

## K 7: Laser - Systeme und Anwendungen I

Zeit: Donnerstag 14:00–16:00

Raum: 3E

**Hauptvortrag** K 7.1 Do 14:00 3E  
**Mikrostrukturierter Optik für Excimer-Laser basierte Systeme: Anwendungen zur Abbildung, Strahlformung und Kohärenzmanagement** — ●ROBERT BRUNNER — Carl Zeiss AG, Jena, Deutschland

Als Lichtquelle mit hoher Energiedichte und kurzer Wellenlänge eignen sich Excimer-Laser Systeme hervorragend für eine breite Applikationsvielfalt und spielen eine zentrale Rolle z.B. in der Halbleiter-Lithografie, der Masken-Inspektion, der Materialbearbeitung und der refraktiven Augenchirurgie. In diesen Anwendungsfeldern ist zu beobachten, dass die Systemanforderungen bezüglich optischer Performance von einer Produktgeneration zur nächsten drastisch steigen. Die mikrostrukturierte Optik bietet hier vielfältige Möglichkeiten die System-Performance zu verbessern. Besonders vielversprechend sind dabei hybrid-optische Systeme in der Kombination aus diffraktiv abbildenden und klassisch refraktiv wirkenden Elementen. Besonders durch die stark variierende Strahlcharakteristik von Excimer-Lasern, kommt dem Design und der Leistungsfähigkeit des Beleuchtungssystems eine enorme Bedeutung zu. Geometrisch und lateral statistisch verteilte refraktive \*Mikrolinsen\* erlauben hier eine maßgeschneiderte Strahlformung und Kohärenzbeeinflussung.

**Hauptvortrag** K 7.2 Do 14:30 3E  
**LIBS Micro-Analysis by Use of Tapered Optical Fibers** — ●JOHANNES HEITZ<sup>1,2</sup>, THOMAS STEHRER<sup>1,2</sup>, and JOHANNES DAVID PEDARNIG<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Christian Doppler Laboratory for Laser-Assisted Diagnostics, Johannes Kepler University Linz, A-4040 Linz, Austria — <sup>2</sup>Institute of Applied Physics, Johannes Kepler University Linz, A-4040 Linz, Austria

Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) is an increasingly used method for chemical analysis of either solid, gaseous or liquid samples (e.g. molten metal melts) [1]. We demonstrate here that LIBS can also be performed with a lateral resolution in the order of a few micrometers by employing tapered optical fibers as light guides [2]. These fiber tips were produced by wet chemical etching and approached to the surface by means of shear force detection with a piezo-electric sensor [3]. The aluminum alloy samples under investigation had an Al content of about 90 % and Si, Fe and Mg as most relevant minor components. We used a Nd:YAG laser delivering 6 ns pulses with pulse energies up to 450 mJ. Subsequently, the laser-light was frequency doubled to a wavelength of 532 nm and coupled into the fiber.

[1] J. Gruber, J. Heitz, D. Bäuerle et. al., In-situ Analysis of Metal Melts in Metallurgic Vacuum Devices by Laser-induced Breakdown Spectroscopy, Appl. Spectrosc. 58, 457 (2004); [2] T. Stehrer, J. Heitz, LIBS Micro-Analysis of solid aluminum samples by use of optical fibers as light guide, SPIE Proc. 6346, 634626 (2007); [3] G. Wysocki, J. Heitz, D. Bäuerle, Near-field optical nanopatterning of crystalline silicon, Appl. Phys. Lett. 84, 2025 (2004)

**Elastic and plastic deformation of solids near ablation threshold** — ●BÄRBEL RETHFELD<sup>1</sup>, ARUN K. UPADHYAY<sup>1,2</sup>, NAIL A. INOGAMOV<sup>3</sup>, SERGEI I. ANISIMOV<sup>3</sup>, and HERBERT M. URBASSEK<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Technische Universität Kaiserslautern, Deutschland — <sup>2</sup>University of Michigan, USA — <sup>3</sup>L.D. Landau Institut, Moskau, Russland

When material is energized on a very short timescale in comparison with the time of sound relaxation, the stress is confined due to inertia. Unloading of the stress causes the appearance of tensile stress. With MD methods we study the fragmentation of solids, the nucleation and development of voids and the materials thermodynamic pathways through different phases. The calculations are performed for several metal potentials as well as for a Lennard-Jones system. We reveal a universality of materials response independent on the type of material, which can be explained in terms of cohesion energy (depth of interatomic potential). We study the microscopic view of fragmentation, i.e. the formation of voids in liquid material or spallation of solid phase. Finally, we follow the thermodynamic pathways of materials expansion near ablation threshold and compare the phase diagram of metals with that of Lennard-Jones material.

**Kontrolle von Ionisierungsprozessen in Materialien mit** K 7.4 Do 15:15 3E

**großer Bandlücke durch maßgeschneiderte Femtosekunden-laserpulse** — ●LARS ENGLERT<sup>1</sup>, BÄRBEL RETHFELD<sup>2</sup>, LARS HAAG<sup>1</sup>, MATTHIAS WOLLENHAUPT<sup>1</sup>, CRISTIAN SARPE-TUDORAN<sup>1</sup> und THOMAS BAUMERT<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Universität Kassel, Institut für Physik und Center for Interdisciplinary Nanostructure Science and Technology (CINSaT), Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany — <sup>2</sup>Technische Universität Kaiserslautern, Erwin-Schrödinger-Strasse 46, D-67663 Kaiserslautern, Germany

In einem modifizierten Mikroskopaufbau werden über spektrale Phasenmodulation geformte Femtosekundenlaserpulse mit einer Zentralwellenlänge von 790 nm auf eine dielektrische Probe durch ein Mikroskopobjektiv (0.5NA) fokussiert. Dabei werden bei geeigneter Wahl der zeitlich asymmetrischen Energiestromdichteverteilung reproduzierbar Strukturen mit einer lateralen Ausdehnung von unter 200 nm erzeugt. Damit liegt die erreichte Strukturgröße deutlich unterhalb der Beugungslimitierung.

Der erste Schritt zur Materialmodifikation von Dielektrika durch ultrakurze Laserpulse ist die Erzeugung von quasifreien Elektronen. Vor allem findet Multiphoton- und Avalancheionisation statt, wobei durch Pulsformung einer der beiden Ionisierungskanäle favorisiert wird. Die experimentellen Ergebnisse werden durch theoretische Simulationen der zeitlichen Entwicklung der quasifreien Elektronendichte unterstützt. Eine Erweiterung der Prozessparameter hinsichtlich der Pulsformung und Fokussierung wird diskutiert.

**Wellenleiterlaser durch Brechungsindexmodifikation in laseraktiven Gläsern** — ●DAGMAR ESSER, DIRK WORTMANN und JENS GOTTMANN — Lehrstuhl für Lasertechnik, RWTH Aachen, Steinbachstrasse 15, 52074 Aachen

Durch Fokussierung ultrakurzer Laserpulse im Volumen transparenter Dielektrika können lokale Brechungsindexmodifikationen erzielt werden. Nichtlineare Effekte wie Multiphotonen- und Avalancheabsorption führen zu lokalen Dichteänderungen und der Ausbildung von Farbzentren, wodurch eine Brechungsindexerhöhung im bestrahlten Volumen und somit die Herstellung wellenleitender Strukturen ermöglicht wird. Diese lassen sich einerseits für passive Elemente zur Strahlführung und -formung von Diodenlasern verwenden. Andererseits ist die Herstellung von aktiven Elementen wie Verstärkern und Wellenleiterlasern durch Brechungsindexmodifikation in dotierten Gläsern möglich. In der vorgestellten Arbeit wird die Herstellung von aktiven Wellenleitern in selten-Erd-dotierten Gläsern zur Herstellung von Wellenleiterlasern im infraroten sowie im grünen Spektralbereich untersucht. Dazu werden Wellenleiter in verschiedenen Phosphat- und Fluoridgläsern hergestellt und bezüglich der numerischen Apertur, Dämpfung und Brechungsindexprofil untersucht. Darüber hinaus werden die verwendeten Materialien spektroskopisch charakterisiert und auf ihre Eignung zur Herstellung von Wellenleiterlasern hin geprüft. Durch Aufbringen von Resonatorspiegeln und Pumpen mit Diodenlaserstrahlung werden Wellenleiterlaser im infraroten und grünen Spektralbereich hergestellt und anschließend charakterisiert.

**Faser-Bragg-Gitter in Spezialfasern für Raman-Faserlaser** — ●ALEXANDER SIEKIERA, RAINER ENGELBRECHT, OLIVER WELZEL, JOHANNES HAGEN und BERNHARD SCHMAUSS — Lehrstuhl für Hochfrequenztechnik, Universität Erlangen-Nürnberg

In diesem Beitrag wird die Herstellung spektral schmalbandiger Faser-Bragg-Gitter (FBG) in Spezialfasern vorgestellt. Diese werden z.B. in Raman-Faserlasern (RFL) eingesetzt, in dem ausgehend von der Pumpstrahlung eines Ytterbium-Faserlasers bei  $\lambda_P = 1100$  nm durch Ramanstreuung eine spektral möglichst schmalbandige Stokeswelle bei  $\lambda_S = 1155$  nm erzeugt werden soll, die durch anschließende Frequenzverdopplung gelbe Laserstrahlung bei  $\lambda_{SHG} = 577$  nm, z.B. für medizinische Anwendungen liefert. Als ramanaktive Faser kommt eine polarisationserhaltende Spezialfaser (OFS Specialty Fiber, Denmark) mit hohem faserspezifischem Raman-Verstärkungskoeffizient zum Einsatz. Aufgrund der besonderen Fasergeometrie (80  $\mu$ m Manteldurchmesser, elliptischer Kern) ist die Handhabung mit Standardwerkzeugen schwierig, weshalb FBGs zur Realisierung des RFL-Resonators derzeit nicht kommerziell erhältlich sind. Resultate beim Einschreiben von FBGs mit Excimerlaser ( $\lambda_{UV} = 248$  nm,  $E_{Puls} = 10$  mJ) und Phasen-

maske bei Standardwellenlängen im Bereich 1550 nm zeigen eine hohe Photoempfindlichkeit der OFS Faser, wobei mit einer Gitterlänge von  $L_{\text{FBG}} = 8 \text{ mm}$  Reflektivitäten in Höhe von  $R_{\text{FBG}} > 95\%$  bei spektra-

len Halbwertsbreiten von  $\Delta\lambda_{\text{FWHM}} = 0,15 \text{ nm}$  erreicht werden. Durch Erhöhen der Gitterlänge wird eine weitere deutliche Reduzierung der spektralen Breite der FBGs angestrebt.