

Q 21: Laserentwicklung: Festkörperlaser 2

Time: Tuesday 10:30–12:45

Location: SCH A215

Q 21.1 Tue 10:30 SCH A215

Diodengepumpter Laserbetrieb von Tm:Sc₂O₃ bei 2116 nm — ●PHILIPP KOOPMANN^{1,2}, SAMIR LAMRINI², KARSTEN SCHOLLE², PETER FUHRBERG², KLAUS PETERMANN¹ und GÜNTER HUBER¹ — ¹Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg, Germany — ²LISA laser products, Katlenburg-Lindau, Germany

Auf Grund zahlreicher Anwendungen besteht ein wachsendes Interesse an Lasersystemen, deren Wellenlängen im Bereich um 2 μm liegen. Insbesondere für das Anregen von OPOs für den mittleren Infrarotbereich sind große Wellenlängen von Vorteil. Standardmäßig werden hierfür Holmium-Laser verwendet, welche wiederum von Thulium-Lasern gepumpt werden müssen. Eine Alternative wären diodengepumpte Thulium-Laser, deren Wellenlänge im langwelligen Bereich liegt. Auf Grund der großen Stark-Aufspaltung in Scandiumoxid liegen in Tm:Sc₂O₃ hohe Emissionswirkungsquerschnitte jenseits von 2,1 μm vor. Für die hier präsentierte Arbeit wurde ein Tm(1%):Sc₂O₃ Kristall nach dem HEM-Verfahren hergestellt und spektroskopisch untersucht. Verstärkungspeaks konnten bei 2120 nm und bei 1990 nm gefunden werden. In diodengepumpten Laserexperimenten ($\lambda_{\text{Pump}} = 796 \text{ nm}$) konnte ein differentieller Wirkungsgrad von 41 % gegen die absorbierte Leistung erreicht werden. Die Laserschwelle lag deutlich unter 3 W und die maximale Ausgangsleistung betrug 26 W. Die Laserwellenlänge war mit 2116 nm noch größer als die von Ho:YLF (2050 nm) und Ho:YAG (2090 nm). In einem Experiment zur spektralen Durchstimmbarkeit des Lasers konnte ein Durchstimmbereich von 1975 nm bis 2168 nm erreicht werden.

Q 21.2 Tue 10:45 SCH A215

888 nm diode-pumped nanosecond Nd:YVO₄-highpower-laser at 1342 nm — ●FLORIAN LENHARDT¹, ACHIM NEBEL², RALF KNAPPE², THORSTEN BAUER³, JÜRGEN BARTSCHKE³, and JOHANNES L'HUILLIER¹ — ¹Photonik-Zentrum Kaiserslautern e.V., Kohlenhofstrasse 10, 67663 Kaiserslautern — ²Lumera Laser GmbH, Opelstrasse 10, 67661 Kaiserslautern — ³Xiton Photonics GmbH, Kohlenhofstrasse 10, 67663 Kaiserslautern

Compact and efficient diode pumped all-solid-state lasers operating in the infrared spectral region around 1.3 μm have important applications in fiber optics, medical treatment and scientific research. Moreover this wavelength is attractive for the display technology via harmonic generation into red (SHG) or blue radiation (THG). Among the different laser materials in particular the $4F_{3/2} \rightarrow 4I_{13/2}$ -transition of Nd doped laser materials is of great interest for this wavelength range. However the main limitation of 1342 nm Nd-lasers is the strong thermal load, due to the large quantum defect and excited state absorption (ESA). This finally results into a strong thermal lens. In this contribution we report on the design, development and optimization of a Nd:YVO₄ laser at 1342 nm pumped at 888 nm and actively Q-switched by an acousto optical modulator. The development leads to an average output power of 14 W with a pulse duration of 18 ns at a pulse repetition rate of 10 kHz, giving a peak power of 61 kW and pulse energy of 1.4 mJ. The pulses are very stable with pulse energy fluctuations less 0.5 % and the beam quality of the laser radiation is diffraction limited.

Q 21.3 Tue 11:00 SCH A215

46 W regenerative amplifier based on Nd:YVO₄ seeded by a gain switched diode laser — ●FLORIAN HARTH¹, MARKUS LÜHRMANN¹, CHRISTIAN THEOBALD¹, THORSTEN ULM¹, RALF KNAPPE², ACHIM NEBEL², ANDREAS KLEHR³, GÖTZ ERBERT³, and JOHANNES L'HUILLIER¹ — ¹Photonik-Zentrum Kaiserslautern e.V., 67663 Kaiserslautern, Germany — ²Lumera Laser GmbH, 67663 Kaiserslautern, Germany — ³Ferdinand-Braun-Institut, Leibniz-Institut für Höchstfrequenztechnik, 12489 Berlin, Germany

We report on a Nd:YVO₄ regenerative amplifier, end pumped by 888 nm-diode lasers. The output power was about 46 W at adjustable repetition rates from 150 to 833 kHz with a M²-factor of 1.2. The amplifier was seeded by a gain switched diode laser, generating pulses with a duration of 65 ps and a pulse energy of $\sim 5 \text{ pJ}$. The high gain of the regenerative amplifier of $\sim 70 \text{ dB}$ provides amplified pulse energies as high as 180 μJ . Bifurcations of the pulse energy could be avoided without a pre-amplifier despite the low seed energy. Pulse amplitude fluctuations of only 1.2 % for 10,000 consecutive pulses were measured. The long term output power stability was 0.3 %. The laser combines

the advantages of a small and efficient diode seed source with a reliable solid state regenerative amplifier, forming a compact, robust and powerful system. The gain switched seed diode delivers pulses on demand, rendering a pulse picker unnecessary. It is also insensitive against feedback, reducing requirements on isolation between seed diode and amplifier. This makes the laser an ideal source for applications in non-linear optics and high quality material processing.

Q 21.4 Tue 11:15 SCH A215

Yb:LiYF₄ als Scheibenlasermaterial — ●KOLJA BEIL¹, SUSANNE T. FREDRICH-THORNTON¹, CHRISTIAN KRÄNKEL¹, DANIELA PARISI², KLAUS PETERMANN¹, MAURO TONELLI² und GÜNTER HUBER¹ — ¹Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg, Deutschland — ²NEST-Nanoscience Institute-CNR, Dipartimento di Fisica, Pisa, Italien

Yb-dotiertes LiYF₄ (Yb:YLF) ist vor allem aufgrund seiner negativen thermo-optischen Koeffizienten, die die Ausprägung einer thermischen Linse unterdrücken, Gegenstand intensiver Forschung. Die lange Fluoreszenzlebensdauer von 2 ms wirkt sich überdies in relativ niedrigen Laserswellen aus und die breiten Emissionsspektren ermöglichen sub-200-fs Pulse. Die Möglichkeit, effizienten Laserbetrieb auch bei, im Vergleich zu anderen Yb-dotierten Materialien, hohen Yb-Dotierungen zu realisieren macht Yb:YLF zu einem interessanten Material für den Scheibenlaserbetrieb, denn hohe Dotierungen erlauben geringere Scheibendicken und damit eine effizientere Kühlung. In dieser Arbeit wird erstmals Lasertätigkeit von Yb:YLF im Scheibenlaser demonstriert. In ersten Versuchen konnte mit einem 30% Yb-dotierten YLF Kristall eine Ausgangsleistung von 5.87 W erreicht werden, was unseres Wissens die höchste Leistung für dieses Material bei Raumtemperatur ist. Der maximale differentielle Wirkungsgrad betrug 42%. Da die Anregung mangels geeigneter Pumpquelle nicht im Maximum der Absorption stattfand und die Kristallbeschichtungen für Yb:YAG ausgelegt waren, ist zu erwarten, dass mit optimierten Parametern deutlich gesteigerte Effizienzen und Ausgangsleistungen erzielt werden können.

Q 21.5 Tue 11:30 SCH A215

Joule-level, room-temperature Yb:YAG and Yb:CaF₂ lasers — ●MARKUS LOESER¹, MATHIAS SIEBOLD¹, FRANZISKA KROLL¹, FABIAN RÖSER¹, JÖRG KÖRNER², JOACHIM HEIN², ULRICH SCHRAMM¹, and ROLAND SAUERBREY¹ — ¹Helmholtz-Centre Dresden Rossendorf, Bautzner Landstr. 400, 01328 Dresden, Germany — ²Institute for Optics and Quantum Electronics, Max-Wien-Platz 1, 07743 Jena, Germany

Compact diode-pumped solid-state laser systems are envisioned to be an efficient approach for the direct generation of ultrahigh peak laser intensities at a high average power. At the Helmholtz-Centre Dresden Rossendorf a fully diode-pumped Petawatt laser system called PEnELOPE (Petawatt, Energy Efficient Laser for Optical Plasma Experiments) with a pulse duration of 200 fs and a pulse energy of 200 J is planned to build. Here we present gain and efficiency measurements of a joule-level active mirror amplifier for the investigation of the architecture of the main amplifier stages. A setup comprising of 4–16 extracting beams and a pump recovery configuration was employed in order to study the small-signal gain and the optical-to-optical conversion efficiency of an Ytterbium-doped amplifier using either Yb:YAG or Yb:CaF₂. Both the pump and the laser beams were relay-imaged at each pass. For seeding an Yb:YAG Q-switched regenerative amplifier with an output energy of 300 μJ and a pulse duration of 6 ns was pre-amplified up to 100 mJ.

Q 21.6 Tue 11:45 SCH A215

In der Wellenlänge umschaltbarer, gewinngeschalteter Pr³⁺:LiYF₄-Laser — ●SEBASTIAN MÜLLER, NILS-OWE HANSEN, ORTWIN HELLMIG und GÜNTER HUBER — Universität Hamburg, Institut für Laserphysik

Das Energieniveau-Schema des dreiwertigen Praseodym-Ions erlaubt Laserbetrieb auf verschiedenen Wellenlängen im sichtbaren Spektralbereich. In diesem Beitrag wird ein Laser auf der Basis von Pr³⁺:LiYF₄ vorgestellt, in welchem unter Pumpen mit einer blauen Laserdiode bei 444 nm simultan Lasertätigkeit bei 523 nm im grünen und 640 nm im roten Spektralbereich erzielt werden kann. Hiermit steht ein sehr kompaktes RGB-System zur Verfügung, welches einen großen Bereich der

additiven Farbmischung abdeckt.

In diesem Lasersystem diente ein Fabry-Perot-Etalon als Auskoppelspiegel. Das Etalon wird aus einem Spiegelpaar mit variablem Luftspalt gebildet. Die Änderung dieses Luftspaltes mittels eines Piezoaktors ermöglichte eine schnelle Variation des Auskoppelgrades für die beiden Laserwellenlängen.

Zusätzlich wurden Untersuchungen zur Erzeugung gewinngeschalteter Laserpulse mittels Modulation der Pumpleistung durchgeführt. Dabei konnten Laserpulse von 300 ns Pulsdauer und einer Pulsspitzenleistung von 2,1 W bei 640 nm bzw. 670 ns Pulsdauer und 1,6 W Pulsspitzenleistung bei 523 nm erzeugt werden.

In Kombination mit der schnellen Variation des Auskoppelgrades lieferte das System gewinngeschaltete Laserpulse mit einer Repetitionsrate von 34 kHz, die nach jedem Puls die Wellenlänge wechselten.

Q 21.7 Tue 12:00 SCH A215

Faserverstärker basierter Ar-Ionen Laser Ersatz — •TOBIAS BECK, BENJAMIN REIN und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für Angewandte Physik, Laser und Quantenoptik, Schlossgartenstraße 7, D-64289 Darmstadt

Wir stellen eine Laserquelle bei 1029 nm vor, die spektral bis zu 26 GHz modensprungfrei abgestimmt werden kann. Die Scanfrequenz beträgt dabei bis zu 400 Hz. Dank eines Yb-Faserverstärkers werden Ausgangsleistungen bis zu 10 W realisiert. Die Linienbreite beläuft sich auf einige 100 kHz. Um die Zielwellenlänge von 514 nm zu erreichen, wird das System in einem Überhöhungsresonator frequenzverdoppelt. Das System soll später eine effizientere Kühlung relativistischer Ionen ermöglichen.

Q 21.8 Tue 12:15 SCH A215

Frequenzverdopplung eines schmalbandigen Hochleistungsfaserverstärkers bei 1091 nm — •MATTHIAS STAPPEL, ANNA BECK-KOWIAK, THOMAS DIEHL, ANDREAS KOGLBAUER, DANIEL KOLBE, MATTHIAS SATTLER, RUTH STEINBORN und JOCHEN WALZ — Institut für Physik, Johannes Gutenberg-Universität Mainz und Helmholtz Institut Mainz, D-55099 Mainz

Ein kontinuierlicher Kühllaser bei einer Wellenlänge von 121,56 nm (Lyman- α Linie) ist die Voraussetzung für zukünftige Präzisionsexperimente an Antiwasserstoff. Laserlicht bei einer Wellenlänge von

121,56 nm wird durch Summenfrequenzmischen von drei fundamentalen Lasern, darunter einer bei einer Wellenlänge von 545,5 nm, erzeugt. Hier wird der Aufbau eines Hochleistungslasersystems zur Erzeugung von Strahlung bei 545,5 nm vorgestellt. Ausgangspunkt ist eine Kombination aus einem schmalbandigen Ytterbium-Faserverstärker bei 1091 nm (60 kHz Emissionsbandbreite) und einem zweistufigen Ytterbium-Faserverstärker. Damit konnte eine langzeitstabile Leistung von 30 W gezeigt werden. Das infrarote Lichtfeld soll anschließend in einem externen Überhöhungsresonator mit einem nichtlinearen Medium (LBO-Kristall) frequenzverdoppelt werden. Alternativ soll die Frequenzverdopplung im Einfachdurchgang in einem periodisch gepolten MgO:SLT-Kristall (Lithiumtantalat) durchgeführt werden. Die beiden Methoden zur Frequenzverdopplung werden verglichen und der derzeitige Stand des Gesamtsystems aus Faserverstärker und Frequenzverdopplung vorgestellt.

Q 21.9 Tue 12:30 SCH A215

Kompakte Dauerstrichlaser mit hohen Effizienzen im ultravioletten Spektralbereich — •PHILIP METZ, TEOMAN GÜN und GÜNTER HUBER — Universität Hamburg, Institut für Laser-Physik

Die meisten Systeme zur Erzeugung kohärenter ultravioletter (UV) Dauerstrich-Strahlung basieren auf einer zweifachen Frequenzkonversion von im infraroten Spektralbereich emittierenden Lasern. Die Effizienz derartiger Systeme ist dadurch begrenzt, dass zumindest auf einen resonatorexternen Frequenzkonversionsschritt zurückgegriffen werden muss. Im Rahmen dieses Beitrages wird die Erzeugung kohärenten UV-Lichtes durch resonatorinterne Frequenzverdopplung von im sichtbaren Spektralbereich emittierenden Praseodym-Lasern im Dauerstrichbetrieb demonstriert. Hierfür wird ein Praseodym-dotierter LiYF₄-Kristall von zwei InGaN-Laserdioden mit jeweils etwa 1 W Ausgangsleistung um 444 nm gepumpt. In einem Fokus des zweifach gefalteten Resonators befand sich der nichtlineare Kristall. Die Frequenzverdopplung des roten Überganges bei 639,5 nm mittels eines 8 mm langen LBO-Kristalls lieferte 426 mW Ausgangsleistung bei 319,8 nm im mittleren UV-Bereich. Der grüne Übergang bei 522,6 nm wurde mittels eines 5 mm langen BBO-Kristalls in 261,3 nm-Strahlung im fernen UV-Bereich konvertiert. Die hierbei erzielte Ausgangsleistung betrug 356 mW. Bezogen auf die eingestrahlte Pumpleistung stellen diese kompakten Systeme UV-Quellen mit hohen Effizienzen von 21 % bzw. 18 % dar.