

Symposium Lasersysteme und Laseranwendungen: Aktuelle Entwicklungen und Trends (SYLL)

gemeinsam veranstaltet von
der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Lasertechnik (WLT) und
dem Fachverband Kurzzeitphysik der DPG

Dr. Dietmar Kracht
Laser Zentrum Hannover (LZH) e.V.
Hollerithallee 8
D-30419 Hannover
d.kracht@lzh.de

Dr. Andreas Görtler
Fraunhofer Institut für Angewandte Optik und
Feinmechanik (IOF)
Albert-Einstein-Straße 7
07745 Jena
AGoertler@gmx.de

Das Einundzwanzigste Jahrhundert wird oft als das Jahrhundert des Photons bezeichnet. Laser und deren Einsatz erzeugen und nutzen Photonen für vielfältige innovative Anwendungen. Im Rahmen des Symposiums werden neue, aktuelle Entwicklungen und Trends sowohl auf der Quellenseite als auch aktuelle Anwendungen von Lasern betrachtet. Dies erfolgt sowohl aus der Sicht der Institute als auch der Industrie. Aufgrund der vielfältigen Aktivitäten in der Lasertechnologie Deutschlands kann dies nur anhand einiger aktueller Beispiele aus den relevanten Technologiefeldern erfolgen.

Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen

(Hörsaal A 001)

Hauptvorträge

SYLL 1.1	Tu	13:30–14:00	A 001	Ultrafast Fiber Laser Systems — •JENS LIMPERT, ANDREAS TÜNNERMANN
SYLL 1.2	Tu	14:00–14:30	A 001	Diodengepumpte Praseodym-Laser im sichtbaren und ultravioletten Spektralbereich — •TEOMAN GÜN, NILS-OWE HANSEN, KLAUS PETERMANN, GÜNTER HUBER
SYLL 1.3	Tu	14:30–15:00	A 001	Aktuelle Entwicklungen von Excimerlasern — •CLAUS STROWITZKI
SYLL 1.4	Tu	15:00–15:30	A 001	Gepulste Faserverstärkersysteme im ps- und ns-Zeitbereich — •MAIK FREDE, MATTHIAS HILDEBRANDT, SEBASTIAN KANZELMEYER, THOMAS THEEG, JÖRG NEUMANN, DIETMAR KRACHT
SYLL 1.5	Tu	15:30–16:00	A 001	Yb:YAG thin disk laser system with high average and high peak power — •JOHANNES TÜMLER, ROBERT JUNG, INGO WILL, HORST SCHÖNNAGEL, WOLFGANG SANDNER
SYLL 2.1	Tu	16:30–17:00	A 001	Laser application for nanophotonics and metamaterials — •CARSTEN REINHARDT, WEI CHENG, ANDREY B. EVLYUKHIN, ARSENIY I. KUZNETSOV, ANDREAS SEIDEL, BORIS N. CHICHKOV
SYLL 2.2	Tu	17:00–17:30	A 001	Hochleistungs-Ultrakurzpuls laser als neues Werkzeug für die Fertigungstechnik und Oberflächenfunktionalisierung — •ARNOLD GILLNER, STEPHAN EIFEL, ANDREAS DOHRN
SYLL 2.3	Tu	17:30–18:00	A 001	(Ultra-)Kurzpuls laser und Prozesse für Photovoltaikproduktion — •UWE STUTE
SYLL 2.4	Tu	18:00–18:30	A 001	Anwendungen neuartiger abstimmbarer ps und fs-Faser laser im Sichtbaren und NIR — •WILHELM KAENDERS, THOMAS HELLERER, FRANK LISON

Fachsitzungen

SYLL 1.1–1.5	Tu	13:30–16:00	A 001	Lasersysteme
SYLL 2.1–2.4	Tu	16:30–18:30	A 001	Anwendungen

SYLL 1: Lasersysteme

Time: Tuesday 13:30–16:00

Location: A 001

Invited Talk SYLL 1.1 Tu 13:30 A 001
Ultrafast Fiber Laser Systems — ●JENS LIMPERT and ANDREAS TÜNNERMANN — FSU Jena, Institute of Applied Physics, Albert-Einstein-Str. 15, 07745 Jena, Germany

The recent demonstration of rare-earth-doped fiber lasers with a continuous-wave output power approaching the 10 kW-level with diffraction-limited beam quality has proven that fiber lasers constitute a power-scalable solid-state laser concept. To generate intense pulses from a fiber several fundamental limitations have to be overcome. Nevertheless, novel experimental strategies and fiber designs offer an enormous potential towards ultrafast laser systems with high average powers (>kW) and high peak power (>GW). We review the challenges, achievements and perspectives of ultrashort pulse generation and amplification in fibers as well as applications e.g. micromachining and high harmonic generation.

Invited Talk SYLL 1.2 Tu 14:00 A 001
Diodengepumpte Praseodym-Laser im sichtbaren und ultravioletten Spektralbereich — ●TEOMAN GÜN, NILS-OWE HANSEN, KLAUS PETERMANN and GÜNTER HUBER — Institut für Laser-Physik, Universität Hamburg

Praseodym-dotierte Fluorid-Kristalle wie LiYF₄ (YLF) oder LiLuF₄ (LLF) gehören seit der Entwicklung geeigneter Anregungsquellen wie GaN-Laserdioden (LD) oder optisch gepumpten Halbleiterlasern (OPS) zu den effizientesten Festkörperlasermaterialien im sichtbaren Spektralbereich. Die direkten Laserübergänge im sichtbaren Spektralbereich bieten zudem die einfache Möglichkeit der Generierung von kohärenter ultravioletter (UV) Dauerstrich-Strahlung durch resonatorinterne Frequenzverdopplung. Dieser Beitrag gibt eine Übersicht über die aktuell erreichten Effizienzen solcher Lasersysteme. Auf der Grundlage eines OPS-gepumpten Pr:YLF-Lasers konnten mit einer Pumpleistung von 9,3 W bei einer Wellenlänge von 522,6 nm ein differentieller Wirkungsgrad von 45% und eine maximale Laser-Ausgangsleistung von 4 W realisiert werden. Durch die resonatorinterne Frequenzverdopplung wurde eine maximale UV-Leistung von 1 W generiert, welches einer optisch-optischen Gesamteffizienz von etwa 11% entspricht [1]. Neueste LD-gepumpte Experimente ergaben differentielle Wirkungsgrade von bis zu 56% mit Laserausgangsleistungen von bis zu 170 mW bei einer absorbierten Pumpleistung von 330 mW. Die aus LD-gepumpten Experimenten generierte maximale UV-Leistung bei einer Wellenlänge von 261,3 nm beträgt 22,5 mW.

[1] V. Ostroumov, W. Seelert, SPIE 6871-52, Photonics West 2008

Invited Talk SYLL 1.3 Tu 14:30 A 001
Aktuelle Entwicklungen von Excimerlasern — ●CLAUS STROWITZKI — Mlase AG

Excimerlaser sind in viele Applikationen trotz großer Fortschritte auf dem Gebiet der Festkörperlaser nicht durch diese zu ersetzen. Insbesondere bei Wellenlängen unterhalb von 250 nm gibt es kaum wirt-

schaftliche Alternativen. Die Entwicklung der Laser ist getrieben von günstigen Betriebskosten und hohe Anforderungen an die Zuverlässigkeit. Hier wurden in den letzten Jahren erhebliche Fortschritte gemacht, die es den Excimerlaser ermöglichen, dem Konkurrenzdruck der Festkörperlaser zu bestehen. Insbesondere die Weiterentwicklung der Dichtungen und die Sauberkeit der Systeme vereinfachen den Betrieb erheblich, sodass ein *sealed off* Betrieb möglich ist. In dem Vortrag werden aktuelle Entwicklungen aufgezeichnet und aktuelle Ergebnisse präsentiert.

Invited Talk SYLL 1.4 Tu 15:00 A 001
Gepulste Faserverstärkersysteme im ps- und ns-Zeitbereich — ●MAIK FREDE, MATTHIAS HILDEBRANDT, SEBASTIAN KANZELMEYER, THOMAS THEEG, JÖRG NEUMANN und DIETMAR KRACHT — Laser Zentrum Hannover e.V., Hollerithallee 8, 30419 Hannover

Faserverstärkersysteme für Eingangsquellen geringer Leistung wie bspw. Laserdioden oder Mikrochiplaser ermöglichen die Realisierung einer großen Vielfalt von Laserparametern. Durch gezielte Strommodulation können bspw. mit Laserdioden Pulsdauern von ps bis ns und Wiederholraten von kHz bis MHz erzielt werden. Die geringe mittlere Leistung der Laserdioden erfordert jedoch aufgrund des hohen ASE Anteils in Faserverstärkern einen aufwendigen, mehrstufigen Verstärkungsprozess. Bei höheren Ausgangsleistungen sind weiterhin limitierende, nichtlineare Effekte wie stimulierte Brillouin- und Ramanstreuung (SBS und SRS) zu beachten. Für die Realisierung eines Lasersystems für den ps- bis ns-Zeitbereich wurden unterschiedliche Faserverstärkerkonzepte aufgebaut und untersucht. Hierbei konnten Systeme mit bis zu 10 W Ausgangsleistung im ps- und ns-Zeitbereich demonstriert werden.

Invited Talk SYLL 1.5 Tu 15:30 A 001
Yb:YAG thin disk laser system with high average and high peak power — ●JOHANNES TÜMMLER, ROBERT JUNG, INGO WILL, HORST SCHÖNNAGEL, and WOLFGANG SANDNER — Max Born Institute, Berlin, Germany

We will report on our latest results in the development of an Yb:YAG thin disk CPA laser system. It consists of an Yb:KGW front end, a grating stretcher and compressor, and several amplifier stages based on Yb:YAG thin disk technology. In the first state, the laser system is designed to deliver ps pulses on the order of about < 1 J with a repetition rate of 100 Hz. The first amplifier of this chain is a regenerative amplifier. Recent results of this single amplifier showed output parameters of more than 300 mJ at a repetition rate of 150 Hz, which is 45 W average power. Several concepts of multipass amplifiers are currently under investigation for the subsequent amplifier stages.

Based on the experiences with the different amplifier designs, in a further step it is planned to explore the limits of thin disk technology concerning pulse energy as well as repetition rate. Envisioned is a multi Joule laser system working at a repetition rate of 200 Hz.

SYLL 2: Anwendungen

Time: Tuesday 16:30–18:30

Location: A 001

Invited Talk SYLL 2.1 Tu 16:30 A 001
Laser application for nanophotonics and metamaterials — ●CARSTEN REINHARDT, WEI CHENG, ANDREY B. EVLYUKHIN, ARSENIY I. KUZNETSOV, ANDREAS SEIDEL, and BORIS N. CHICHKOV — Laser Zentrum Hannover, Hollerithallee 8, D30419 Hannover

We demonstrate results on femtosecond laser based fabrication of nano- and micro-scale structures, finding applications in nanophotonics, e.g. plasmonic waveguides, and metamaterials. Dielectric-loaded waveguides for surface plasmon polaritons or arrays of split-ring resonators are fabricated by two-photon polymerization of different polymers, providing the possibility for selective metallization. The laser induced transfer allows realizing arbitrary 2D and 3D arrangements of metallic nanospheres with adjustable diameters of 300 nm to 1600 nm, as well as their combination with 3D polymeric structures. Results on the characterization of plasmonic waveguides and the scattering properties of metallic nanospheres, with respect to the realization of novel meta-

materials, using leakage radiation microscopy [1,2] will be presented.

[1] Carsten Reinhardt, Andreas Seidel, Andrey B. Evlyukhin, Wei Cheng, and Boris N. Chichkov, Mode-selective excitation of laser-written dielectric-loaded surface plasmon polariton waveguides, JOSA B26, pp. B55-B60 (2009)

[2] Arseniy I. Kuznetsov, Andrey B. Evlyukhin, Carsten Reinhardt, Andreas Seidel, Roman Kiyon, Wei Cheng, Aleksandr Ovsianikov, and Boris N. Chichkov, Laser-induced transfer of metallic nanodroplets for plasmonics and metamaterial applications, JOSA B26, pp. B130-B138 (2009)

Invited Talk SYLL 2.2 Tu 17:00 A 001
Hochleistungs-Ultrakurzpuls laser als neues Werkzeug für die Fertigungstechnik und Oberflächenfunktionalisierung — ●ARNOLD GILLNER, STEPHAN EIFEL und ANDREAS DOHRN — Fraunhofer-Institut für Lasertechnik, Aachen, Germany

Die Präzisionsfertigung gewinnt nicht nur bei kleinen und Mikrobauteilen zunehmend an Bedeutung. Mikrostrukturen und sogar Nanostrukturen werden zunehmend zur Erzeugung einer bestimmten Oberflächenfunktionalität auch an großen Bauteilen eingesetzt. Zur Herstellung dieser Strukturen für optische, haptische und tribologische Anwendungen erlaubt die Lasertechnik mit dem Einsatz von Ultrakurzpulslasern mit angepassten Pulsenergien die Herstellung von Geometrien von 10 - 100 Mikrometer bei Oberflächenqualitäten von $< 0,5$ Mikrometer sowie funktionalen Nanostrukturen. Bisher waren diese Strahlquellen aufgrund der geringen zur Verfügung stehenden Leistungen eher für kleine Bauteile einsetzbar. Durch die Entwicklung von Hochleistungs-Ultrakurzpulslasern mit Leistungen bis 500 W bei Pulsfrequenzen im Bereich 10 - 20 MHz steht nun künftig ein neues Präzisionswerkzeug auch für die Makrobearbeitung zur Verfügung. Für die damit verbundene ultraschnelle Strahlpositionierung werden neue Konzepte nötig, die auf der Basis elektro-optischer und akustooptischer Ablenker prototypisch realisiert wurden. Neue Effekte durch nichtlineare Wechselwirkungsprozesse, die die Qualität der Bearbeitung beeinflussen, sind durch geeignete Parameterwahl und Systemauswahl zu berücksichtigen und zu kompensieren

Invited Talk SYLL 2.3 Tu 17:30 A 001
(Ultra-)Kurzpulslaser und Prozesse für Photovoltaikproduktion — •UWE STUTE — TRUMPF Laser- und Systemtechnik GmbH, Johann-Maus-Straße 2, Ditzingen

In der aktuellen Energiedebatte nimmt die Photovoltaik als regenerativer Energielieferant eine gewichtige Position ein. In der Photovoltaikproduktion ist insbesondere die Lasertechnologie ein Schlüsselfaktor für höhere Wirkungsgrade der Solarmodule und für effizientere Pro-

duktionstechniken.

Lasertechnologie wird aktuell in der Produktion kristalliner Zellen zum Schneiden von Wafern und zur Laserkantenisolierung (LKI) eingesetzt. In der Dünnschichtsolarmodulproduktion wird die inline Zellverschaltung und das Randentschichten mit Lasern realisiert.

Neben einer Übersicht über aktuelle Prozesse, wird der Schwerpunkt des Beitrags insbesondere (Ultra-) Kurzpulslasersysteme auf Scheibenzellbasis für Schlüsselprozesse in der Photovoltaikproduktion darstellen. Dabei werden insbesondere die Prozessierung von thermisch sensiblen Materialien (z.B. CIS oder Passivierungsschichten auf Siliziumzellen) mit Ultrakurzpulslasern und die Hochratenentschichtung mit leistungsstarken Kurzpulsquellen vorgestellt.

Invited Talk SYLL 2.4 Tu 18:00 A 001
Anwendungen neuartiger abstimmbarer ps und fs-Faserlaser im Sichtbaren und NIR — •WILHELM KAENDERS, THOMAS HELLERER und FRANK LISON — TOPTICA Photonics AG, Lochhamer Schlag 19, 82166 Graefelfing

Die stürmische Entwicklung von Ultrakurzpuls-Faserlasern manifestiert sich in einer neuartigen Gerätegeneration, und hat damit bereits viele Anwendungsbereiche verändert. Selbststartende, kompakte Oszillatoren und Oszillator-Verstärkeranordnungen erlauben zunehmend den Transfer von bis dato reinen Laboranwendungen in der Biologie, der Medizin, aber auch in den physikalisch-technischen Disziplinen in hands-off, sogar mobile Geräte. Ein Überblick über aktuelle Entwicklungen (SESAM-Oszillatoren, vollständig polarisationserhaltende Aufbauten, rauscharme Superkontinua und schmalbandig-abstimmbare Designs) aus diesem Bereich werden präsentiert.