

Q 3: Festkörperlaser I

Zeit: Montag 10:30–12:30

Raum: 5K

Q 3.1 Mo 10:30 5K

Entwicklung eines kompakten und leistungsstarken Zündlasers für Verbrennungsmotoren — ●JOHANNES TAUER, HEINRICH KOFLER, GEORG TARTAR und ERNST WINTNER — Institut für Photonik, TU Wien, Österreich

Die seit mittlerweile über 100 Jahren verwendete Funkenzündung behindert die Optimierung der Verbrennungskraftmaschine zunehmend, da diese unter den geforderten Motorbedingungen (hohe Drücke - magere Kraftstoffgemische) nur noch erschwert funktioniert. Einen vielversprechenden Ausweg aus dieser Problematik stellt die Laserzündung dar. Eine hohe Zündfähigkeit magerer Gemische sowie die freie Wahl des Zündortes im Brennraum sprechen für deren Anwendung, wobei die benötigten Pulsenergien bei Pulsdauern unter 10 ns im Bereich von 5-10 mJ liegen. Konventionelle Lasersysteme, die diesen Anforderungen entsprechen, sind wegen ihrer Anschaffungskosten und Baugrößen nicht einsetzbar. Daher wurde die Entwicklung eines kompakten und leistungsstarken Lasersystems unternommen. Aufgrund der kompakten und robusten Ausführung wurde das Konzept eines longitudinal diodengepumpten und passiv gütegeschalteten Festkörperlasers verfolgt. Das Lasermedium (Nd:YAG) wurde mit einer 300W Diode gepumpt. Als sättigbarer Absorber kam Cr⁴⁺:YAG zum Einsatz. Der optimale Betriebspunkt des Lasersystems hängt im wesentlichen von der Reflektivität des Auskoppelspiegels und der Anfangstransmission des Absorbers ab. Bisweilen konnten Pulsenergien von über 10 mJ, Pulsdauern unter 1,5 ns und optische Wirkungsgrade von mehr als 9 % erreicht werden.

Q 3.2 Mo 10:45 5K

Charakterisierung eines Faserverstärkers bei 1014 nm — ●MATHIAS SINTHER, ALBERT SEIFERT und THOMAS WALTHER — TU Darmstadt, Institut für Angewandte Physik, Schlossgartenstr. 7, 64289 Darmstadt

Ytterbium-dotierte Faserverstärker und Faserlaser werden inzwischen für die unterschiedlichsten Anwendungen verwendet. In diesem Beitrag wird ein Yb-Faserverstärker vorgestellt, der bei 1014 nm betrieben wird, und dessen vierte Harmonische dann in einem Atomfallenerperiment eingesetzt werden soll. Bei der genannten Wellenlänge tritt im Yb-Spektrum noch eine Absorptionsbande auf, so dass die Fasern mit flüssigem Stickstoff gekühlt werden müssen. Auf diesen Aspekt soll im Besonderen eingegangen werden.

Q 3.3 Mo 11:00 5K

Spektroskopische Untersuchungen und erste Lasertätigkeit von Pr³⁺:KY₃F₁₀ — ●CHRISTINA BRAUN, ANDRÉ RICHTER, ERNST HEUMANN und GÜNTER HUBER — Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Wir berichten über spektroskopische Untersuchungen an Pr³⁺:KY₃F₁₀ und über die nach unserem Wissen erstmals demonstrierte Lasertätigkeit des Materials.

KY₃F₁₀ ist mit seiner kubischen Kristallstruktur ein attraktives Wirtsmaterial für diodengepumpte Pr-basierte Lasersysteme. Absorptionsmessungen im blauen Spektralbereich ergaben einen maximalen Wirkungsquerschnitt von $2,4 \cdot 10^{-20} \text{ cm}^2$ bei einer Wellenlänge von 446 nm. Demnach sind GaN-Laserdioden als Pumpquellen für den Grundzustandsübergang ³H₄ nach ³P₂ prinzipiell geeignet. Die intrinsische Lebensdauer des oberen Laserniveaus ³P₀ wurde aus den Fluoreszenzabklingkurven unterschiedlich stark dotierter Kristalle zu 46 μs bestimmt und weist damit einen für Pr-dotierte Fluoride typischen Wert auf. Emissionswirkungsquerschnitte wurden sowohl nach Führtbauer-Ladenburg als auch nach der Reziprozitätsmethode berechnet. Für den realisierten Laserübergang bei 645 nm wurde ein Wirkungsquerschnitt von $9,1 \cdot 10^{-20} \text{ cm}^2$ ermittelt.

Die ersten Laserexperimente wurden mit einem nahezu konzentrischen Resonator realisiert. Bisher konnten etwa 5 mW rote Ausgangsleistung im Dauerstrich erreicht werden.

Q 3.4 Mo 11:15 5K

Synchronisiert gepulst gepumpter Yb-Faserverstärker zur effizienten Nachverstärkung eines Cr⁴⁺Nd³⁺:YAG Microchiplasers — ●CHRISTIAN BOHLING¹, KONRAD HOHMANN¹, WOLFGANG SCHIPPERS¹ und WOLFGANG SCHADE^{1,2} — ¹TU Clausthal, Institut für Physik und Physikalische Technologien (IPPT), Leibnizstr. 4,

38678 Clausthal-Zellerfeld — ²TU Clausthal, LaserAnwendungsCentrum (LAC), Arnold-Sommerfeld-Str. 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld

Ein passiv gütegeschalteter Cr⁴⁺Nd³⁺:YAG Microchiplaser ($E_p = 100 \mu\text{J}$, $t_p = 1 \text{ ns}$, $\lambda = 1064 \text{ nm}$) wird in einer Ytterbium dotierten large mode area (LMA) double clad (DC) Faser (Fa. Nufern) mit einem Kerndurchmesser $d_{\text{core}} = 45 \mu\text{m}$ nachverstärkt. Die Verstärkungsfasern wird von einem fasergekoppelten gepulsten Diodenlaser ($\lambda = 976 \text{ nm}$, $P_{\text{pump}} = 50 \text{ W}$, $t_p < 1 \text{ ms}$) gepumpt. Durch Synchronisation der Seed- und Pumppulse wird bei Wiederholraten $f_{\text{rep}} < 1 \text{ kHz}$ der Wirkungsgrad des Verstärkungssystems verbessert. Verstärkte spontane Emission (ASE) wird durch dieses Pumpverfahren nahezu vollständig unterdrückt. Es werden Pulsenergien bis $E_p = 1,5 \text{ mJ}$ (Pulsspitzenleistung $P = 1,5 \text{ MW}$) erzielt. Wird der Laserstrahl auf eine Oberfläche abgebildet (Fokussdurchmesser $d = 45 \mu\text{m}$), so wird eine Intensität $I = 95 \frac{\text{GW}}{\text{cm}^2}$ erreicht, mit der auf dieser Oberfläche ein spektroskopisch signifikantes Plasma erzeugt werden kann. Die Strahlquelle eignet sich daher zum Einsatz in einem fasergekoppelten LIBS-System.

Q 3.5 Mo 11:30 5K

Optische Steuerung der Emission eines Pr,Yb:ZBLAN Faserlasers — ●ORTWIN HELLMIG, OLIVER BACK, KLAUS SENGSTOCK und VALERI BAEV — Institut für Laserphysik, Universität Hamburg, Luruper Chaussee 149, 22761 Hamburg

Pr,Yb:ZBLAN upconversion Faserlaser emittieren in mehreren Spektralbereichen zwischen 492 und 717 nm. Die Steuerung der Laserleistung und des Emissionsspektrums kann über die Pumplichtquelle und durch die Veränderung des Reflektionsgrades der Resonatorspiegel mit einem einstellbaren Luftspalt erfolgen, ist aber relativ langsam. Für eine schnelle Steuerung der Laserleistung haben wir ein neuartiges optisches Modulationsverfahren entwickelt. Dabei erfolgt eine verzögerungsfreie Inversionskontrolle durch ein zusätzlich in den Laser eingekoppeltes Steuerlicht mit einer Wellenlänge, die resonant zu einem anderen möglichen Laserübergang, z.B. 635 nm, gewählt wird. Bei dieser Steuerung wurde kontrollierter Superpulsbetrieb bei Frequenzen der Relaxationsschwingungen im Bereich von $10^4 - 10^6 \text{ Hz}$ mit etwa 10-fach überhöhter Spitzenleistung erreicht. Die maximale Spitzenleistung von etwa 50 mW bei der Emissionswellenlänge von 493 nm und der Wiederholrate von 300 kHz wurde bei einer eingekoppelten Pumpleistung von 100 mW demonstriert und ist durch einen Hystereseeffekt nur bei einer Reduzierung der Modulationsfrequenz erreichbar. Dieses Konzept funktioniert auch bei deutlich höheren Frequenzen; so besteht die Möglichkeit, allein durch eingekoppeltes Steuerlicht, ein „Mode Locking“-Betrieb mit einer Frequenz von 10^8 Hz ohne zusätzliche optische Elemente im Resonator einzustellen.

Q 3.6 Mo 11:45 5K

Nachverstärkung eines Er:Yb-Glas Microchiplasers in einem Er:Yb Faserverstärker — ●JÖRG BURMEIER^{1,2}, CHRISTOPH BAUER² und WOLFGANG SCHADE^{1,2} — ¹TU Clausthal, Institut für Physik und Physikalische Technologien (IPPT), Leibnizstraße 4, 38678 Clausthal-Zellerfeld — ²TU Clausthal, LaserAnwendungsCentrum (LAC), Arnold-Sommerfeld-Straße 6, 38678 Clausthal-Zellerfeld

In diesem Beitrag werden verschiedene Faserverstärkersysteme diskutiert, welche im „eye-safe“-Bereich bei einer Wellenlänge von $\lambda = 1,5 \mu\text{m}$ gepulste Laserstrahlung verstärken.

Ein passiv-gütegeschalteter Er:Yb-Glas Microchiplaser mit einer Pulsenergie von $E_p = 5 \mu\text{J}$, einer Repetitionsrate von $f_{\text{Rep}} = 5 \text{ kHz}$ und einer Wellenlänge von $\lambda_{\text{Seed}} = 1535 \text{ nm}$ wird als Seedlaser eines Er:Yb Faserverstärkers eingesetzt. Als Verstärkerfasern werden eine single mode Erbium/Ytterbium-dotierte double clad Faser mit einem Kerndurchmesser von $d_{\text{Kern}} = 7 \mu\text{m}$, sowie eine polarisationserhaltende large mode area (LMA) Er:Yb-Faser mit einem Kerndurchmesser von $d_{\text{Kern}} = 25 \mu\text{m}$ verwendet. Zurzeit werden beide Fasern in zwei unabhängigen Systemen getestet, ein Aufbau aus Vorverstärkerstufe und Hauptverstärkerstufe wird angestrebt. Mit der polarisationserhaltenden Faser wurde ein Verstärkungsfaktor von $V = 20$ realisiert, was einer Pulsenergie von $E_p = 100 \mu\text{J}$ entspricht. Beim Durchlaufen der Verstärkerfaser verkürzt sich die Pulsdauer von $t_{\text{Seed}} = 3,7 \text{ ns}$ auf $t_{\text{Amp}} = 2,5 \text{ ns}$.

Die Eigenschaften dieser Faserverstärkersysteme bieten die Möglichkeit zur Spektroskopie von Explosivstoffen.

Q 3.7 Mo 12:00 5K

Lasertätigkeit von $\text{Er}^{3+}:\text{Sc}_2\text{O}_3$ bei $1,58\ \mu\text{m}$ Wellenlänge —

•MATTHIAS FECHNER, ANDREAS KAHN, HANNO SCHEIFE, KLAUS PETERMANN und GÜNTER HUBER — Institut für Laser-Physik, Hamburg

Zum ersten Mal ist Lasertätigkeit auf dem Übergang ${}^4I_{13/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ bei $1,58\ \mu\text{m}$ Wellenlänge in $\text{Er}^{3+}:\text{Sc}_2\text{O}_3$ demonstriert worden. Frühere Versuche, diesen Laser zu realisieren, waren nicht erfolgreich [1], weil nur Laserkristalle mit zu hohen Erbiumkonzentrationen zur Verfügung standen. Sc_2O_3 eignet sich hervorragend als Wirtsmaterial. Es zeichnet sich durch eine hohe Wärmeleitfähigkeit, eine niedrige effektive Phononenenergie, große mechanische Stabilität und einen weiten Transparenzbereich (UV bis mittleres IR) aus. Sowohl bei einer Pumpwellenlänge von $980\ \text{nm}$ als auch beim *In-Band-Pumping* bei Wellenlängen um $1535\ \text{nm}$ werden in $\text{Er}^{3+}:\text{Sc}_2\text{O}_3$ Upconversionprozesse erwartet, die zu einer Inversionsabnahme führen können. Daher ist ein möglichst großer Abstand der aktiven Ionen im Wirtsgitter nötig. Bei einer Erbiumkonzentration von $0,2\ \text{Platz}\ \%$ und einer Kristalllänge von $5\ \text{mm}$ konnte bei einer absorbierten Pumpleistung von $290\ \text{mW}$ eine Ausgangsleistung von $23\ \text{mW}$ bei $1,58\ \mu\text{m}$ Wellenlänge erzielt werden. Als

Pumpquelle diente ein $\text{Ti}^{3+}:\text{Al}_2\text{O}_3$ -Laser bei einer Wellenlänge von $980\ \text{nm}$ und einer optischen Leistung von $1,98\ \text{W}$. In Zukunft wird versucht, einen planaren Wellenleiterlaser gleichen Materials herzustellen, der in der integrierten Optik Anwendung finden kann.

[1] V. Peters. *Spektroskopie und Lasereigenschaften erbium- und praseodymdotierter hochschmelzender Oxide*. Diplomarbeit, Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg (1998).

Q 3.8 Mo 12:15 5K

Untersuchungen zur schnellen Wellenlängenumschaltung eines Scheibenlasers —

•MARCO FRANKE, WOLFGANG PAA und WOLFGANG TRIEBEL — IPHT-Jena e.V., Jena, Deutschland

Der alternierende Mehrwellenlängenbetrieb eines Yb:YAG-Scheibenlaseroszillators wird mit drei verschiedenen Konzepten der resonatorinternen Umschaltung realisiert. Die Umschaltfrequenzen betragen bis zu $1500\ \text{Hz}$ und es werden Wellenlängensprünge von $93\ \text{pm}$ bis $1,1\ \text{nm}$ erreicht. Die Konzepte umfassen die Wellenlängenumschaltung mit polarisationsdrehenden Elementen, mit Doppelresonator und mit einem elektrisch durchstimmbaren Lyot-Filter. Ihre Erprobung wird vorgestellt und bewertet