, at femtosecond pulse duration and 42 MHz repetition rate. The OPO was pumped by a mode-locked Yb:KGW laser with 530 fs pulse duration and 7.4 W average power. The OPO employed a 1 mm MgO:PPLN crystal with 31.0  $\mu\text{m}$  poling period and the total intracavity group delay dispersion was equal to zero at 1740 nm wavelength. Thus, two different signal wavelengths with identical group delay were generated that traveled simultaneously in one output beam. One of the signal wavelengths can be tuned between 1582 and 1611 nm, the other one between 1795 and 1809 nm. In order to do difference frequency generation, we focused the signal output beam containing the two different signal wavelengths into a 1 mm long gallium selenide crystal. The difference frequency signal was tuned solely by tuning the OPO signal wavelengths.

Q 40.3 Thu 11:00 V38.01

**Widely tunable and compact optical parametric oscillator based on a whispering gallery mode resonator** — MICHAEL FÖRTSCH<sup>1,2</sup>, GERHARD SCHUNK<sup>1,2</sup>, FLORIAN SEDLMEIR<sup>1,2</sup>, •JOSEF FÜRST<sup>1,2</sup>, CHRISTOFFER WITTMANN<sup>1,2</sup>, DMITRY STREKALOV<sup>1,3</sup>, HARALD G. L. SCHWEFEL<sup>1,2</sup>, CHRISTOPH MARQUARDT<sup>1,2</sup>, and GERD LEUCHS<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Max Planck Institute for the Science of Light, Erlangen, Germany — <sup>2</sup>Institut für Optik, Information und Photonik, University of Erlangen-Nuremberg, Germany — <sup>3</sup>Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology, Pasadena, California, USA

We investigate a palm size and stable optical parametric oscillator (OPO) in a whispering gallery resonator (WGR), that simultaneously exhibits very low pump thresholds with versatile tunability. Offering small mode volume along with high quality factors, WGR are able to drastically enhance diverse nonlinear processes over the whole transparency range of the crystal material used. So far, we investigated a triply resonant, nondegenerate optical parametric oscillator in a crystalline WGR with its remarkable properties, one of them being the optical pump power threshold in the microwatts regime [1]. Along this line, we studied this OPO regarding its wavelength tunability. We observed a tunability of our naturally phasematched WGR of more than 100 nm, comparable to results from a periodically poled WGR

[2]. Remarkably, we also witnessed mode-hop-free tuning of this triply resonant OPO within 200 MHz. [1] J. Fürst et al., PRL 105, 263904 (2010) [2] T. Beckmann et al., PRL 106, 143903 (2011)

Q 40.4 Thu 11:15 V38.01

**Evaluation der Auswirkung verschiedener Rauschtypen auf die Linienbreite eines aktiv stabilisierten ECDLs** — •THORSTEN FÜHRER und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für Angewandte Physik, AG Laser und Quantenoptik, Schlossgartenstr. 7, D-64289 Darmstadt

Laserdioden mit externem Resonator (ECDL) ermöglichen ein Durchstimmen der Wellenlänge und erreichen niedrige Linienbreiten. Durch den Einsatz eines aktiven Stabilisierungsverfahrens [1,2] sind sehr weite modensprungfreie Durchstimmbereiche möglich. In diesem Beitrag wird der Einfluss des ECDL-Lockings auf die Linienbreite des ECDLs untersucht. Die Auswertung von heterodynen Beat-Spektren ermöglicht die Fragmentierung der Gesamtliniensbreite in verschiedene Rauschtypen. Berücksichtigt wurden neben weißem und rosa auch rotes Rauschen. Dabei zeigt sich, dass die Linienbreite durch das ECDL-Locking variabel justiert und minimiert werden kann. Darüber hinaus konnte mit aktiviertem Locking der Anteil des weißen Rauschens gegenüber dem frei laufenden ECDL gesenkt werden.

[1] T. Führer, D. Stang, and T. Walther, „Actively controlled tuning of an external cavity diode laser by polarization spectroscopy,“ Optics express 17, 4991-6 (2009).

[2] T. Führer, S. Euler, and T. Walther, „Model for tuning an external-cavity diode laser by polarization locking,“ Journal of the Optical Society of America B 28, 508 (2011).

Q 40.5 Thu 11:30 V38.01

**Stufenlos einstellbare Impulsdauern von 400 – 1000 ps bei 1064 nm mit einer Ausgangsleistung von bis zu 47,7 W** — •FLORIAN HARTH<sup>1</sup>, THORSTEN ULM<sup>1</sup>, MARKUS LÜHRMANN<sup>2</sup>, RALF KNAPPE<sup>2</sup>, ANDREAS KLEHR<sup>3</sup>, THOMAS HOFFMANN<sup>3</sup>, GÖTZ ERBERT<sup>3</sup> und JOHANNES L'HUILLIER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Photonik-Zentrum Kaiserslautern, 67663 Kaiserslautern — <sup>2</sup>Lumera Laser GmbH, 67663 Kaiserslautern — <sup>3</sup>Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik, 12489 Berlin

Wir stellen die Erzeugung und Verstärkung von optischen Impulsen mit einer stufenlos einstellbaren Länge von 400 – 1000 ps bei 1064 nm vor. Zur Erzeugung der Impulse wurde ein ultraschneller Halbleitermodulator verwendet, der den cw-Strahl einer DFB-Diode modulierte. Der Modulator wies einen sehr hohen Kontrast und eine kurze Anstiegszeit auf, wodurch diese Impulsdauern möglich wurden. Die Ausgangsleistung nach dem Halbleitermodulator war ausreichend um einen regenerativen Verstärker auf Basis von Nd:YVO<sub>4</sub> zu seeden. So konnte die mittlere Leistung auf bis zu 47,7 W bei einer Repetitionsrate von 100 – 816 kHz verstärkt werden. Die maximale Impulsenergie betrug 264  $\mu\text{J}$ .

Q 40.6 Thu 11:45 V38.01

**Untersuchungen an neuartigen TBR-Laserdioden unterschiedlicher Geometrie im externen Resonator** — •MARIO NIEBUHR, CHRISTOF ZINK, DANILO SKOCZOWSKY, AXEL HEUER und RALF MENZEL — Universität Potsdam, Institut für Physik und Astronomie, Photonik, Karl-Liebknecht-Straße 24-25, Haus 28, 14476 Potsdam

Aktuelle Breitstreifen-Laserdioden erreichen eine kontinuierliche Emissionsleistung von mehreren Watt. Durch das große, aktiv gepumpte Volumen werden vor allem in der breiten Achse zahlreiche transversale Moden angeregt. Die hohen Ausgangsleistungen sind häufig mit einer geringen Strahlqualität verbunden. Durch das Einbringen eines Transversalen-Bragg-Resonanz-(TBR-)Gitters beidseitig des gepumpten Defektkerns ist es theoretisch möglich, einzelne transversale Moden, sogenannte TBR-Moden, zu begünstigen. Diese können unter Verwendung eines externen Resonators gezielt angeregt werden. Damit ist prinzipiell ein sowohl transversal als auch spektral schmalbandiger Laserbetrieb mit sehr guter Strahlqualität bei hohen Pumpströmen und entsprechend hohen Emissionsleistungen möglich.

In ersten Experimenten konnten annähernd beugungsbegrenzte Moden mit über einem Watt Ausgangsleistung beobachtet werden. Es werden die entsprechenden Messergebnisse von TBR-Dioden mit un-

terschiedlichen Defektkernbreiten und -längen vorgestellt. Weiterhin wird der Einfluss des externen Resonators auf das Emissionsverhalten untersucht. Simulationen zur Strahlpropagation werden zur Erklärung des beobachteten Verhaltens herangezogen.

Q 40.7 Thu 12:00 V38.01

#### Vertikal strukturierte Laserdioden im externen Resonatoren

— •MARTIN WILKENS, CHRISTOF ZINK, DANILO SKOCZOWSKY, AXEL HEUER und RALF MENZEL — Universität Potsdam, Institut für Physik und Astronomie, Photonik, Karl-Liebknecht-Str. 24-25, Haus 28, 14476 Potsdam

Eine Möglichkeit zur Erhöhung der Ausgangsleistung von Diodenlaser-Systemen ist der Einsatz mehrerer Emittier nebeneinander. Sind die Emittier relativ dicht nebeneinander angeordnet, kommt es aufgrund von evaneszenten Feldern zu einer schwachen kohärenten Kopplung. Mit Hilfe von externen Resonatoren kann diese verstärkt und damit eine Verbesserung der Strahlqualität der Systeme erreicht werden. Ziel unserer Arbeiten ist es, durch externe Resonatoren auch bei Arrays mit sehr großen Emittierzahlen und hohen Ausgangsleistungen eine gleichbleibend gute Strahlqualität zu erhalten. Um geeignete Designs der externen Resonatoren zu finden, werden Nah- und Fernfeldmessungen durchgeführt. In Kombination mit spektralen Messungen werden diese auch zur Untersuchung der Modenstruktur benutzt. Um die Strahlqualität und Ausgangsleistung der Laser im freilaufenden Betrieb und in verschiedenen externen Resonatoren zu vergleichen, werden Messungen der Leistung und der Beugungsmaßzahl  $M^2$  durchgeführt. Es wurden verschieden strukturierte Arrays untersucht, die bei einer Wellenlänge von 980 nm emittieren und deren Intensitätsverteilungen im Fernfeld eine symmetrische Doppelpackstruktur aufweisen. Im Laserbetrieb mit

externen Resonatoren konnten bisher Verbesserung der Strahlqualität um den Faktor 3 erzielt werden.

Q 40.8 Thu 12:15 V38.01

#### Simultaner Mehrwellenlängenbetrieb eines Breitstreifendiodenlasers durch resonatorinternes *spectral beam combining*

— •CHRISTOF ZINK, RONNY SCHMIDT, ANTONIO SAGHATI, DANILO SKOCZOWSKY, AXEL HEUER und RALF MENZEL — Universität Potsdam, Institut für Physik und Astronomie, Photonik, Karl-Liebknecht-Straße 24-25, Haus 28, 14476 Potsdam

Laserstrahlen verschiedener Wellenlänge können mittels dispersiver Optiken zu einem Strahl guter Strahlqualität und entsprechend großer Bandbreite kombiniert werden (*spectral beam combining*). Diese Methode kann auch resonatorintern realisiert werden, indem z.B. die einzelnen Emittier eines Diodenlaserarrays mit einer Linse, einem Beugungsgitter und einer Spaltblende im Resonator zu einem Auskoppelstrahl überlagert werden [1].

Wir zeigen, dass sich dieses Resonator-konzept auch auf unstrukturierte Breitstreifenlaserdioden anwenden lässt. Hierbei bilden sich im laufenden Betrieb einzelne stabile Bereiche im Verstärkungsgebiet der Laserdiode aus, die wie separate Laser bei unterschiedlichen Wellenlängen emittieren. Die Wahl der Blendengröße und des Gitters gibt die Breite und die Anzahl der aktiven Bereiche vor.

Bei einer  $150\ \mu\text{m}$  breiten Laserdiode mit einer Zentralwellenlänge von  $646\ \text{nm}$  konnten 9 separate Wellenlängen erzeugt werden. Die gesamte Bandbreite betrug  $10\ \text{nm}$  und die Strahlqualität des ausgekoppelten Strahls war besser als  $M^2 = 2$ .

[1] ANDREAS JECHOW, VOLKER RAAB und RALF MENZEL, Applied Optics 45 (15), 3545-3547 (2006)