

## Fachverband Kurzzeitphysik (K)

Andreas Görtler  
 Coherent GmbH  
 Zielstattstraße 32  
 81379 München  
 andreas.goertler@coherent.com

### Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen

(Hörsäle 2D, 3B und 3E; Poster C3)

#### Hauptvorträge

K 1.1	Mo	14:00–14:45	3B	<b>Digitale Kamera-Systeme zur Messung Dynamischer Prozesse - Optik und Kameras - Technologie und Hürden</b> — ●GERHARD HOLST
K 4.1	Di	14:00–14:30	2D	<b>Electron beam pumped rare gas excimer lamps for soft photo ionization of organic compounds in mass spectrometry: Application for on-line monitoring, gas chromatography and thermogravimetry</b> — ●RALF ZIMMERMANN, WERNER WELTHAGEN, THOMAS GRÖGER, ROBERT GEISSLER, MOHAMED SARAJI, MARC GONIN, KATRIN FUHRER, THORSTEN STREIBEL, MARTIN SKLORZ
K 4.2	Di	14:30–15:00	2D	<b>Elektronenstrahlangerregte Ultraviolettlichtquellen</b> — ●ANDREAS ULRICH, ANDREAS GÖRTLER, THOMAS HEINDL, REINER KRÜCKEN, ANDREI MOROZOV, CHRISTOPH SKROBOL, JOCHEN WIESER
K 4.3	Di	15:00–15:30	2D	<b>Gasentladungsplasmen als Quelle kurzwelliger Strahlung - Neue Werkzeuge in der Nanotechnologie</b> — ●KLAUS BERGMANN
K 7.1	Do	14:00–14:30	3E	<b>Mikrostrukturierter Optik für Excimer-Laser basierte Systeme: Anwendungen zur Abbildung, Strahlformung und Kohärenzmanagement</b> — ●ROBERT BRUNNER
K 7.2	Do	14:30–15:00	3E	<b>LIBS Micro-Analysis by Use of Tapered Optical Fibers</b> — ●JOHANNES HEITZ, THOMAS STEHRER, JOHANNES DAVID PEDARNIG

#### Fachsitzungen

K 1.1–1.5	Mo	14:00–15:45	3B	<b>Neue Optische Methoden</b>
K 2.1–2.3	Mo	16:30–17:15	3B	<b>Pulsed Power Systeme</b>
K 3.1–3.6	Mo	16:30–18:15	3C	<b>Attosekundenpulse und höhere Harmonische (gemeinsam mit A und Q)</b>
K 4.1–4.3	Di	14:00–15:30	2D	<b>VUV - EUV Lichtquellen und deren Anwendungen</b>
K 5.1–5.1	Di	15:30–15:45	2D	<b>Attosekunden Experimente</b>
K 6.1–6.8	Di	16:30–19:00	2D	<b>Röntgenlaser &amp; EUV - Quellen und deren Anwendungen</b>
K 7.1–7.6	Do	14:00–16:00	3E	<b>Laser - Systeme und Anwendungen I</b>
K 8.1–8.4	Do	16:30–17:30	3E	<b>Laser - Systeme und Anwendungen II</b>
K 9.1–9.3	Do	17:30–18:15	3E	<b>Laser - Diagnostik</b>
K 10.1–10.7	Di	8:30–12:30	Poster C3	<b>Poster</b>

#### Mitgliederversammlung des Fachverbands Kurzzeitphysik

Dienstag 18:30–19:00 Raum 2B/C

- Bericht der FV Vorsitzenden
- Tagungsplanung 2009 ff
- Verschiedenes

## K 1: Neue Optische Methoden

Zeit: Montag 14:00–15:45

Raum: 3B

**Hauptvortrag** K 1.1 Mo 14:00 3B  
**Digitale Kamera-Systeme zur Messung Dynamischer Prozesse - Optik und Kameras - Technologie und Hürden** —  
 ●GERHARD HOLST — PCO AG, Kehlheim

Zwar werden Computer und Kamera-Systeme immer schneller und vielseitiger, jedoch ist die Beobachtung schneller dynamischer Vorgänge mit Bild verarbeitenden Systemen eine nach wie vor herausfordernde Aufgabe. Ausgehend von den physikalischen Gegebenheiten der Bilderzeugung wird die Aufgabe der Messung hochdynamischer Prozesse anhand der folgenden Aufteilung diskutiert: Einzelbild-Erfassung - dies sind Systeme mit sehr kurzen Belichtungszeiten, Doppelbild-Erfassung - dies nimmt Bezug auf Systeme zur Strömungsmessung und -visualisierung sowie Bildsequenz-Erfassung - dies bezieht sich auf Aufnahmen mit hohen Bildwiederholraten. Es werden die grundsätzlichen technologischen Randbedingungen mit Hilfe von Anwendungs-Beispielen erläutert.

K 1.2 Mo 14:45 3B  
**CCD versus CMOS technology - Imaging in applications of short-time events** — ●NORBERT FADERL — ISL-French-German Research Institute of Saint Louis (France), Postfach 1260, D-79547 Weil am Rhein

CMOS image sensors are challenging the CCD image sensors in several application fields. Improved architecture and processes have overcome weaknesses of CMOS imagers. The CCD imagers present excellent performance and image quality thanks to low noise and high quantum efficiency. The main difference comes from the design and architecture of CMOS imagers leading to advantages in on-chip integrated image processing, high-frame rates and dynamic range (logarithmic pixel drive). Choosing an image sensor means considering not only the chip, but also how the application will evolve. This paper gives a short view of the advantages and weaknesses of CMOS and CCD technologies for imaging applications and shows some applications in the field of short-time events.

K 1.3 Mo 15:00 3B  
**Simulation von Stosswellenversagen in spröden Materialien** — ●MARTIN STEINHAUSER — Fraunhofer Ernst-Mach-Institut EMI, Exkerstrasse 4, 79104 Freiburg

Es werden Hochgeschwindigkeits-Kantenbeschuss-Experimente an Keramiken präsentiert, sowie ein numerisches Rechenmodell, und darauf aufbauende Simulationen, welche einige wesentliche Eigenschaften des dynamischen Stosswellenversagens der Keramiken abbilden können.

K 1.4 Mo 15:15 3B  
**Die Grenze der Bildqualität bei kurzen Belichtungszeiten** —  
 ●RUDOLF GERMER — FHTW-Berlin — TU-Berlin — ITP 12249 Blankenhainer Str 9

Bei geringer Helligkeit muß man lange belichten, bei großer Helligkeit ist eine kurze Belichtungszeit möglich, das ist bekannt und zeigt ein Problem der Kurzzeitphotographie: Wir benötigen sehr helle Lichtquellen. Moderne Bildaufnahme mit Halbleiterkameras ermöglicht Aufnahmequalitäten nahe der physikalischen Grenze. Interessant wird das Problem, wenn man Bilder mit Graustufen hat und sich fragt, welche Kombinationen von Helligkeit, Belichtungszeit und Dynamik möglich sind, insbesondere, wenn die unterschiedlichen Graustufen betrachtet werden. Die Ergebnisse bei Berücksichtigung des Photonen- und Bildaufnahmerrauschens sind überraschend. Die dem Experimentator bekannten Unterschiede zwischen Hellfeld- und Dunkelfeldbeleuchtung werden offensichtlich, da nicht notwendigerweise die dunkelsten Stellen der Bildfläche die längste Belichtungszeit erfordern.

K 1.5 Mo 15:30 3B  
**Interferometrische Geschwindigkeitsmessungen an schwerionengetriebenen Targets** — ●JURIJ MENZEL<sup>1</sup>, ALEXANDER FERTMAN<sup>4</sup>, VLADIMIR E. FORTOV<sup>3</sup>, DIETER H.H. HOFFMANN<sup>1,2</sup>, ALEXANDER HUG<sup>2</sup>, MICHAEL KULISH<sup>3</sup>, JOHANNES LING<sup>1</sup>, VICTOR MINTSEV<sup>3</sup>, NINA MÜLLER<sup>1</sup>, DMITRY NIKOLAEV<sup>3</sup>, BORIS SHARKOV<sup>4</sup>, NIKOLAY SHILKIN<sup>3</sup>, VLADIMIR YA. TERNOVOI<sup>3</sup>, VLADIMIR TURTIKOV<sup>4</sup>, SERBAN UDREA<sup>1</sup> und DMITRY VARENTSOV<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Kernphysik, TU Darmstadt, Deutschland — <sup>2</sup>Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Deutschland — <sup>3</sup>Institute of Problems of Chemical Physics, Chernogolovka, Russia — <sup>4</sup>Institute for Theoretical and Experimental Physics, Moscow, Russia

In der Physik dichter Plasmen und hoher Energiedichten ist der Druck eine der Schlüsselgrößen. Der Druck kann aus der Information über die Ausbreitung von Stoßwellen ermittelt werden. Diese lässt sich aus dem zeitlichen Verlauf der Geschwindigkeit gewinnen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden Geschwindigkeiten in Experimenten mit intensiven Schwerionenstrahlen zu Eigenschaften von Materie hoher Energiedichte mit einem "Velocity Interferometer System for Any Reflector" (VISAR) im Nanosekundenbereich gemessen. Zur Vorbereitung auf solche Experimente wurde ein elektromagnetischer Foil-Launcher entwickelt, der es ermöglicht, eine Folie innerhalb von wenigen Mikrosekunden auf 150 m/s zu beschleunigen. Das Geschwindigkeitsprofil der Folie wurde sowohl mit dem VISAR als auch mit anderen Methoden vermessen. Darüber hinaus wurde ein angepasstes Lichtsammelsystem für das VISAR entwickelt.

## K 2: Pulsed Power Systeme

Zeit: Montag 16:30–17:15

Raum: 3B

K 2.1 Mo 16:30 3B  
**Elektrische Untersuchungen des Schaltverhaltens eines Lorentz-Drift basierenden Schalterkonzepts (LDS)** — ●TIM RIENECKER, ANDREAS FEDJUSCHENKO, MARCUS IBERLER, JOHANNA OTTO, MATTHIAS PFAFF und JOACHIM JACOBY — J.W.G. Universität, Institut für Angewandte Physik, Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt am Main

Im Beitrag werden Messergebnisse zum Schaltverhalten eines auf einer Lorentz-Drift basierenden Schalterkonzepts, kurz LDS genannt, vorgestellt. Die verwendete Geometrie besteht aus zwei koaxial angeordneten Elektroden. Das Triggersystem befindet sich dabei im Elektrodenrückraum, außerhalb der koaxialen Außenelektrode. Die Ankopplung der Triggervorentladung erfolgt, ähnlich einer getriggerten Hohlkathodenentladung, durch Löcher in der Außenelektrode. Zur Festlegung des Arbeitsbereiches wurden Zündspannungskennlinien in Abhängigkeit des Druckes bei verschiedenen Elektrodenkonfigurationen aufgenommen. Zur Quantifizierung des Schaltverhaltens kamen Messungen von Strom-Spannungscharakteristika in Abhängigkeit verschiedener Parameter, wie Druck und Spannung, hinzu. Zusätzlich zur Auswertung dieser Ergebnisse konnte gezeigt werden, dass sich der

LDS für Anwendungen, in einem begrenzten Parameterbereich, als wiederöffnender Schalter eignet.

K 2.2 Mo 16:45 3B  
**Status der Entwicklung der mehrstufigen Pseudofunkenschalter für FAIR** — ●ISFRIED PETZENHAUSER<sup>1</sup>, BYUNG-JOON LEE<sup>2</sup>, KLAUS FRANK<sup>2</sup> und UDO BLELL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH (GSI), Planckstr. 1, 64291 Darmstadt — <sup>2</sup>Physikalisches Institut Abt. 1, Erwin-Rommel-Str. 1, Universität Erlangen-Nürnberg, 91058 Erlangen

Im Rahmen des FAIR (Facility for Antiproton and Ion Research)-Projektes wird für die Injektions-/Extraktionskicker magneten des geplanten SIS100/300-Synchrotrons der GSI ein pulsformendes Netzwerk (PFN) für lange Pulse ( $\sim 9 \mu\text{s}$ ) benötigt. Dafür wird als Alternative zu den üblicherweise verwendeten mehrstufigen Thyratrons ein mehrstufiger Pseudofunkenschalter entwickelt. Wie beim Thyratron handelt es sich beim Pseudofunkenschalter um einen Niederdruckgasentladungsschalter, dessen Kathode, im Gegensatz zu der des Thyratrons, allerdings nicht geheizt wird. Dies führt zu einem deutlich einfacheren Aufbau des Schaltsystems. Um die gestellten Anforderungen zu

erfüllen, muss der Schalter Spannungen von 70 kV sicher handhaben. Die entsprechenden Schaltströme liegen bei maximal 6 kA. Mit einem dreistufigen Pseudofunkenschalter werden diese Leistungsdaten sicher erreichbar sein. Die Auswertung der experimentellen Erfahrungen mit einem ersten zweistufigen Prototypen werden als Grundlage verwendet, um das Schalterdesign für das dreistufige System zu optimieren. Zugleich muss die äußere Beschaltung mittels Spannungsteilern verbessert werden, um das Durchschalten der drei Stufen mit minimalem Delay zu erreichen.

K 2.3 Mo 17:00 3B

**Halbleiter Schaltkreise ohne Pulskompression** — ●CLAUS STRO-

WITZKI — Coherent GmbH, Zielstattstrasse 32, 81379 München

In moderne Excimerlasern werden zur Erzeugung der sehr hohen und schnellen Pumpimpulse Halbleiterschaltkreise mit magnetischer Puls-kompression eingesetzt. Dies Schaltkreise sind für die meisten Applikationen sehr gut geeignet und sind deshalb seit Jahren Industriestandard. In Bezug auf das Timing (trigger to light) haben sie für manche Applikationen ein zu hohes Delay (typisch 5us) und Jitter (typisch 100ns). Zudem ist die Effizienz mit ca. 70% nicht optimal und erfordern bei hohen Repetitionsraten (mehr als 1kHz) aufwändige Kühlung. In den Vortrag wird eine Schaltkreistopologie vorgestellt die ohne magnetische Pulskompression auskommt. Rechnungen Simulationen und erste experimentelle Ergebnisse werden vorgestellt.

### K 3: Attosekundenpulse und höhere Harmonische (gemeinsam mit A und Q)

Zeit: Montag 16:30–18:15

Raum: 3C

#### Hauptvortrag

K 3.1 Mo 16:30 3C

**Coherent Control with Shaped Attosecond Soft-X-Rays: Techniques and Application** — ●THOMAS PFEIFER — Departments of Chemistry and Physics, University of California & Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720, USA

Recent progress in ultrafast laser technology enables the generation of soft-x-ray pulses down to  $\sim 100$  attoseconds in duration, thus allowing access to the unexplored realm of electron dynamics. On the other hand, coherent control of matter with shaped laser fields has reached its maturity with regard to controlling the *relative motion of atoms* (vibrations/phonons, phase transitions, molecular reactions and rotation). However, due to the lack of laser pulse shaping techniques in the soft-x-ray spectral region, coherent control has so far had only limited capability of controlling the *electronic wavefunction* directly, which is of fundamental importance to physics (multi-electronic correlation) and chemistry (bonding dynamics). In this talk, it will be shown how Coherent Control can be transferred to, and combined with Attosecond Science towards the goal of gaining comprehensive mastery of matter on the quantum scale. Experimental results, theoretical concepts, and simulations demonstrate the feasibility of using a) multicolor laser fields, b) phase-shaped laser pulses, and c) medium control in high-harmonic generation to enable shaping of pulses and pulse trains in the attosecond soft-x-ray domain. Also, the first experimental application of shaped coherent soft-x-rays towards the optimal control of electronic quantum processes (dissociative photoionization of SF<sub>6</sub>) will be presented.

K 3.2 Mo 17:00 3C

**Molecular orbital tomography using short laser pulses** — ●ELMAR VAN DER ZWAN, CIPRIAN CHIRILA, and MANFRED LEIN — Institute for Physics, University of Kassel, Germany

Recently a method to perform tomographic imaging of molecular orbitals using high-harmonic generation has been proposed [1]. The method is based on the simplification that the returning electron in the three-step model can be modeled as a plane wave. Orbitals of arbitrary symmetry can be reconstructed if one uses extremely short laser pulses that ensure the continuum wave packet recombines from one side only. We compare two different forms for the reconstruction, and introduce an error-reduction algorithm that can be used to optimize the results. One of the challenges of the scheme lies in the accurate determination of the continuum wave packet. We determine the continuum wave packet in the Lewenstein model, assuming that the molecular orbital is known, and compare this with various methods to determine the continuum wave packet without knowledge of the orbital.

[1] J. Itatani, J. Levesque, D. Zeidler, H. Niikura, H. Pépin, J.C. Kieffer, P.B. Corkum and D.M. Villeneuve. *Tomographic imaging of molecular orbitals*. Nature 432, 867-871 (2004)

K 3.3 Mo 17:15 3C

**Dressing and high-order harmonic generation in small molecules** — ●CIPRIAN CHIRILA and MANFRED LEIN — Universität Kassel, Institute of Physics, Heinrich-Plett-Str. 40, 34132 Kassel, Germany

The strong-field approximation was recently extended to take into account the effect of vibrational motion and laser-induced coupling of the Born-Oppenheimer states on high-harmonic generation in molecules. We present detailed calculations of the harmonic spectra in H<sub>2</sub> and

D<sub>2</sub> for long laser wavelengths (2000 nm), comparing the effects of the dressing to the case of 800 nm. The main effect of dressing is an overall reduction of the harmonic generation and, at long wavelengths, a non-negligible change in the ratio of harmonic signals from different isotopes.

K 3.4 Mo 17:30 3C

**Extended Strong-Field Approximation including Collectivity** — ●MICHAEL RUGGENTHALER and DIETER BAUER — Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg

High-order harmonic generation may often be treated within a single active electron picture using the so-called strong-field approximation (SFA) [1] to propagate the initial wave-function. However, if collective phenomena are to be included the standard SFA treatment will not suffice. Although the SFA may be extended via an extra term in the Hamiltonian accounting for the collective behavior of the multi-electron system, there is no straightforward definition of this term.

The problem can be reformulated in time-dependent density-functional theory [2,3] where the so-called Kohn-Sham orbitals are propagated such that total single-particle density is the same as those of the interacting system. The linear response of the density to the external potential gives rise to a time-dependent Hartree-exchange-correlation potential which then can be used within the framework of the extended SFA.

[1] W. Becker et al, Phys. Rev. A 56, 645 (1996)

[2] E. Runge and E. K. U. Gross, Phys. Rev. Lett. 52, 997 (1984)

[3] M. A. L. Marques et al, Time Dependent Density Functional Theory, Lect. Notes Phys. 706 (Springer, Heidelberg, 2006)

K 3.5 Mo 17:45 3C

**Formation of Amplitude and Phase during High Harmonic Generation** — ●MARKUS GÜHR, BRIAN K. MCFARLAND, JOE P. FARRELL, and PHILIP H. BUCKSBAUM — Stanford PULSE Center, Stanford University and SLAC, California, USA

High Harmonics of a laser field are generated during the interaction of an intense laser pulse with an atomic or molecular gas. The amplitude and phase of the harmonics contain information about the generation process and the symmetry of the electronic wave functions of the involved atoms or molecules [1].

We measure the amplitude of high harmonics generated in N<sub>2</sub> and Ar. Furthermore, we obtain the relative phase between the harmonics from N<sub>2</sub> and Ar by interferometric measurements on mixtures of the two gases. We observe phase jumps at the 33rd and the 25th harmonic. The first is accompanied by an amplitude minimum in Ar and attributed to a Cooper minimum. The second is accompanied by an amplitude minimum and a linewidth broadening in N<sub>2</sub>. It results from the symmetry of the N<sub>2</sub> highest occupied molecular orbital.

The discussed phenomena have important implications for the amplitude and phase of attosecond pulses generated via high harmonic generation.

[1] M. Gühr, B. K. McFarland, J. P. Farrell and P. H. Bucksbaum, J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys., 40, 3745-3755 (2007)

K 3.6 Mo 18:00 3C

**Enhancement of high-order harmonic generation by rare gas mixtures** — ●MIRKO PRIJATELJ, TOBIAS VOCKERODT, DANIEL STEINGRUBE, UWE MORGNER, and MILUTIN KOVACEV — Institut für Quan-

tenoptik, Leibniz Universität Hannover

We study the enhancement of high-order harmonic generation (HHG) by rare gas mixtures. Our experiment confirms recent results mixing He and Xe atoms. The harmonics from Xe atoms enhance the observed yield from He atoms by about two orders of magnitude. Moreover the cut-off position is extended compared to the spectrum of pure He atoms. We report on the experimental parameter sensitivity of the enhancement process and show first results which indicate that the

atomic state structure is an important prerequisite. Our investigation extends as well towards experimental conditions suited for low-energy pump pulses as for example mode-locked Ti:sapphire femtosecond oscillator pulses with MHz repetition rates. These conditions are interesting for generating harmonics either intracavity or directly from a femtosecond oscillator. This experimental approach promises to lead to a joint frontier of precision spectroscopy and ultrafast science by extending frequency comb technology into the XUV spectral region.

## K 4: VUV - EUV Lichtquellen und deren Anwendungen

Zeit: Dienstag 14:00–15:30

Raum: 2D

### Hauptvortrag

K 4.1 Di 14:00 2D

**Electron beam pumped rare gas excimer lamps for soft photo ionization of organic compounds in mass spectrometry: Application for on-line monitoring, gas chromatography and thermogravimetry** — ●RALF ZIMMERMANN<sup>1,2</sup>, WERNER WELTHAGEN<sup>1,2</sup>, THOMAS GRÖGER<sup>1,2</sup>, ROBERT GEISSLER<sup>1,2</sup>, MOHAMED SARAJI<sup>1,2</sup>, MARC GONIN<sup>3</sup>, KATRIN FUHRER<sup>3</sup>, THORSTEN STREIBEL<sup>1,2</sup>, and MARTIN SKLORZ<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Analytical Chemistry, Institute of Physics, University of Augsburg, D-86159 Augsburg, Germany — <sup>2</sup>Institute of Ecological Chemistry, GSF - National Research Centre for Environment and Health — <sup>3</sup>TOWERK AG, CH-3602-Thun, Switzerland

Single photon ionization (SPI) with novel intense rare gas excimer VUV-light sources (electron beam-pumped rare gas excimer lamps - EBEL) recently was used for efficient on-line detection of organic molecules in a quadrupole mass spectrometer (QMS). In this work, an ultra compact orthogonal acceleration time-of-flight mass spectrometer system (oaTOFMS) was coupled to the novel EBEL-based photo ionisation method. The rugged and very compact SPI-oaTOFMS instrument was characterised with test gas mixtures and used for first on-line measurement applications, including the rapid speciation of complex liquid fossil fuel samples (gasoline, diesel) by headspace sampling as well as time-resolved measurements of tobacco smoke (single puff-resolved). Detection limits in the low ppb region were achieved with the used EBEL prototype. In addition to direct on-line analysis the SPI-oaTOFMS technology has also been employed in hyphenated analytical instrumental concepts. This includes the coupling with gas chromatography (GC) as well as evolved gas analysis in micro-thermogravimetry (TG). In the conventional GC-MS coupling, electron impact ionisation (EI) is applied and molecules are identified by their "fragment-spectrum". Although mass spectrometry in principle is a separation technique, it is thus normally used as "fragment-spectrometric" technique in GC-MS. However, if soft ionisation techniques -such as SPI- are applied, the "mass separation" character of MS is emphasized, which in fact resembles a conventional GC boiling point separation. This allows the use of the GC-SPI-oaTOFMS approach as a novel, very efficient comprehensive two-dimensional separation method.

### Hauptvortrag

K 4.2 Di 14:30 2D

**Elektronenstrahlangerete Ultraviolettllichtquellen** —

●ANDREAS ULRICH<sup>1</sup>, ANDREAS GÖRTLER<sup>2</sup>, THOMAS HEINDL<sup>1</sup>, REINER KRÜCKEN<sup>1</sup>, ANDREI MOROZOV<sup>1</sup>, CHRISTOPH SKROBOL<sup>1</sup> und JOCHEN WIESER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Physik Department E12, TU-München, James Franck Str. 1, 85748 Garching — <sup>2</sup>Coherent GmbH, Zielstattstr. 32, 81379 München

Die Anregung dichter Gase mit kontinuierlichen und gepulsten Elektronenstrahlen wird zur Erzeugung von Ultraviolettllicht genutzt. Die Basistechnologie beruht auf der Verwendung sehr dünner Eintrittsfolien, die niedrige Elektronenenergien (typ. 10 keV), kurze Reichweiten der Elektronen im Gas und damit brillante Quellen ermöglichen. Es werden Experimente vorgestellt, die es erlauben, Vakuumultraviolettllichtquellen mit Wellenlängen bis herab zur Absorptionskante von LiF Fenstern bei ca. 105nm zu realisieren. Dabei wird auch die absolute Effizienz der Quellen gemessen. Abbildungsoptiken für die Anwendung der Lichtquellen zur Photionisation von Analytmolekülen in Massenspektrometern werden vorgestellt.

Gefördert durch BMBF 13N8819 und dem MLL.

### Hauptvortrag

K 4.3 Di 15:00 2D

**Gasentladungsplasmen als Quelle kurzwelliger Strahlung - Neue Werkzeuge in der Nanotechnologie** — ●KLAUS BERGMANN — Fraunhofer Institut für Lasertechnik, Steinbachstr. 15, 52074 Aachen

Die Analyse und Strukturierung auf der Nanometerskala mittels kurzwelligigen Lichtes gewinnt zunehmend an Bedeutung in verschiedenen Disziplinen wie der Halbleiterindustrie, den Lebens- und Materialwissenschaften. Als mögliche Strahlungsquellen bieten die Gasentladungsplasmen eine kompakte und kostengünstige Lösung. Ihr Prinzip ist schon lange bekannt, technische Aspekte hinsichtlich Standzeit, Lichtleistung und der Integration in ein Gesamtsystem sind allerdings erst in den letzten Jahren entscheidend verbessert worden, so dass heute solche Quellen im kommerziellen Einsatz sind. Im Vortrag wird auf den Stand der Technik im Allgemeinen eingegangen. An speziellen Beispielen von Quellen für die EUV-Lithografie bei 13.5 nm und der Röntgenmikroskopie (2.3 - 4.4 nm) werden der aktuelle Stand der Entwicklung und noch weiter zu lösende, physikalische Fragen erläutert. Im Ausblick werden mögliche zukünftige Anwendungen auf Basis dieser kompakten Strahlungsquellen skizziert.

## K 5: Attosekunden Experimente

Zeit: Dienstag 15:30–15:45

Raum: 2D

K 5.1 Di 15:30 2D

**Attosecond Ionization Gating of High-Harmonic Generation** — ●THOMAS PFEIFER<sup>1,2</sup>, AURÉLIE JULLIEN<sup>1,2</sup>, MARK J. ABEL<sup>1,2</sup>, PHILLIP M. NAGEL<sup>1,2</sup>, DANIEL M. NEUMARK<sup>1,2</sup>, and STEPHEN R. LEONE<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Departments of Chemistry and Physics, University of California, Berkeley, CA 94720, USA — <sup>2</sup>Chemical Sciences Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA 94720, USA

When an intense ( $\sim 10^{14}$ - $10^{15}$  W/cm<sup>2</sup>) laser pulse interacts with an atomic system, ionization occurs and high-order harmonics are produced. We present experimental evidence that the ultrafast ionization at a quickly-rising leading edge of a laser pulse can be used to turn off the harmonic production process on a sub-optical-cycle timescale.

The last, most intense cycle to produce harmonics before the turn-off then produces the highest photon energies, therefore leading to an isolated attosecond pulse after high-pass filtering. Instead of requiring a cosine-pulse for isolated attosecond pulse generation as in the conventional scheme, the carrier-envelope phase now becomes a free parameter to tune the center photon energy of the attosecond pulse. The same method also allows the production of isolated attosecond pulses with multi-cycle driver pulses. We also describe an interferometric way of extracting the multiplicity of attosecond pulses (number of pulses in the pulse train) in different parts of the high-harmonic spectrum.

Ref.: T. Pfeifer et al., Opt. Express, accepted (2007).

## K 6: Röntgenlaser &amp; EUV - Quellen und deren Anwendungen

Zeit: Dienstag 16:30–19:00

Raum: 2D

K 6.1 Di 16:30 2D

**Experimente zur Entwicklung eines Laser-gepumpten Plasma-Röntgenlasers mit mehreren 100 eV Photonenenergie mit reduzierter Pumpenergie** — ●D ZIMMER<sup>1,2</sup>, B ZIELBAUER<sup>1,2,3,4</sup>, S KAZAMIAS<sup>4</sup>, A KLISNICK<sup>4</sup>, J HABIB<sup>4</sup>, D ROS<sup>4</sup>, D URSESCU<sup>5</sup>, J DUNN<sup>6</sup>, G PERT<sup>7</sup>, V BAGNOUD<sup>1</sup>, U EISENBARTH<sup>1</sup>, D JAVORKOVA<sup>1</sup> und T KUEHL<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>GSI, Darmstadt — <sup>2</sup>Mainz University — <sup>3</sup>MBI, Berlin — <sup>4</sup>Laserix, Université Paris-Sud 11 — <sup>5</sup>INFLPR, Bucharest — <sup>6</sup>LLNL, USA — <sup>7</sup>University of York

Röntgenlaser mit einigen 100 eV Photonenenergie sind für eine Vielzahl von Anwendungen wichtig, da nur solche höherenergetischen Photonen in Wasser eindringen können. Durch neuere, verbesserte Pumpschemata konnte die nötige Pumpenergie für langwelligere XUV Laser in den letzten Jahren auf weniger als 500 mJ reduziert werden [1]. Der entscheidende Schritt war hier die Anregung mit einer Wanderwellen-Geometrie unter einem relativ flachen Auftreffwinkel zu optimieren [2], [3]. Wir berichten hier über ein Experiment am PHELIX Laser der GSI Darmstadt, bei dem Pulsenergien bis zu 100 J in Doppelpulsen von unter hundert Pikosekunden Dauer verwendet werden. Beide Pump-Pulse werden über eine gemeinsame Spiegel-Optik auf das Target fokussiert. Unterstützt von Laserlab Europe.

[1] D. Zimmer et al. To be submitted in 2007. [2] P. Neumayer et al. APPL. PHYS. B, 78 (7-8): 957-959 MAY 2004 [3] K. Cassou et al. OPT. LETT., 32 (2): 139-141 JAN 15 2007

K 6.2 Di 16:45 2D

**Ein verbessertes neuartiges Pumpschema zur effizienten Anregung transient gepumpter Plasma-Röntgenlaser im Bereich bis ca. 100 eV mit hoher Repetitionsrate** — ●B ZIELBAUER<sup>1,2,3,4</sup>, D ZIMMER<sup>1,2</sup>, V BAGNOUD<sup>1</sup>, U EISENBARTH<sup>1</sup>, D JAVORKOVA<sup>1</sup> und T KUEHL<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>GSI, Darmstadt — <sup>2</sup>Universität Mainz — <sup>3</sup>MBI, Berlin — <sup>4</sup>LASERIX, Université Paris-Sud 11

Die Geschichte der Röntgenlaser begann mit Experimenten, bei denen mehrere Kilojoule Pumpenergie verwendet wurden. Durch neuere, verbesserte Pumpschemata konnte dieser Wert in den letzten Jahren für langwelligere XUV Laser auf weniger als 1 Joule reduziert werden [1]. Der entscheidende Schritt war hier die Anregung mit einer Wanderwellen-geometrie unter einem relativ flachen Auftreffwinkel zu optimieren [2]. Die Anforderung an das Pump-Lasersystem blieben jedoch erheblich, da der Hauptpuls eine Pulsdauer im Bereich einer Pikosekunde verlangte und zusätzlich ein wesentlich längerer, unabhängiger Vorpuls benötigt wurde. Wir berichten hier über einen Aufbau mit dem ein Nickel - ähnlicher Palladiumlaser mit 14,7 nm Wellenlänge mit einem Doppelpuls von 15 ps Dauer und weniger als 500 mJ Pulsenergie auf dem Target demonstriert wurde. [3] Beide Pump-Pulse wurden über eine einzige, relativ einfache Optik auf das Target fokussiert. Mit dieser Weiterentwicklung können solche Röntgenlaser mit relativ geringem Aufwand und hoher Repetitionsrate realisiert werden. Unterstützt von Laserlab Europe. [1] K. Cassou et al. OPT. LETT., 32 (2): 139-141 JAN 15 2007 [2] P. Neumayer et al. APPL. PHYS. B, 78 (7-8): 957-959 MAY 2004 [3] D. Zimmer et al. To be submitted in 2007.

K 6.3 Di 17:00 2D

**Characterisation of a gas discharge based light source for x-ray microscopy at a central wavelength of 2.88 nm** — ●FELIX KÜPPER, KLAUS BERGMANN, and MARKUS BENK — Fraunhofer Institut für Lasertechnik, Aachen, Deutschland

The x-ray line emission of He-like nitrogen ions in a pulsed discharge plasma is characterised in terms of the use for microscopy. The plasma is ignited in a pseudo spark like electrode geometry with a capacitive stored energy of 10-15 Joule. The resonance transition 1s<sup>2</sup>-1s2p of the He-like ion species at a central wavelength of 2.88 nm is investigated by means of spatially and time resolved measurements. Special interest is devoted to the admixture of xenon, which leads to a substantial reduction of the emitting plasma in its length and diameter, as well as to the detected temporal discrete emission peaks, occurring during a single discharge cycle. On the basis of time and spatially resolved diagnostics the plasma dynamics is investigated in the context of the light emission within the soft x-ray spectrum on a nanosecond timescale. Resultant a strong axial dynamic is connected with the temporal discrete emission peaks. Due to recorded emission spectra of different gases in the spectral range 1-5 nm, estimates concerning the range of achieved plasma

parameters are reasonable.

This work was supported by the BMBF under contract number FKZ 13N8914.

K 6.4 Di 17:15 2D

**Lasergetriebene Plasmaquellen für die XUV-Absorptionsspektroskopie** — ●CHRISTIAN PETH, ARMIN BAYER, FRANK BARKUSKY, STEFAN DÖRING, ANTON KALININ, MICHAEL REESE und KLAUS MANN — Laser-Laboratorium Göttingen, Hans-Adolf-Krebs-Weg 1, Göttingen, Deutschland

Am Laser-Laboratorium Göttingen wurde eine auf laserproduzierten Plasmen basierende Strahlungsquelle für den weichen Röntgenspektralbereich (1 - 20 nm) aufgebaut. Die Plasmaerzeugung erfolgt durch Fokussierung eines gütegeschalteten Nd:YAG-Lasers (1064 nm, 800 mJ, 7 ns) in einen gepulsten Gasstrahl. In Abhängigkeit des Targetmaterials kann sowohl schmalbandige als auch breitbandige Strahlung erzeugt werden. Erste Anwendungen dieser Laser-Plasma-Quelle sind die Untersuchung der Feinstruktur der Kohlenstoff Absorptionskante (NEXAFS) sowohl an Festkörpern als auch biologischen Systemen (Lipide, Huminstoffe). Der dazu verwendete Aufbau bestehend aus der Plasma-Quelle und einem Gitterspektrometer bietet die Möglichkeit, Absorptionsspektren sowohl in Transmission als auch Reflexion aufzunehmen. Vorteil der Messung von Absorptionsspektren in Reflexion unter streifendem Einfall sind die Verwendung ungedünnter Proben und die hohe Oberflächensensitivität aufgrund der geringen Eindringtiefe der weichen Röntgenstrahlung. Vergleiche von NEXAFS-Spektren der Laborstrahlungsquelle mit Synchrotron-daten zeigen eine sehr gute Übereinstimmung. Die kurze Pulsdauer der Röntgenstrahlung bietet zudem das Potential für zeitaufgelöste Untersuchungen in "Pump-Probe" Experimenten.

K 6.5 Di 17:30 2D

**Kompaktes EUV-Reflektometer unter Verwendung einer Laserplasmaquelle** — ●STEFAN DÖRING, FRANK BARKUSKY, ARMIN BAYER, JENS-OLIVER DETTE, CHRISTIAN PETH und KLAUS MANN — Laser-Laboratorium-Göttingen e.V., Göttingen, Germany

Der hohe Wechselwirkungsquerschnitt von EUV/XUV-Strahlung im Wellenlängenbereich 2..20nm und die damit verbundene, geringe Eindringtiefe machen sie zu einem idealen Werkzeug für die Charakterisierung von Oberflächen und dünnen Schichten. Die Dimension der verwendeten Wellenlänge ermöglicht darüberhinaus die Analyse von Nanostrukturen derselben Größenordnung wie z.B. photonische Kristalle durch Beobachtung von Beugungserscheinungen.

Am Laser-Laboratorium Göttingen wird derzeit ein  $\theta$ - $2\theta$ -Reflektometer für den EUV-Bereich entwickelt, das zur Strahlungserzeugung eine lasergestützte Plasmaquelle verwendet. Das Laborgerät soll im Bereich der Metrologie zur in-band Charakterisierung von Oberflächen und oberflächennahen Strukturen dienen. Durch die Kombination verschiedener Messmethoden wie Reflektometrie, Nahkantenabsorption (NEXAFS), Streulichtmessung und Diffraktometrie soll eine große Bandbreite an physikalischen, chemischen und strukturellen Parametern experimentell zugänglich gemacht und die Probe damit möglichst umfassend charakterisiert werden.

In diesem Beitrag sollen das experimentelle Konzept, die möglichen Messmethoden, numerische Simulationen sowie erste Messungen vorgestellt werden.

K 6.6 Di 17:45 2D

**Konstruktion eines Spektrometers für zeitaufgelöste Messungen im weichem Röntgenbereich** — ●ALEXANDER SCHUBERT, ENIKOE SERES und CHRISTIAN SPIELMANN — Physikalisches Institut EP1, Universität Würzburg, Germany

Durch die Fokussierung ultrakurzer Laserpulse in einen Gasstrahl werden bei ausreichender Intensität Hohe Harmonische der Fundamental-frequenz des Laserlichts erzeugt. Dieser Prozess liefert in unserem Fall kohärente Röntgenstrahlung mit Pulsdauern von circa 20 Femtosekunden und eröffnet somit neue Möglichkeiten für zeitlich hochaufgelöste Absorptionsröntgenspektroskopie. In einem XANES-Experiment soll die atomare Auswirkung einer elektronischen Anregung anhand des Absorptionskoeffizienten zeitlich verfolgt werden. In diesem Vortrag wird in erster Linie der verwendete Spektrograph vorgestellt werden, in dem das Signal durch ein Transmissionsgitter aufgespalten und an-

schließend unter streifendem Einfall durch einen Toroidalspiegel fokussiert wird. Auf diese Weise kann mit einfachen Mitteln die nötige Auflösung für derartige Laborexperimente kostengünstig erzielt werden.

K 6.7 Di 18:00 2D

**Sub-20fs Zeitaufgelöste Spektroskopie im keV Bereich** — ●ENIKOE SERES und CHRISTIAN SPIELMANN — Physikalisches Institut EP1, Universität Würzburg, Am Hubland D-97074 Würzburg

Für die Beobachtung elementarer Vorgänge wird in der Makrowelt sichtbares Licht verwendet. Für Mikrowelt braucht man gepulstes Licht, mit einer Wellenlänge die der molekularen bzw. atomaren Größe entspricht, und einer Pulsdauer, die in der Größenordnung der schnellsten Vibrationen liegt. Hoher Harmonische Generation ist eine etablierte Methode für Erzeugung ultrakurzer Femto- oder Attosekundenpulse im weichen Röntgenbereich. Für viele Experimente ist aber Strahlung im keV Bereich erforderlich. Die Entwicklung einer effizienten Quelle in diesem Bereich bedarf der Implementierung einer Methode zur Phasen Anpassung: Quasi Phasen Anpassung und adiabatische Phasen Anpassung erfordern ultrakurze und intensiv Laserpulse und erlauben das Röntgenspektrum in den keV Bereich auszudehnen. Mit diesen Methoden optimierte Röntgenpulse im keV Bereich wurden für zeitaufgelöste Messungen mit sub 20 fs Auflösung verwendet. Es wurde die Amplitude und Frequenz von atomaren Bewegungen in amorphem Silizium nach der Anregung mit einem intensiven Laserpuls gemessen.

K 6.8 Di 18:15 2D

**Direct measurement of core-level relaxation dynamics on a**

**surface-adsorbate system** — ●GUIDO SAATHOFF<sup>1</sup>, LUIS MIAJA-AVILA<sup>2</sup>, STEFAN MATHIAS<sup>3</sup>, JING YIN<sup>2</sup>, CHAN LA-O-VORAKIAT<sup>2</sup>, MICHAEL BAUER<sup>4</sup>, MARTIN AESCHLMANN<sup>3</sup>, MARGARET MURNANE<sup>2</sup>, and HENRY KAPTEYN<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Quantenoptik, 85748 Garching, Germany — <sup>2</sup>Jila and University of Colorado, Boulder, Colorado, 80309, USA — <sup>3</sup>Universität Kaiserslautern, 67663 Kaiserslautern, Germany — <sup>4</sup>Universität Kiel, 24118 Kiel, Germany

Electronic coupling in surface/adsorbate systems, which occurs on ultrafast time scales in the low femto- to attosecond regime, is fundamental to the understanding of surface chemistry. However, the dynamics of highly-excited adsorbate states have only been studied indirectly to-date. Recently, we extended the laser-assisted photoelectric effect (LAPE), a powerful tool to study ultrafast electron dynamics, to clean solid surfaces [1,2]. In this work, we present the first direct time-resolved observation of the lifetime of a core-excited state of an atom adsorbed onto a surface. By combining the LAPE with laser-assisted Auger decay on an adsorbate/surface system, we directly measure the lifetime of the  $4d^{-1}$  core level of Xenon on Pt(111) to be  $7 \pm 1$  fs [3]. This result opens up time domain measurements of highly-excited state dynamics in materials systems where, because of complex interactions, energy-resolved measurements provide incomplete information.

[1] L. Miaja-Avila *et al.*, Phys Rev. Lett. **97**, 113604 (2006)

[2] G. Saathoff *et al.*, submitted to Phys. Rev. A

[3] L. Miaja-Avila *et al.*, submitted to Science

**Mitgliederversammlung der FV Kurzzeitphysik 18:30 Uhr - 19 Uhr**

## 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 Augen Chirurgie. 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 amples 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)

K 7.3 Do 15:00 3E

**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. URBASKEV<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 diagramm of metals with that of Lennard-Jones material.

K 7.4 Do 15:15 3E

**Kontrolle von Ionisierungsprozessen in Materialien mit großer Bandlücke durch maßgeschneiderte Femtosekundenlaserpulse** — ●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 Zentral-

wellenlänge 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 ultrakurzer 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.

K 7.5 Do 15:30 3E

**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.

K 7.6 Do 15:45 3E

**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 Phasenmaske bei Standardwellenlängen im Bereich 1550 nm zeigen eine hohe Photoempfindlichkeit der OFS Faser, wobei mit einer Gitterlänge von  $L_{FBG} = 8$  mm Reflektivitäten in Höhe von  $R_{FBG} > 95\%$  bei spektralen Halbwertsbreiten von  $\Delta\lambda_{FWHM} = 0,15$  nm erreicht werden. Durch Erhöhen der Gitterlänge wird eine weitere deutliche Reduzierung der spektralen Breite der FBGs angestrebt.

## K 8: Laser - Systeme und Anwendungen II

Zeit: Donnerstag 16:30–17:30

Raum: 3E

K 8.1 Do 16:30 3E

**Spatial evolution of multiple filaments created in air by femtosecond laser pulses** — ●GABRIELA PAUNESCU, WOLFGANG RIEDE, and GERHARD SPINDLER — Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt, Institut für Technische Physik, Pfaffenwaldring 38-40, 70569 Stuttgart, Germany

The spatial evolution of filaments in air was experimentally investigated and compared with theoretical calculations. We used a new method to visualize the multi-filamentary-pattern along the laser propagation axis. This technique allows for the accurate determination of number and relative position of filaments across the beam cross section.

The experiments have been performed with a Ti:Sapphire chirped pulse amplification laser system. The laser operates at a center wavelength of 800 nm, with an energy per pulse up to 15 mJ and a repetition rate up to 100 Hz. The pulse duration was maintained 50 fs during the experiments. The corresponding peak power is 0.3 TW, which is about 100 times the critical power for self-focusing in air.

The measurements are in good agreement with numerical simulations of the pulse propagation starting from the measured intensity profile right behind the laser. Our nonlinear propagation equation comprises diffraction and self-focusing due to the optical Kerr effect. The defocusing effect of plasma generated by tunnel/multiphoton ionization is taken into account.

K 8.2 Do 16:45 3E

**Picosecond acoustic response in fs-laser-excited Germanium: The role of electronic and thermal pressures** — ●ULADZIMIR SHYMANOVICH, MATTHIEU NICOL, WEI LU, STEPHAN KÄHLE, KLAUS SOKOLOWSKI-TINTEN, ALEXANDER TARASEVITCH, and DIETRICH VON DER LINDE — Universität Duisburg-Essen, Institut für Experimentelle Physik, Lotharstr. 1, 47048 Duisburg

Time resolved X-ray diffraction makes it possible to directly observe changes in the lattice of solids induced by fs optical excitation. Here we discuss experiments on the picosecond acoustic response in thin films of Germanium, which allowed us to distinguish the thermal and

electronic pressure contributions to the laser-generated pressure. In particular, it was found that the relative contribution of the electronic pressure strongly depends on the strength of optical excitation.

K 8.3 Do 17:00 3E

**Ultrafast Dynamical Processes in Laser Pulse-Heated Metals** — ●BANAZ OMAR and BAERBEL RETHFELD — Technical University of Kaiserslautern, Department of Physics, Erwin Schroedinger Str. 46, D-67663 Kaiserslautern, Germany.

The microscopic dynamical processes in ultrashort laser pulse-heated metals have been theoretically investigated. The collision terms of Boltzmann equation have been solved numerically, considering the inverse bremsstrahlung absorption, electron-electron collision and electron-phonon interaction. The transient non-equilibrium evolution of electron distribution function due to excitation and the subsequent thermalization of the free electrons is studied. In contrast to aluminum, with a free-electron like conduction band considered in [1], the d-band in gold lies within the conduction band at about 2.5 eV below the Fermi surface of free electrons in s-band. Therefore, secondary electrons may be excited strongly from the d-band, even for laser pulses with energy lower than 2.5 eV. We apply our kinetic approach to the case of gold by taking the electron density of states into account, and compare with the case of excitation of aluminum.

[1] B. Rethfeld, A. Kaiser, M. Vicanek, and G. Simon, Phys. Rev. B 65, 214303 (2002)

K 8.4 Do 17:15 3E

**The interaction of laser light with silicon** — ●AART SCHOONDERBEEK, OLIVER HAUPT, RAINER KLING, and ANDREAS OSTENDORF — Laser Zentrum Hannover e.V. (LZH), Hannover

During the last years, the photovoltaic industry has experienced enormous growth. However, for solar cells to be competitive on the longer term, both an increase in their efficiency as well as a reduction in costs is necessary. According to these demands, laser technology offers many possibilities to develop new processes and is even a key-technology for

many novel solar cell designs. This presentation gives an impression of laser processing of the most important material in this field: silicon. Different laser types and some of the most important laser parameters

for silicon processing, like the pulse duration and the wavelength, are discussed.

## K 9: Laser - Diagnostik

Zeit: Donnerstag 17:30–18:15

Raum: 3E

K 9.1 Do 17:30 3E

**Zeitaufgelöste Weißlicht-Interferenzmikroskopie bei Wechselwirkung von ultrakurzer Laserstrahlung mit Dielektrika** — ●ANDREAS BRAND, ILJA MINGAREEV und ALEXANDER HORN — Lehrstuhl für Lasertechnik, RWTH Aachen, Steinbachstrasse 15, 52074 Aachen

Pump-Probe Weißlicht Interferenzmikroskopie mit Femtosekunden Laserstrahlung erlaubt die zeitaufgelöste Beobachtung Temperatur- und Druck-induzierter transients Phasenveränderung. Damit werden Brechungsindexvariationen in der Umgebung des Wechselwirkungsvolumens ultrakurzer Laserstrahlung in z.B. Glas aufgenommen. Femtosekunden Laserstrahlung ( $t_p = 80fs$ ;  $\lambda=1064nm$ ) induziert Schmelzprozesse die u.A. zum Fügen von Glas oder zur Ausprägung von Wellenleiterstrukturen benutzt werden. Zur Realisation der in situ Beobachtung wurde ein spezielles breitbandiges ( $\lambda=500nm-900nm$ ) Femtosekunden Mach-Zehnder Mikointerferometer ausgelegt. Dieses Interferenzmikroskop setzt spezielle, an das Verfahren angepasste 20-fach Objektive mit gleichem Phasenfehler ein, welche großen Interferenzkontrast gewährleisten. Die Probe Strahlung wird über eine Delay-Strecke (100ns bis  $1\mu s$ ) auf das gewünschte Beobachtungszeitfenster eingestellt. Die breitbandige Weißlicht-Strahlung zur Beobachtung wird mit einer photonischen Faser (FemtoWhite) aus 810nm Laserstrahlung erzeugt.

K 9.2 Do 17:45 3E

**Diagnose der Plasmadynamik innerhalb laserstrahlerzeugter Bohrungen** — ●MARTIN HERMANS und MIHAEL BRAJDIC — Lehrstuhl für Lasertechnik, RWTH Aachen, Steinbachstrasse 15, 52074 Aachen

Die Diagnose der Prozesse innerhalb einer Bohrung während dem Laserstrahlbohren stellt auf Grund der optisch eingeschränkten Zugänglichkeit eine besondere Herausforderung dar. Untersuchungen der Prozesse beim Laserstrahlbohren erfolgen üblicherweise durch zeitaufgelöste Beobachtung der Prozessemission bzw. der Dampfströmung oberhalb der Materialoberfläche. Diese Untersuchungen erlauben keine direkte Beobachtung der Prozesse innerhalb der Bohrung und die metallographische Auswertung stellt das Ergebnis nach

Abschluss aller Prozesse dar. Die innerhalb der Bohrung ablaufenden Prozesse unterscheiden sich auf Grund der geometrischen Randbedingungen und der Wechselwirkung zwischen Laserstrahlung, Plasma und Bohrungswand von den Prozessen im Halbraum oberhalb der Materialoberfläche und sind von zentraler Bedeutung für eine Weiterentwicklung des Prozessverständnisses. Durch eine neu entwickelte Methode wird die Plasmadynamik während des Abtragens innerhalb der Bohrung untersucht. Mit Hochgeschwindigkeits-Fotografie bzw. -Spektroskopie wird die Plasmadynamik untersucht. Mit Emissionsspektroskopie werden erstmals Elektronendichten und -temperaturen innerhalb der raumbeschränkten Umgebung einer Bohrung zeit- und orts aufgelöst ermittelt. Die Anwendbarkeit vorhandener Modelle zur Gasdynamik wird an Hand der Ausbreitung in Bohrungen mit geometrischen Randbedingungen überprüft.

K 9.3 Do 18:00 3E

**Zeitaufgelöste quantitative Phasenmikroskopie der ultraschnellen Schmelzdynamik in Metallen und Borosilikatglas** — ●ILJA MINGAREEV und ALEXANDER HORN — Lehrstuhl für Lasertechnik, RWTH Aachen, Steinbachstrasse 15, 52074 Aachen

Transiente quantitative Phasenmikroskopie (TQPM) ermöglicht präzise zeitaufgelöste Messungen der optischen Phaseneigenschaften wie z.B. transiente Brechungsindexänderungen, geometrische Profile und Volumen der Schmelztropfen und -filme. Ultraschnelle Schmelzprozesse sind mit hochenergetischer, ultrakurz gepulster Laserstrahlung ( $t_p=80-500 fs$ ,  $E_p \leq 200\mu J$ ) induziert worden. Schmelzbildung in Metallen ist mit  $n=1.8$  Einzelpulsen in Metallen (Al, Cu, W) bis zu  $\tau = 1, 67\mu s$  nach Bestrahlung untersucht worden. Die in-situ bestimmten Volumina von Materialdampf, Schmelze und Schmelzablagerungen korrelieren mit Ergebnissen der REM/WIM-Analyse und zeigen eine Zunahme des laserinduzierten Materialauswurfs bei  $\tau \approx 300ns$  und  $\tau \approx 1\mu s$ . Schmelzen und Fügen von technischem Borosilikatglas (D263 und AF45) mittels hochrepetierender Laserstrahlung ist mit TQPM in-situ untersucht worden. Die transienten Brechungsindexänderungen, welche durch Temperatur- und Druckgradienten induziert wurden, sind mit einer Zeitauflösung von  $100fs$  detektiert worden.

## K 10: Poster

Zeit: Dienstag 8:30–12:30

Raum: Poster C3

K 10.1 Di 8:30 Poster C3

**Optische Kurzzeitdiagnostik an einem Schaltsystem basierend auf einer Lorentz-Drift** — ●JOHANNA OTTO, ANDREAS FEDJUSCHENKO, MARCUS IBERLER, TIM RIENECKER, MATTHIAS PFAFF und JOACHIM JACOBY — J.W.G Universität, Institut für Angewandte Physik, 60438 Frankfurt

Die Anforderungen an ein Hochleistungsschaltelement sind ein hoher Ladungstransfer bei gleichzeitig langer Lebensdauer und einer hohen Zuverlässigkeit bezüglich des Triggerverhaltens. Ein gravierender Nachteil herkömmlicher Hochspannungs-, Hochstromschalter ist deren begrenzte Lebensdauer infolge von Erosion des Elektrodenmaterials durch die Ausbildung eines stationären Bogenplasmas während der Hochstromphase. Vorgeschlagen wird nun ein Schaltsystem, mit dessen koaxialer Elektrodenkonfiguration mittels der Lorentzkraft eine laufende Entladung erzwungen wird. Die Namensgebung des Schaltsystems erfolgte nach dem zugrunde liegenden Effekt der Lorentz-Drift (LDS). Der LDS besteht im wesentlichen aus einem koaxialen Elektrodenystem und einem außerhalb davon platzierten Triggersystem. Zur Triggerung des Schalters wird derzeit ein Oberflächengleitfunkttrigger verwendet. Der Beitrag enthält Ergebnisse aus den kurzzeit-photografischen Untersuchungen der erzwungenen laufenden Gasentladung. Variiert wurden hierfür die Parameter Druck, Entladespannung und der Energieinhalt eines Schaltvorganges.

K 10.2 Di 8:30 Poster C3

**Time-resolved luminescence spectroscopy of plasmas produced by ultrashort laser pulses at a water surface** — ●CRISTIAN SARPE-TUDORAN, MATTHIAS WOLLENHAUPT, LARS ENGLERT, LARS HAAG, and THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel

The interest in the study of laser induced optical breakdown in water and aqueous media is mainly motivated by the applications of ultrashort laser pulses in ocular surgery and in precise ablation of biological tissues [1]. A better knowledge of the breakdown process can contribute to increase the precision of the ablation process and in the same time to decrease the collateral damage associated with it. In previous studies [2] we have shown a dynamics of the free electron breakdown plasma on the ps-time scale. In this contribution we report our recent studies in investigating the transient luminescence of breakdown plasma induced by 30fs laser pulses at the surface of water. By using a fast optical Kerr shutter, transient emission spectra are accurately recorded even in the early times of plasma dynamics and useful information about relaxation and recombination of the free electrons are obtained.

[1] A. Vogel, J. Noack, G. Hüttman, G. Paltauf, Appl. Phys. B 81, 1015 (2005)

[2] C. Sarpe-Tudoran, A. Assion, M. Wollenhaupt, M. Winter and



T. Baumert, Appl. Phys. Lett. 88, 2161109 (2006)

K 10.3 Di 8:30 Poster C3

**Laserinduzierte Breakdown-Spektroskopie an Dielektrika mit Femtosekundendoppelpulsen** — •LARS HAAG, LARS ENGLERT, MATHIAS WOLLENHAUPT, CRISTIAN SARPE-TUDORAN und THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und Center for Interdisciplinary Nanostructure Science and Technology (CINSA-T), Heinrich-Plett-Str. 40, 34132 Kassel

Laserinduzierte Breakdown-Spektroskopie (LIBS) ist ein etabliertes Standardverfahren zur spektrochemischen Analyse. Durch Kombination von LIBS mit Femtosekundenlasermaterialbearbeitung haben wir ein Mikroskopieverfahren mit hoher Sensitivität und einer axialen Ortsauflösung im sub-Mikrometerbereich entwickelt. In diesem Experiment verwenden wir kollineare Femtosekundendoppelpulse mit Pulsabständen zwischen 0,1 ps und 1000 ps und asymmetrischen Energieverhältnissen, um ein Mikroplasma an einer Saphiroberfläche zu erzeugen. Wir messen die Intensität der emittierten LIBS-Linien als Funktion von Pulsabstand, Pulsenergie und Energieverhältnis der Pulse. Bei geeigneter Wahl der Parameter zeigen die transienten Plasmaemissionen einen starken Anstieg bei Pulsabständen von einigen 100 ps, während post-mortem Analysen mit dem Elektronenmikroskop keine Größenzunahme der Ablationsstrukturen aufweisen. Femtosekundendoppelpulse führen bei allen verwendeten Parametern zu einem stärkeren LIBS Signal als Einzelpulse mit der gleichen Gesamtenergie.

K 10.4 Di 8:30 Poster C3

**Optimization and characterization of a new compact laser-plasma based X-ray source** — •WEI LU, MATTHIEU NICOUL, ULADZIMIR SHYMANOVICH, ALEXANDER TARASEVITCH, KLAUS SOKOLOWSKI-TINTEN, and DIETRICH VON DER LINDE — Universität Duisburg-Essen, Institut für Experimentelle Physik, Lotharstr. 1, 47048 Duisburg, Germany

During the interaction of a high intensity laser beam with a solid surface, a plasma is rapidly created which emits ultra-short bursts of Ka X-rays. The Ka yield is determined by the parameters of the driving laser (intensity, angle of incidence, laser polarization) as well as by the properties of the plasma the laser pulse interacts with. In this study we investigated the Ka - emission (8.05 keV) of Cu targets for different excitation and plasma conditions. Based on these results, a compact, 10 Hz repetition rate, Cu band target laser-plasma based X-ray source has been built and characterized. By using a controlled pre-pulse and a multilayer X-ray optic, a monochromatic X-ray beam with a divergence/convergence of only 0.15 deg and more than  $10^5$  photons/pulse can be delivered to the sample.

K 10.5 Di 8:30 Poster C3

**Ein kompaktes XUV-Mikroskop basierend auf einer laserinduzierten Plasmaquelle** — •MICHAEL REESE, FRANK BARKUSKY, ARMIN BAYER, STEFAN DÖRING, ANTON KALININ, CHRISTIAN PETH und KLAUS MANN — Laser-Laboratorium Göttingen e.V., Hans-Adolf-Krebs-Weg 1, 37077 Göttingen, Deutschland

Mithilfe von XUV-Mikroskopie im Bereich des Wasserfensters können organische Materialien in wässriger Lösung mit hoher räumlicher

Auflösung untersucht werden.

Im Laser-Laboratorium Göttingen e.V. wurde eine kompakte XUV-Quelle hoher Brillanz entwickelt. Ein gepulster Nanosekunden Nd:YAG Laser bei 1064nm wird dazu auf ein Target fokussiert, um dort ein heißes und dichtes Plasma zu zünden. Für die Erzeugung intensiver und breitbandiger XUV-Strahlung im Wasserfenster eignet sich ein flüssiges Argon-Target. Diese Strahlungsquelle wird in einem in Entwicklung befindlichen, modularen und kompakten Röntgenmikroskop benutzt, in dem ein Multilayer-Spiegel und eine Zonenplatte verwendet werden. Die Optiken sind für zwei Wellenlängen direkt an der Kalziumabsorptionskante berechnet, die elementspezifische Mikroskopie ermöglichen. In einem alternativen Ansatz soll eine Wellenleiteroptik zur linsenlosen Holographie verwendet werden. Diese neue Methode der Abbildung könnte die technische Auflösebegrenzung der XUV-Mikroskopie unterschreiten. Dazu wird eine Probe durch einen Wellenleiter beleuchtet und die resultierende Fernfeldverteilung gemessen. Ein Computeralgorithmus rekonstruiert das Abbild der Probe.

K 10.6 Di 8:30 Poster C3

**Characterization and comparison of multilayer optics for focusing of ultrashort X-ray pulses** — •ULADZIMIR SHYMANOVICH, MATTHIEU NICOUL, WEI LU, KLAUS SOKOLOWSKI-TINTEN, ALEXANDER TARASEVITCH, and DIETRICH VON DER LINDE — Universität Duisburg-Essen, Institut für Experimentelle Physik, Lotharstr. 1, 47048 Duisburg

Different types of multilayer optics for the focusing of femtosecond X-ray pulses have been characterized and compared. Using X-rays from a laser-plasma based source we have measured the spatial distribution of the diffracted X-rays directly after and in the focal plane of the tested X-ray optics. The use of multilayer optics with a large magnification increases the magnitude of the diffracted signal from single-crystalline samples because of the increased angular flux density. Moreover it allows the use of diffraction geometries which usually require a collimated X-ray beam (i.e. Debye-Scherrer).

K 10.7 Di 8:30 Poster C3

**Elektronenstrahlangerregte VUV/XUV-Lichtquellen - Parameter, Technologie und Anwendungen** — •JOCHEN WIESER<sup>1</sup>, ANDREAS GÖRTLER<sup>1</sup>, THOMAS HEINDL<sup>2</sup>, REINER KRÜCKEN<sup>2</sup>, ANDREI MOROZOV<sup>2</sup>, CHRISTOPH SKROBOL<sup>2</sup> und ANDREAS ULRICH<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Coherent GmbH, Zielstattstr. 32, 81379 München — <sup>2</sup>Physik Department E12, Technische Universität München, James Frank Str., 85748 Garching

Die Anregung von dichten Edelgasen und Edelgasgemischen mit Elektronenstrahlen ist durch die Bildung und den strahlenden Zerfall angeregter Excimermoleküle eine effektive Methode zur Erzeugung von Vakuumultraviolett (VUV) bzw. Extremultraviolett (XUV)-Licht. Der Einsatz extrem dünner Keramikmembranen als Eintrittsfolie ermöglicht es, die Beschleunigungsspannung der Elektronenstrahlen auf etwa 10kV zu beschränken. Dies bewirkt eine sehr kurze Reichweite der Elektronen im Gas und ermöglicht damit die Herstellung brillanter Ultraviolettlichtquellen in kompakter Bauform. Die Technologie dieser Lichtquellen, optische Parameter und Anwendungsbeispiele in der chemischen Analytik werden vorgestellt.

Gefördert durch BMBF 13N8819