

## Q 44: Laser development: Solid state lasers II

Time: Thursday 11:00–12:30

Location: F 128

Q 44.1 Thu 11:00 F 128

**A 2.1-Watts Intracavity-frequency-doubled All-solid-state Light Source at 671 nm for Laser Cooling of Lithium** — ●ANDREA BERGSCHNEIDER<sup>1,2</sup>, ULRICH EISMANN<sup>1</sup>, CHRISTOPHE SALOMON<sup>1</sup>, and FREDERIC CHEVY<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Laboratoire Kastler Brossel, ENS, UPMC, CNRS UMR 8552, 24 rue Lhomond, 75231 Paris, France — <sup>2</sup>Physikalisches Institut der Universität Heidelberg

Lithium atoms are one of the most versatile species used for research on quantum gases. We present an all-solid-state laser source developed for laser cooling on the Lithium D-lines. It is based on a diode-pumped, neodymium-doped orthovanadate (Nd:YVO<sub>4</sub>) ring laser operating at 1342 nm frequency doubled with periodically poled KTP [1]. Our second generation laser source is intracavity doubled and emits up to 2.1 W of single-frequency light at 671 nm. We develop a simple theory for the efficient implementation of intracavity second harmonic generation, and its application to our system allows us to obtain nonlinear conversion efficiencies of up to 88%. The second-harmonic wavelength can be tuned over 0.5 nm, and mode-hop-free scanning over more than 6 GHz is demonstrated, corresponding to about ten times the laser cavity free spectral range.

[1] U. Eismann et al., Appl. Phys. B 106 (2012)

Q 44.2 Thu 11:15 F 128

**Mode instabilities in high-power fiber lasers and amplifiers** — ●HANS-JÜRGEN OTTO<sup>1</sup>, FLORIAN JANSE<sup>1</sup>, FABIAN STUTZKI<sup>1</sup>, CESAR JAUREGUI<sup>1</sup>, JENS LIMPET<sup>1,2</sup>, and ANDREAS TÜNNERMANN<sup>1,2,3</sup> — <sup>1</sup>Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institute of Applied Physics, Albert-Einstein-Str. 15, 07745 Jena, Germany — <sup>2</sup>Helmholtz-Institute Jena, Fröbelstieg 3, 07743 Jena, Germany — <sup>3</sup>Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering, Albert-Einstein-Str. 7, 07745 Jena, Germany

Currently, the onset of so-called mode instabilities (MI) in state-of-the-art high power fiber lasers and amplifiers is the most limiting effect for further output power scaling. A former stable Gaussian-like beam profile becomes temporally unstable and simultaneously the beam quality reduces when a certain power threshold is reached. These phenomena can be observed in all types of fiber lasers and amplifiers. Hence, the investigation of MI is of fundamental importance for the high power fiber lasers and amplifiers of tomorrow. We will present our recent experimental results by showing slow motion videos of MI measured by a high speed camera (> 20.000 images per second). It can be seen that MI are related to a fluctuation of the intermodal phase and amplitude of several involved modes. Moreover we give a theoretical explanation of the effect. MI are caused by a mostly thermally induced long period grating due to the beating of fiber modes. Finally, we show a novel active stabilization scheme to tremendously increase quality and stability of the MI affected beam at output power levels more than three times the typical power threshold of the laser system.

Q 44.3 Thu 11:30 F 128

**Kontinuierliches UV-Lasersystem bei 254 nm durch Frequenzvervierfachung eines Stickstoff-gekühlten Faserverstärkers bei 1015 nm** — ●RUTH STEINBORN<sup>1,2</sup>, THOMAS DIEHL<sup>1,2</sup>, ANDREAS KOGLBAUER<sup>1,2</sup>, DANIEL KOLBE<sup>1,2</sup>, MATTHIAS STAPPEL<sup>1,2</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 Mainz, 55099 Mainz, Deutschland

Ytterbium-Faserlaser/-verstärker sind eine bewährte, vielseitige und zuverlässige Laserquelle im Wellenlängenbereich von 1050 nm bis 1110 nm.

Für kürzere Wellenlängen steigt der Absorptionsquerschnitt an und beschränkt den Laserbetrieb. Durch Kühlung zu kryogenen Temperaturen lässt sich die Absorption im Bereich von 1000 nm bis 1050 nm deutlich reduzieren. Dieser Effekt wird ausgenutzt um einen Faserverstärker bei 1015 nm zu betreiben. Dazu wird ein Diodenlasersystem in einer auf 77 K gekühlten Ytterbium-Faser verstärkt.

Mit diesem System werden Ausgangsleistungen von über 5 W erreicht. Der Einfluss unterschiedlicher Fasertypen auf Polarisationsstabilität und ASE-Entwicklung (amplified spontaneous emission) wurde untersucht.

Das verstärkte Licht wird mit einem LBO- und einem BBO-Kristall jeweils in einem Überhöhungsresonator auf 254 nm frequenzvervier-

facht. Diese Wellenlänge entspricht dem  $6^1S_0 \rightarrow 6^3P_1$  Übergang in Quecksilber.

Q 44.4 Thu 11:45 F 128

**Spektroskopische Eigenschaften von Dy<sup>3+</sup>:SrAl<sub>12</sub>O<sub>19</sub> im sichtbaren Spektralbereich** — ●DANIEL-TIMO MARZAHN<sup>1</sup>, PHILIP WERNER METZ<sup>1</sup>, FABIAN REICHERT<sup>1</sup>, MATTHIAS FECHNER<sup>1</sup> und GÜNTER HUBER<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Universität Hamburg, Institut für Laser-Physik, Hamburg, Germany — <sup>2</sup>The Hamburg Centre for Ultrafast Imaging, Hamburg, Germany

Laser mit Emissionen im sichtbaren Spektralbereich finden Anwendung in beispielsweise der Medizin, der Biophotonik und der Spektroskopie. Das trivalente Dysprosium-Ion (Dy<sup>3+</sup>) besitzt mehrere strahlende Übergänge vom blauen bis in den tiefroten Spektralbereich. Lasertätigkeit von Dy<sup>3+</sup>:YAG im sichtbaren Spektralbereich konnte vor Kurzem gezeigt werden [1].

Das Wirtsmaterial SrAl<sub>12</sub>O<sub>19</sub> besticht durch seine sehr guten thermomechanischen Eigenschaften [2]. Im sichtbaren Spektralbereich konnte kürzlich effiziente Lasertätigkeit mit Pr<sup>3+</sup> dotiertem SrAl<sub>12</sub>O<sub>19</sub> gezeigt werden [2]. Im Weiteren wurde in unserem Labor auch Dy<sup>3+</sup> dotiertes SrAl<sub>12</sub>O<sub>19</sub> nach dem Czochralski-Verfahren gezüchtet.

In diesem Beitrag berichten wir von den spektroskopischen Untersuchungen an Dy<sup>3+</sup>:SrAl<sub>12</sub>O<sub>19</sub> mit Hinblick auf seine Eignung als Lasermaterial für den sichtbaren Spektralbereich. Im blauen Spektralbereich liegt die stärkste Grundzustandsabsorption bei 453,5 nm. Aus dem angeregten Niveau <sup>4</sup>F<sub>9/2</sub> findet starke Emission bei 571,0 nm statt.

[1] S. R. Bowman et al., Optics Express 20 (2012), 12906ff

[2] M. Fechner et al., Applied Physics B 102 (2011), 731ff

Q 44.5 Thu 12:00 F 128

**Fabrication of distributed feedback dye lasers by direct femtosecond laser writing** — ●WOLFGANG HORN, SEBASTIAN KROESEN, and CORNELIA DENZ — Institut für Angewandte Physik, Correnstr. 2-4, 48149 Münster

In this presentation, we report the fabrication of organic distributed feedback (DFB) lasers in Rhodamin-6G-doped SU-8 negative tone photoresist by direct femtosecond laser writing.

Micro- and nanometer sized elements in photopolymers by nonlinear absorption of femtosecond radiation offers many benefits for integrated lab-on-a-chip devices. The most attractive aspect of femtosecond direct laser writing is the feasibility to create almost arbitrary three-dimensional structures by translating the host material under the laser focal point. This method allows for fabrication of light emitting devices for biophotonic and microfluidic applications with a high spatial resolution and a polymerized voxel size below the cubic wavelength of the focused femtosecond pulses.

The DFB lasers are realized by point-by-point exposure incorporating a low-order Bragg grating. A quarter-wave phase shift is included in the center of the grating section to obtain single mode operation. Different lasing wavelengths are demonstrated by varying the pitch of the feedback grating. Spectral emission, threshold and lifetime characterization is performed by pumping the laser with a pulsed, frequency double Nd:YAG laser.

Q 44.6 Thu 12:15 F 128

**Analyse von Modulationsseitenbändern mit einem Mach-Zehnder-Interferometer** — ●PHILIPP JAHN, HENRIK TÜNNERMANN, DIETMAR KRACHT, JÖRG NEUMANN und PETER WESSELS — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, D-30419 Hannover

Die Ausgangsleistung von einfrequenzen Faserverstärkern ist in der Regel durch stimulierte Brillouin-Streuung (SBS) limitiert. Breitbandige Laserstrahlung hat hingegen eine höhere Leistungsschwelle, ab der SBS einsetzt. Daher kann durch Aufprägen von Phasenmodulationsseitenbändern eine größere Ausgangsleistung erreicht werden, weil so das Erreichen der Schwelle für SBS vermieden werden kann. Für Anwendungen, die schmalbandige Laserstrahlung erfordern, muss das modulierte, verstärkte Licht zur Reduktion der spektralen Breite wieder korrekt demoduliert werden. Für diese Demodulation der verstärkten Laserstrahlung ist die Detektion der Modulationsseitenbänder entscheidend. Hier zeigen wir ein Verfahren zur präzisen Charakterisierung der Modulationsseitenbänder. Dazu wird Laserlicht aus einem nicht-planaren Ringoszillator mit einem EOM sinusförmig phasenmo-

duliert. Dieses phasenmodulierte Licht wird in ein faserbasiertes Mach-Zehnder-Interferometer eingekoppelt. Die Summe und die Differenz der an den Interferometerausgängen detektierten Signale werden analysiert. Mit den Informationen über die Amplitude und Phasenlage der

Seitenbänder soll die nach der Verstärkung resultierende Phasen- und Amplitudenmodulation komplett rekonstruiert werden. Dieses Wissen soll dann dazu genutzt werden, das verstärkte Licht so zu demodulieren, dass wieder ein möglichst einfrequentes Signal entsteht.