

## Q 22: Laser development: Solid state lasers I

Time: Tuesday 11:00–12:30

Location: F 142

Q 22.1 Tue 11:00 F 142

**High power 2.4 mJ Thulium-doped large-pitch fiber oscillator** — ●FABIAN STUTZKI<sup>1</sup>, FLORIAN JANSEN<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>Institute of Applied Physics, Abbe Center of Photonics, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 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

Fiber lasers offer high average powers, near diffraction-limited beam qualities, high efficiencies and simple configurations. Therefore, they are the ideal tool for many laser applications. Nowadays, several biological, medical, spectroscopic and military applications demand for wavelengths in the near-infrared region, which are not directly accessible with well-established Ytterbium-based fiber technology. Therefore, the research interest has shifted to new dopants like Thulium, which allow for laser radiation around 2  $\mu\text{m}$ . In this contribution, we report on a high pulse energy and high average power Q-switched Tm-doped fiber oscillator. The oscillator produces 2.4 mJ pulses with 33 W average power and nearly diffraction-limited beam quality. The pulse duration of 15 ns results in a pulse peak power of more than 150 kW, which is a new record for Tm-based fiber oscillators. This performance is enabled by a Tm-doped large-pitch fiber, which allows for large core diameters in combination with effective single-mode operation. We will discuss further scaling capabilities and limitations of Tm-based ultrafast fiber lasers.

Q 22.2 Tue 11:15 F 142

**Er:YAG-Laser bei 1645 nm zum Spurengasnachweis** — ●CASEY SCHUETT<sup>1</sup>, HARO FRITSCH<sup>1</sup>, OLIVER LUX<sup>1</sup>, XIN WANG<sup>1</sup>, ZHIGANG ZHAO<sup>1</sup>, WOLFGANG GRIES<sup>2</sup> und HANS JOACHIM EICHLER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Optik und Atomare Physik, TU Berlin, Str. des 17. Juni 135, 10623 Berlin — <sup>2</sup>DirectPhotonics Industries GmbH, Max-Planck-Str. 3, 12489 Berlin

Resonant gepumpte, augensichere Er:YAG-Laser bei 1645 nm stellen vielversprechende Laserquellen für LIDAR-Anwendungen dar. Verschiedene Er:YAG-Lasersysteme wurden sowohl im kontinuierlichen, als auch im gütegeschalteten Betrieb aufgebaut. Resonantes Pumpen zeichnet sich durch eine hohe Quanteneffizienz aus und kann bei einer Pumpwellenlänge von 1455 nm, 1470 nm oder 1532 nm erreicht werden. Es handelt sich hierbei um einen Quasi-Zwei-Niveau-Laserprozess, welcher zu einer Ausgangsstrahlung bei 1617 nm oder 1645 nm führt. Als Pumpquelle dienen InP-basierte, wellenlängenstabilisierte Hochleistungs-Diodenlasermodule von DirectPhotonics (DPI) mit einer Linienbreite besser als 0,2 nm bei geringem Strahlparameterprodukt. Somit konnten eine kontinuierliche Ausgangsleistung von über 2,5 W, sowie Pulsenergien von 6,6 mJ erreicht werden. Die Frequenzstabilität ist sowohl im kontinuierlichen, als auch im Pulsbetrieb geringer als 100 MHz. Die verschiedenen Er:YAG-Lasersysteme wurden hinsichtlich ihrer Eignung zum Spurengasnachweis untersucht. Dazu wurden Methan-Absorptionsmessungen bei verschiedenen Drücken im Bereich von 1 bis 400 mbar mittels einer Multipass-Zelle durchgeführt.

Q 22.3 Tue 11:30 F 142

**Diode-Pumped Broad-Band Joule-Class Yb:CaF<sub>2</sub> Laser Amplifiers** — ●JOACHIM HEIN<sup>1,2</sup>, JÖRG KÖRNER<sup>2,3</sup>, DIETHARD KLÖPFEL<sup>2</sup>, REINHARD SEIFERT<sup>1</sup>, HARTMUT LIEBETRAU<sup>2</sup>, MARTIN KAHLE<sup>1</sup>, THOMAS TÖPFER<sup>3,4</sup>, and MALTE KALUZA<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Helmholtz-Institut Jena, Fröbelstieg 3, 07743 Jena — <sup>2</sup>Institut für Optik und Quantenelektronik, FSU Jena, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena — <sup>3</sup>Lastronics GmbH, Winzerlaer Straße 2, 07745 Jena — <sup>4</sup>Hellma Materials GmbH, Moritz-von-Rohr-Straße 1, 07745 Jena

We report on the development of a burst mode laser system based on the active material Yb:CaF<sub>2</sub>. Despite the advantageous characteristics of this material for diode-pumped femtosecond pulse amplification the low achievable gain requires a high energy density of the extraction beam, a well homogenized pump radiation, many extraction passes, and preferably low temperatures of the gain material. This is solved by a novel multipass architecture, energy extraction by a burst of pulses instead of a single pulse, and cryogenic cooling with liquid nitrogen. Laser simulation and the analysis of a couple of multipass schemes

are presented. Starting with nJ pulses from a femtosecond oscillator a chain of three amplifiers boosts the energy of a burst of 50-500 pulses to the Joule level. Amplifiers are operated by pumping with laser diodes of 20 kW peak power at 10 Hz. This burst pulse structure is suitable for several experiments for instance in combination with pulsed accelerators. Nowadays Yb:CaF<sub>2</sub> crystals can be produced at very large sizes and high optical quality. Based on the reported schemes even larger laser systems that enter the kJ range are imaginable.

Q 22.4 Tue 11:45 F 142

**Kanalwellenleitung in Fs-Laser-strukturierten Nd:LuAG-Dünnschichten** — ●GUNNAR JUST, SEBASTIAN HEINRICH, SEBASTIAN MÜLLER, SVEN WAESELMANN, CHRISTIAN KRÄNKEL und GÜNTER HUBER — Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg

Die Kanalwellenleitergeometrie ist vielversprechend im Hinblick auf die Entwicklung kompakter und effizienter Lasersysteme. Seltenerd-dotierte Lu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>-Wellenleiter stellen schmalbandige Emissionslinien und eine hohe optische Verstärkung in Aussicht. Mit dem Pulsed Laser Deposition Verfahren (PLD) wurden 2  $\mu\text{m}$  dicke, einkristalline Nd(0,5 at.%)Lu<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>-Schichten (Nd:LuAG) auf YAG-Substraten gewachsen. Die Herstellungsparameter wurden durch Charakterisierung von gewachsenen Schichten mit Röntgen- bzw. Elektronenbeugung sowie Reflektometrie optimiert. Die laterale Strukturierung der Schichten erfolgte mit Femtosekunden-Laser-Pulsen bei einer Wellenlänge von 775 nm. Dies ermöglicht eine räumlich stark lokalisierte Ablation im  $\mu\text{m}$ -Bereich. Bei der Verwendung von linear und zirkular polarisiertem Licht mit Pulsenergien zwischen 300 nJ und 800 nJ wurden Strukturen mit einer Breite von 2  $\mu\text{m}$  und einer Maximaltiefe von 1  $\mu\text{m}$  geschrieben. Dabei zeigte sich eine homogenere Ablation bei Verwendung zirkular polarisierten Lichts. Verlustmessungen an Nd:LuAG-Kanalwellenleitern mit der Mode Propagation Loss Measurement - Methode unter Variation der Anregungswellenlänge ermöglichen die Ermittlung von Streu- und Absorptionsverlusten.

Q 22.5 Tue 12:00 F 142

**Yb:Lu<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-Scheibenlaser für den Einfrequenzbetrieb bei 1015 nm in verschiedener dynamisch stabiler Resonator-konfiguration** — ●SEBASTIAN MADES<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>, RUTH STEINBORN<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, 55099 Mainz, Deutschland

Scheibenlaser haben sich durch ihre gute Strahlqualität bei hoher Ausgangsleistung aufgrund der Kühlmöglichkeit des aktiven Mediums bewährt.

Für den einfrequenten Grundmodenbetrieb bei 1015 nm, außerhalb der Hauptemissionslinie von 1030 nm, verspricht ein neuartiges Scheibenmaterial aus Ytterbium dotiertem Lutetiumoxid aufgrund seines höheren Emissionswirkungsquerschnitts bei dieser Wellenlänge Leistungsvorteile gegenüber den etablierten Yb:YAG-Scheibenlasern.

Der für die zweistufige Frequenzverdopplung zu 254 nm notwendige Einfrequenzbetrieb wird durch ein Lyotfilter und ein Etalon im Laserresonator erreicht. Für den optimalen transversalen Grundmodenbetrieb werden unterschiedliche Pumpfleckgrößen sowie dynamisch stabile lineare und gefaltete Resonatorgeometrien getestet. In diesem Zusammenhang wird auf die Vorteile von gefalteten Resonatoren bei sich ändernder Scheibenkrümmung und thermischen Linsen eingegangen.

Q 22.6 Tue 12:15 F 142

**Faserbasierte Filterung von azimutal und radial polarisierter Strahlung** — ●CHRISTOPH JOCHER<sup>1</sup>, CESAR JAUREGUI<sup>1</sup>, CHRISTIAN VOIGTLÄNDER<sup>1</sup>, FABIAN STUTZKI<sup>1</sup>, STEFAN NOLTE<sup>1</sup>, MARTIN BECKER<sup>2</sup>, MANFRED ROTHARDT<sup>2</sup>, JENS LIMPET<sup>1,3</sup> und ANDREAS TÜNNERMANN<sup>1,3,4</sup> — <sup>1</sup>Institute of Applied Physics, Abbe Center of Photonics, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Albert-Einstein-Str. 15, 07745 Jena, Germany — <sup>2</sup>Institute of Photonic Technology, Albert-Einstein-Str. 9, 07745 Jena, Germany — <sup>3</sup>Helmholtz-Institute Jena, Fröbelstieg 3, 07743 Jena, Germany — <sup>4</sup>Fraunhofer Institute for Applied Optics and Precision Engineering, Albert-Einstein-Str. 7, 07745 Jena, Germany

Das Anwendungsfeld von azimuthal und radial polarisierter Strahlung ist in den letzten Jahren stetig gewachsen. Hier stellen wir einen faserbasierten Modenfilter vor, der es uns ermöglicht örtlich veränderliche Polarisationen zu erzeugen. Es wird eine hoch-NA Faser verwendet, in der die Polarisationsentartung aufgehoben ist und Fasernmoden mit radialer oder azimuthaler Polarisation auftreten. Durch die Integration

eines Faser-Bragg-Gitters werden diese bei unterschiedlichen Wellenlängen reflektiert und die radiale und azimuthale Polarisation können durch eine einfache Wellenlängenfilterung selektiert werden. Dieser faserbasierte Ansatz ermöglicht einen vollständig faserintegrierten Aufbau für die Konversion eines bestehenden Strahles oder die Erzeugung innerhalb eines Faseroszillators.