

Fachverband Kurzzzeitphysik (K)

Andreas Görtler
 Maristenkolleg
 Champagnatplatz 1
 87719 Mindelheim
 AGoertler@gmx.de

Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen

(Hörsaal HS D; Poster Foyer)

Hauptvorträge

K 1.1 Mo 16:30–17:05 HS D **Photonen als Hinweis auf eine digitale Welt** — ●RUDOLF GERMER

Hauptvorträge des fachübergreifenden Symposiums SYPD

Das vollständige Programm dieses Symposiums ist unter SYPD aufgeführt.

SYPD 1.2	Di	10:40–11:10	HS G	Plasmagestützte Prozesse für die Optik — ●HENRIK EHLERS
SYPD 1.3	Di	11:10–11:40	HS G	Plasma und Optische Technologien (PluTO) — ●NORBERT KAISER
SYPD 1.4	Di	11:40–12:10	HS G	Untersuchungen zur APS - Plasmaexpansion und Konsequenzen für die Prozessführung — ●JENS HARHAUSEN, RÜDIGER FOEST, ANDREAS OHL, HARTMUT STEFFEN
SYPD 2.1	Di	13:30–14:00	HS G	Die Multipole-Resonanz-Sonde: Charakterisierung eines Prototyps — ●RALF PETER BRINKMANN, UND DAS MRP TEAM
SYPD 2.2	Di	14:00–14:30	HS G	Charakterisierung der ionenunterstützten Abscheidung von TiO₂-Filmen in einer APS-Plasmaquelle — ●PETER AWAKOWICZ, NIKITA BILINOV, TIM STYRNOLL, CARSTEN SCHMITZ, DETLEV RISTAU
SYPD 2.3	Di	14:30–15:00	HS G	Plasmasonden in IBS-Prozessen — ●CARSTEN SCHMITZ
SYPD 2.4	Di	15:00–15:30	HS G	Struktur-Eigenschaftsbeziehung bei PIAD-Schichten — ●OLAF STENZEL
SYPD 2.5	Di	15:30–16:00	HS G	Struktur und elektronische Eigenschaften amorpher TiO_{2±x} und Al₂O₃ Schichten, sowie des amorphen TiO₂-SiO₂-Interfaces — ●THOMAS KÖHLER, GRYGORIY DOLGONOS, MICHAEL BOGUCKI, THOMAS FRAUENHEIM

Fachsitzungen

K 1.1–1.3	Mo	16:30–17:35	HS D	Neue Verfahren
K 2.1–2.2	Mo	17:35–18:05	HS D	Pulsed Power Technik
K 3.1–3.8	Di	16:30–18:30	Foyer	Poster
K 4.1–4.3	Mi	10:30–11:15	HS D	Licht- und Strahlungsquellen
K 5.1–5.5	Mi	11:15–12:30	HS D	Laserstrahlwechselwirkung, Lasermaterialbearbeitung I
K 6.1–6.6	Mi	14:00–15:30	HS D	Lasermaterialbearbeitung II

Mitgliederversammlung Fachverband Kurzzzeitphysik

Montag 18:10–18:30 HS D

- Bericht des Vorsitzenden
- Wahlen
- Verschiedenes

K 1: Neue Verfahren

Zeit: Montag 16:30–17:35

Raum: HS D

Hauptvortrag K 1.1 Mo 16:30 HS D
Photonen als Hinweis auf eine digitale Welt — ●RUDOLF GERMER — ITP-, TU- und HTW-Berlin

Die in den vergangenen Jahren in der Kurzzeitphysik vorgestellten Eigenschaften von Graustufen in Bildern und eines lokalisierten Photons führen weitergedacht zu der Vorstellung, daß unsere Welt eine digitale Struktur hat mit dem Wirkungsquantum h als digitaler Einheit. Wenn wir die bekannten Gleichungen umschreiben : $h = E \cdot T$, $h = x \cdot p$ und $h = 2e \cdot \phi$, dann treten in der Natur nur ganzzahlige Vielfache der Größe h auf. Das zu dieser Digitalisierung gehörige Quantisierungsrauschen beobachten wir als Nullpunktsenergie und in den *Unschärferelationen*. Die Folgen einer *digitalen Welt* wären, daß z.B. die Felder des lokalisierten Photons zwischen einem elementaren elektrischen, einem unbestimmten und einem magnetischen hin und her schalten. Die Impedanz (als gebrochenes Vielfaches des Klitzingwiderstandes) eines Resonators und die Abklingzeit bei der spontanen Lichtemission ergeben sich als verwandte und abgeleitete Größen. Sie sind mit einer Genauigkeit bestimmbar, die von der Anzahl der im Experiment beteiligten Quanten (Elektron, Fluxon oder Photon) abhängt. www.itp-berlin.net

K 1.2 Mo 17:05 HS D
Grenzen der Auflösung beim Erkennen von Kanten — ●RUDOLF GERMER¹ und VLADIMIR VOLKOV² — ¹ITP-, TU- und HTW-Berlin — ²Fachbereich Radiotechnik, Bonch-Bruевич Saint-Petersburg Staats- Universität für Telekommunikation,
 Das Erkennen von Strukturen ist ein fundamentales Problem bei der

Bildanalyse. Die Genauigkeit des Erkennens ist dabei durch die Größe des *Struktursignals* im Verhältnis zu Rauschen und anderen Informationen in der Umgebung der Struktur begrenzt. Die Frage, wie viele Bildpunkte man zum Berechnen verwendet, hängt mit der gewünschten Genauigkeit, der Größe der zu findenden Struktur und dem akzeptablen Rechenaufwand zusammen. Am Beispiel von Kanten wird gezeigt, wie man den Aufwand minimieren kann. Das Bild wird mit steigender Auflösung analysiert und gleichzeitig wird punktweise bewertet, ob der Bildpunkt einen wesentlichen Anteil an der Struktur hat und überhaupt weiter in das Verfahren eingebunden bleiben muß.
www.itp-berlin.de

K 1.3 Mo 17:20 HS D
Elektronenstrahlinduzierte chemische Reaktionen — ●ANDREAS ULRICH, THOMAS HEINDL und REINER KRÜCKEN — Physik Department E12, TU-München, Garching, Bayern
 Die Einkoppelung niederenergetischer Elektronenstrahlen durch sehr dünne Keramikmembranen (300nm SiNx) in Gase bei Atmosphärendruck führt durch den hohen Energieverlust dieser Strahlen schon bei niedrigen Strahlströmen zu hohen Leistungsdichten im bestrahlten Gas. Es wird diskutiert, inwieweit sich eine solche Anordnung für die Auslösung chemischer Reaktionen eignet. Die relevanten Parameter werden am Beispiel der so genannten *Radiolyse* von CO₂ diskutiert. Erste Testexperimente werden beschrieben und der Zusammenhang der Studien mit der Physik und dem Betrieb von Excimerlasern wird erläutert.

K 2: Pulsed Power Technik

Zeit: Montag 17:35–18:05

Raum: HS D

K 2.1 Mo 17:35 HS D
Pulse forming network management for linear electromagnetic accelerators — ●CHRISTIAN SCHUPPLER, FARID ALOUAHABI, and MARKUS SCHNEIDER — French-German Research Institut (ISL), F-68301 Saint Louis, France

Capacitors serving as primary energy source connected to a Pulse Forming Network (PFN) consisting of inductors, crowbar diodes and high voltage switches can be employed to accelerate objects (about 100 gram) up to several thousand meters per second in a linear electromagnetic accelerator. The driving force in this case is the $j \times B$ force acting on the electrically conducting objects (j : current density, B : magnetic field). From an electrical point of view such a system is not straight forward because the electrical properties of the load (the accelerator) are dependent on both, the position and the velocity of the object. Faults within the electrical circuitry of the PFN can arise thereof, if not taken into account. The contribution to the conference will discuss an example of such a fault encountered during the operation of a linear electromagnetic accelerator. This incidence causing damage to the crowbar diodes will be linked to the above mentioned object position and velocity dependance of the load. Furthermore, the way as

we have solved this problem is presented.

K 2.2 Mo 17:50 HS D
Thyristorschalter für gepulste Entladungspasmen — ●CHRISTIAN TESKE, PETER FRITZSCHE, JOACHIM JACOBY und YING LIU — Institut für Angewandte Physik, Frankfurt am Main, Deutschland

Für diverse Anwendungen von gepulsten induktiven Entladungspasmen wurden Thyristor-Schalter unterschiedlicher Leistungsklassen am Institut für Angewandte Physik entwickelt. Mittlerweile existieren drei verschiedene Prototypen für unterschiedliche Anwendungsbereiche. Ein kleiner Stack, der momentan für eine gepulste Ionenquelle eingesetzt wird und Impulsströme bis 12kA bei maximalen Anstiegsraten von 2kA/mys und Sperrspannungen bis 5 kV schalten kann, sowie zwei leistungsfähigere Versionen für Impulsströme bis 50 kA bei Anstiegsraten von 10 kA/mys und Sperrspannungen bis 15 kV. Sämtliche Stack-Systeme werden über lediglich einen LWL-Impuls getriggert und verfügen über integrierte Freilaufdioden zur Stromumkehr bei stark induktiver Last.

K 3: Poster

Zeit: Dienstag 16:30–18:30

Raum: Foyer

K 3.1 Di 16:30 Foyer
Untersuchungen an einem mehrstufigen Lorentz-Drift-Schalter für hohe Spannungen — ●MARCUS IBERLER, ANDREA FEDJUSCHENK, JOACHIM JACOBY, MATTHIAS PFAFF, JOHANNA OTTO, TIM RIENECKER, JÖRG WIECHULA und BYUNG-JOON LEE — Goethe Universität Frankfurt, Institut für Angewandte Physik, Max von Laue Str.1, 60438 Frankfurt

Mit dem Bau der künftigen Generation neuer Hochenergiebeschleuniger, werden höhere Anforderungen an alle Beschleunigerkomponenten gestellt, wie zum Beispiel dem neu geplanten magnetischen Horn und den Kicker der Injektion/Extraktion. Hier unterscheidet man prinzi-

piell zwischen Hochspannungs- und Hochstromanwendungen. Eine typische Hochspannungsanwendung ist der gepulste Betrieb der Kicker-magnete. Beim Betrieb des magnetischen Horns hingegen werden hohe Ströme von mehreren hundert Kiloampere, jedoch bei relativ moderaten Spannungen von 10kV benötigt. Entwickelt wird nun ein Schaltsystem, mit dessen koaxialer Elektrodenkonfiguration mittels Lorentzkraft eine laufende Entladung erzwungen wird, wodurch die Kontakterosion stark vermindert wird. Die Ankopplung der Triggervorentladung erfolgt ähnlich einer getriggerten Hohlkathodenentladung durch Löcher, die sich in der koaxialen Außenelektrode befinden. Zur Steigerung der Haltespannung wurde im Rahmen einer Diplomarbeit ein

zweistufiger Hochspannungsschalter entwickelt und untersucht.

K 3.2 Di 16:30 Foyer

Simulation of a Railgun Experiment using Finite Element Methods — ●STEPHAN HUNDERTMARK — French-German Research Institute of Saint-Louis, Saint Louis, France

Today progress in railgun research is usually achieved experimentally with support from simulations. It is of great interest to set up dynamic simulations that allow to assess time dependent information about the parameters involved in the electromagnetic acceleration of masses. In this investigation a dynamic 3-d finite element simulation was implemented using the program "Comsol". The results from this simulation are compared to a railgun experiment.

K 3.3 Di 16:30 Foyer

Design and scaling considerations of Traveling-wave Thomson sources — ●ALEXANDER DEBUS, KLAUS STEINIGER, MATHIAS SIEBOLD, AXEL JOCHMANN, ARIE IRMAN, MICHAEL BUSSMANN, ULRICH SCHRAMM, THOMAS COWAN, and ROLAND SAUERBREY — Forschungszentrum Dresden-Rossendorf, Institute for Radiation Physics, 01328 Dresden, Germany

Thomson sources, driven by small linacs or laser-wakefield accelerated (LWFA) electrons are compact in size and can provide ultrashort, hard X-ray pulses of high brilliance. Traveling-wave Thomson scattering (TWTS) is particularly interesting for "pink beam" experiments at hard X-rays in which high photon yields in a single, ultrashort pulses are needed. Above 100keV photon energy, this approach potentially leads to peak brilliances that are beyond the capabilities of existing synchrotron radiation sources. Towards experimental realization, we show how such a Traveling-wave setup has to be implemented. An emphasis is put on the use of varied-line spacing (VLS) gratings for dispersion precompensation of the laser beam at large interaction angles to achieve the required overlap between laser and electrons within the interaction region.

K 3.4 Di 16:30 Foyer

Nanostrukturen in Dielektrika via geformter Femtosekunden Laserpulse — ●DIRK OTTO, LARS ENGLERT, JUTTA MILDNER, NADINE GÖTTE, CRISTIAN SARPE, MATTHIAS WOLLENHAUPT und THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

Femtosekunden-Lasermaterialbearbeitung eröffnet in Kombination mit spektralen Pulsformungstechniken die Möglichkeit, die primären Ionisationsprozesse (Multiphotonen- und Avalanche-Ionisation) zu beeinflussen [1]. Die ultrakurze zeitlich geformte Laserstrahlung wird durch ein Mikroskopobjektiv auf Dielektrika fokussiert, wobei Strukturgrößen weit unterhalb der Beugungslimitierung erreicht werden [2].

Der eingesetzte Pulsformer ermöglicht u.a. die Erzeugung von Doppelpulsen mit einer Verzögerungszeit von bis zu 10ps. Anhand von Rasterkraft- (AFM) und Rasterelektronenmikroskopie (REM) werden die an Quarzglas und Saphir erzeugten Lochstrukturen im Hinblick auf Strukturgröße, Schwellwert für Materialbearbeitung und Morphologie untersucht. Der Einfluss der Verzögerungszeit und verschiedener numerischer Aperturen (0,5 und 0,8) auf die Ablationsstrukturen werden diskutiert.

[1] L. Englert *et al.*, Opt. Express **15**, 17855–17862 (2007)

[2] L. Englert *et al.*, Appl. Phys. A **92**, 749–753 (2008)

K 3.5 Di 16:30 Foyer

Lasermikrostrukturierung mit Femtosekunden- und Fluorlaserstrahlung — ●ANDY ENGEL, MANUEL PFEIFFER, STEFFEN WEISSMANTEL und FALK HÄHNEL — Hochschule Mittweida, Technikumplatz 17, 09648 Mittweida, Germany

Die Ergebnisse der Lasermikrostrukturierung verschiedener Metalle, Hartstoffe und Dielektrika mittels Femtosekundenlaser und Fluorlaser werden vorgestellt. Zu Beginn wird auf die durchgeführten grundlegenden Abtragsuntersuchungen an den jeweiligen Materialien sowie die Optimierung der Prozess- und Bearbeitungsparameter eingegangen. Die für eine reproduzierbare, hochgenaue Mikromaterialbearbeitung ermittelten Abhängigkeiten der Qualitätsparameter Auflösung, Kantensteilheit sowie resultierende Rauheit der Strukturwände von den gewählten Strukturierungsparametern werden aufgezeigt. In diesem Zusammenhang werden weiterhin Möglichkeiten zur Verringerung bzw. Vermeidung der Rissbildung bei der Bearbeitung von spröden, dielektrischen Materialien mit hoher Energiebandlücke wie Calciumfluorid und Magnesiumfluorid erläutert. Ein Vergleich der mit den genutzten Laseranlagen erzielbaren Qualitäten erfolgt beispielhaft an in

den untersuchten Materialien realisierten Mikrostrukturen wie Bohrungen, Gräben, Vertiefungen und auch komplexen 3D-Stukturen wie Pyramiden und Halbkugeln.

K 3.6 Di 16:30 Foyer

Development of a colliding plasma experiment as an UV/VUV radiation source — ●JÖRG WIECHULA¹, MARCUS IBERLER¹, JOACHIM JACOBY¹, BYUNG-JOON LEE², JOHANNA OTTO¹, ERIC PADE¹, TIM RIENECKER¹, and CHRISTIAN TESKE¹ — ¹Goethe Universität Frankfurt am Main — ²Pohang Accelerator Laboratory (PAL) Korea

A colliding plasma experiment is set up to provide an intense UV/VUV-source as backlighter and as a reference for ion beam opacity experiments. The plasma collision will be caused by the acceleration of two plasma plumes, induced by two identical coaxial plasma accelerators (PAs). The acceleration of the plasma is based on the Lorentz force and can be described by the snowplow model (SPM). First experiments are performed using three parallel connected capacitors (4500 V, 3e-6 F) on either side. This leads to a stored energy of about 90 J. It is intended to conduct further experiments with stored energies up to 1 kJ and an applied voltage up to 15 kV. By increasing the stored energy stepwise one will reveal the behaviour of the emitted UV/VUV radiation depending on the stored energy. For the future, it is intended to develop this UV/VUV source by changing geometrical parameters like the radii, the length, the material and the shape of the accelerators. Furthermore the capacitors, the applied voltage, the gas type and the gas pressure will be varied to influence the discharge behaviour and to study the resulting effects on the UV/VUV emission.

K 3.7 Di 16:30 Foyer

Elektrische Diagnostik einer Dielektrischen Barriere Entladungen in Argon — ●CHRISTIAN HOCK, BENJAMIN KOUBECK, BATU KLUMP, MARCUS IBERLER, JOACHIM JACOBY und ANDREAS SCHÖNLEIN — Goethe Universität Frankfurt, Institut für Angewandte Physik, Max von Laue Strasse 1, 60438 Frankfurt

Bei einer Dielektrischen Barriere Entladung (DBE) handelt es sich um ein kapazitiv gekoppeltes Plasma, bei der die Elektroden durch mindestens eine isolierende Schicht (Dielektrika) vom Gasraum getrennt sind. Durch diese Barriere können die im Plasma generierten Ladungsträger nicht über die Elektroden abfließen, und verändern so das im Gasraum vorherrschende Feld. Aufgrund dieser Verzerrung kann durch einfache Bestimmung der von außen zugänglichen Größen, wie Spannung, Ladungsumsatz und Strom nicht direkt auf die elektrischen Größen im Plasma geschlossen werden. In der hier vorliegenden Arbeit wurden daher wichtige Kenngrößen, wie Plasmastrom und das innere elektrische Feld, anhand einer einfachen messtechnischen Erweiterung und mit Hilfe einiger grundlegenden Überlegungen zu dem Ersatzschaltbild der DBE, bestimmt. Dadurch lassen sich weitere Parameter wie etwa die Elektronendichte ableiten und geben so weitreichenden Aufschluss über das Verhalten von Dielektrischen Barriere Entladungen.

K 3.8 Di 16:30 Foyer

Erzeugung und Diagnostik von Excimerstrahlung mit Dielektrischen Barriere Entladungen (DBE) in Argon — ●ANDREAS SCHÖNLEIN, CHRISTIAN HOCK, BATU KLUMP, MARCUS IBERLER und JOACHIM JACOBY — Goethe Universität Frankfurt am Main, Institut für Angewandte Physik, Max-von-Laue Straße 1, 60438 Frankfurt

Krankheitserreger können mit Strahlung unterhalb von 300nm wirkungsvoll beseitigt werden. Ein wichtiges Anwendungsgebiet von solchen Strahlungsquellen ist daher die Wasseraufbereitung. Angeregte Argonatome im metastabilen Zustand, können mit Argonatomem im Grundzustand eine Bindung eingehen. Die so entstehenden Excimere emittieren VUV-Strahlung mit einer Wellenlänge von 126nm. Bei einem Übergang in den metastabilen Zustand wird Strahlung im sichtbaren Bereich emittiert. Diese kann als erster Nachweis für Excimerstrahlung dienen. Für die Erzeugung der Excimerstrahlung wurden Dielektrische Barriere Entladungen (DBE) verwendet. Dabei handelt es sich um zwei planparallel angeordnete Elektroden, welche durch mindestens ein Dielektrikum elektrisch von einander isoliert sind. Die elektrische Ansteuerung der DBE erfolgte mit einer regelbaren Sinusspannung bei einer Frequenz von einigen kHz. Für die optische Diagnostik wurden Spannung, Druck und Frequenz variiert. AXUV-Dioden Messungen dienten der Untersuchung der VUV-Konversionseffizienz in Bezug auf die verschiedenen Parameter. Mittels spektroskopischer Messungen der sichtbaren Strahlung, wurde der Zusammenhang zwischen Excimerbildung und Bildung der metastabilen Zustände untersucht.

K 4: Licht- und Strahlungsquellen

Zeit: Mittwoch 10:30–11:15

Raum: HS D

K 4.1 Mi 10:30 HS D

Traveling-wave Thomson Scattering towards tunable, high-yield sources in the hard X-ray range — ●ALEXANDER DEBUS, KLAUS STEINIGER, MATHIAS SIEBOLD, AXEL JOCHMANN, ARIE IRMAN, MICHAEL BUSSMANN, ULRICH SCHRAMM, THOMAS COWAN, and ROLAND SAUERBREY — Forschungszentrum Dresden-Rossendorf, Institute for Radiation Physics, 01328 Dresden, Germany

Thomson sources are compact in size and can provide ultrashort, hard X-ray pulses of high brilliance. However, the finite Rayleigh length at small interaction diameters, makes it increasingly difficult in head-on (180°) Thomson scenarios to avoid higher laser intensities and thus the onset of the nonlinear regime. Effectively, such a geometry limits the peak brilliance of all future Thomson sources. We present a novel concept, Traveling-wave Thomson scattering (TWTS), which allows to obtain centimeter to meter long optical undulators, where interaction length and diameter are independent of each other. With an ultrashort, high-power laser pulse in an oblique angle scattering geometry using tilted pulse fronts, electrons and laser remain overlapped while both beams travel over distances much longer than the Rayleigh length. TWTS offers per pulse photon yields that are 2-3 orders of magnitudes beyond current designs, a minimum scattered bandwidth independent of the ultrashort laser pulse duration and tunability of photon energy without requiring a change in electron energy.

K 4.2 Mi 10:45 HS D

Elektronenstrahlunterstützte und -gezündete Hochfrequenzgasentladungen — ●THOMAS DANDL¹, THOMAS HEINDL¹, REINER KRÜCKEN¹, JOCHEN WIESER² und ANDREAS ULRICH¹ — ¹Physik Department E12, TU-München, 85748 Garching, Deutschland — ²Optimare Analytik GmbH & Co KG, 26382 Wilhelmshaven, Deutschland

Durch die Verwendung sehr dünner Keramikmembranen wird es möglich, Elektronenstrahlexperimente mit sehr kompakten Geräten durchzuführen. Insbesondere gelingt es, Niedertemperaturplasmen bei Atmosphärendruck zu erzeugen. Dies wurde genutzt, um in diese Plasmen mit Hilfe eines 1 bzw. 2,45 GHz Hochfrequenzgenerators zusätz-

lich Leistung in das Plasma einzukoppeln. Die Experimente wurden mit Argon und Krypton durchgeführt. Diese Gase emittieren bei 1 bar Druck und reiner Elektronenstrahlanregung fast ausschließlich Licht im Bereich des so genannten 2. Excimer- Kontinuum im Vakuumultraviolett. Es wird gezeigt, dass die zusätzliche HF Einkopplung die Emission des 1. Excimer * Kontinuums deutlich verstärkt. Bei weiter verstärkter HF Leistung zündet schließlich eine selbst brennende HF Entladung, die als eine hoch brillante VUV - Lichtquelle fast bis herab zur Resonanzlinie von Argon bei 106,7 nm genutzt werden kann.

Gefördert durch das BMBF Vorhaben 13N9528 *SAFE INSIDE*.

K 4.3 Mi 11:00 HS D

Räumliche Charakterisierung fokussierter harmonischer Strahlung von Festkörperoberflächen — LUTZ WALDECKER, ●PATRICK HESSLER, RAINER HÖRLEIN und GEORGE TSAKIRIS — Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Germany

Kohärente harmonische Strahlung, die bei der Wechselwirkung von ultrakurzen, intensiven Laserpulsen mit Festkörperoberflächen entsteht, bietet die Möglichkeit zur Erzeugung einzelner Attosekundenpulse mit Intensitäten, die mehrere Größenordnungen über den an Gasen erzeugten liegen. Sie bereiten damit den Weg für zukünftige XUV-pump/XUV-probe Experimente, mit deren zeitlichen Auflösungsvermögen Einsicht in Prozesse der Natur gewonnen werden kann, die auf heutigem Wege nicht zugänglich sind.

Der nächste Schritt zur routinemäßigen Anwendung in solchen Experimenten ist die vollständige zeitliche Charakterisierung der Attosekundenpulse, welche eine kontrollierte Fokussierung des XUV-Pulses voraussetzt.

Es werden experimentelle Methoden vorgestellt, die ermöglichen, auf die Intensitätsverteilung im Fokus des XUV-Lichtes Rückschlüsse zu ziehen. Szintillationsschirme aus dünnen ($100\mu\text{m}$) YAG:Ce-Kristallen dienen dabei als Medium zur Beobachtung des für andere Optiken unzugänglichen Wellenlängenbereiches. Sie erlauben außerdem die Diagnostik des Fokus im laufenden Betrieb des Experimentes und können somit als Voraussetzung für den Erfolg künftiger Experimente angesehen werden.

K 5: Laserstrahlwechselwirkung, Lasermaterialbearbeitung I

Zeit: Mittwoch 11:15–12:30

Raum: HS D

K 5.1 Mi 11:15 HS D

Short pulse laser ablation of metals in an ambient gas: a hydrodynamic simulation — ●DAVID AUTRIQUE — TU Kaiserslautern, Department of Physics, Erwin-Schrödinger-Straße 46,67663 Kaiserslautern

A hydrodynamic model is presented for short pulse laser ablation of Cu in a background gas. Material decomposition and laser induced phase transitions are modeled by means of a multi-phase equation of state (eos). The model describes the heating, melting and evaporation of the target, the target-vapor interaction in the boundary layer as well as the vapor dynamics. Comparison is made with experimental data from literature, whenever available, and in general, reasonable agreement was achieved between our model predictions and experimental results. Therefore, the model can be useful to predict trends in target and plume characteristics, which are difficult to obtain experimentally.

K 5.2 Mi 11:30 HS D

Long-Time Stability and Bleaching Behaviour of Fluorescent Defect Centres in fs-Laser-Written Waveguides — ●CHRISTIAN VETTER, FELIX DREISOW, MATTHIAS HEINRICH, STEFAN NOLTE, and ANDREAS TÜNNERMANN — Institute of Applied Physics, Friedrich-Schiller University Jena

The behaviour of fluorescent defect centres in fs-laser written waveguides has been studied using amorphous SiO_2 with a high content of silanol-groups as host material. A strong emission band at 650 nm originating from Non-Bridging Oxygen Hole Centres (NBOHCs) was used for direct fluorescence measurement.

We have studied the long-time stability (decay without additional illumination) and the bleaching behaviour (decay with illumination) of

the sample and found multi-exponential decay-curves which indicate a complex system of chemical reactions. Additionally we measured a recovery mechanism which leads to the partial re-formation of NBOHCs after several hours.

K 5.3 Mi 11:45 HS D

Elektronendynamik in Festkörpern unter Bestrahlung mit einem ultrakurzen VUV Laserpuls — NIKITA MEDVEDEV^{1,2} und ●BAERBEL RETHFELD¹ — ¹Technische Universität Kaiserslautern, Deutschland — ²CFEL at DESY, Hamburg, Deutschland

Wird ein Festkörper mit einem ultrakurzen Laserpuls hoher Photonenenergie bestrahlt, so können Elektronen aus dem Valenzband oder tiefer liegenden atomaren Schalen in das Leitungsband angeregt werden. Auch sekundäre Stoßionisation und Anregung durch Auger-Zerfall von Löchern ist möglich. Wir berechnen mithilfe einer Monte Carlo Simulation die Anregung der Elektronen durch einen ultrakurzen VUV Laserpuls in festem Halbleitern und Metallen, am Beispiel von Silizium und Aluminium.

Wir erhalten den zeitlichen Verlauf der Dichte und Energieverteilung der angeregten Elektronen. Die Ergebnisse zeigen das Nichtgleichgewicht und die Thermalisierung des angeregten Elektronengases. Die transiente Dynamik und Energieverteilung der Elektronen hängt insbesondere auch von der Photonenenergie ab, während die gesamte absorbierte Energie eine untergeordnete Rolle spielt. In Halbleitern führen wir das Konzept der effektiven Bandlücke ein (effective energy gap, EEG [1]), mit der die Dichte der in das Leitungsband angeregten Elektronen abgeschätzt werden kann.

[1] N. Medvedev, B. Rethfeld, EPL **88**, 55001 (2009).

K 5.4 Mi 12:00 HS D

Two-Electron Control in Nonsequential Double Ionization — ●MATTHIAS KÜBEL¹, BORIS BERGUES¹, NORA G. JOHNSON^{1,5}, KELSIE J. BETSCH², ROBERT R. JONES², GERHARD G. PAULUS³, ROBERT MOSHAMMER⁴, JOACHIM ULLRICH⁴, FERENC KRAUSZ¹, and MATTHIAS F. KLING^{1,5} — ¹Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching, Germany — ²University of Virginia, Charlottesville, VA, USA — ³Friedrich-Schiller-Universität, Jena, Germany — ⁴Max-Planck-Institut für Kernphysik, Heidelberg, Germany — ⁵Kansas State University, Manhattan, KS, USA

During the past decade advances in ultrafast laser technology have made possible the generation of broad band laser pulses approaching the duration of a single optical cycle. Photoionization with such laser fields depends critically on the temporal form of the light wave, in particular on the carrier-envelope phase (CEP). Control over the CEP is therefore a powerful tool to study and manipulate electron dynamics on an attosecond time scale. Nonsequential Double Ionization (NSDI) of atoms is widely regarded as a prototype of correlated electron processes. Despite numerous experimental and theoretical studies the underlying mechanisms are not fully understood. By combining the recently developed CE phase-tagging technology with a Reaction Microscope, CEP-resolved measurements of two-electron correlation spectra of NSDI in a near-single-cycle laser field are performed. We observe dramatic dependence of the electron emission direction on the CEP.

K 5.5 Mi 12:15 HS D

Dynamics of free electron plasma produced by shaped ultrashort laser pulses — CRISTIAN SARPE, JENS KÖHLER, ●NADINE GÖTTE, JUTTA MILDNER, DIRK OTTO, MATTHIAS WOLLENHAUPT, and THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

The first step in the process of laser ablation of dielectric materials is the laser induced optical breakdown in which high density free electron plasma is created. A better knowledge of the plasma dynamics [1] can contribute to increase the precision of the ablation process and to reduce the collateral damage. We have shown that tailored ultrashort laser pulses are suitable to increase the precision of ablation one magnitude order below the optical diffraction limit in the case of high band gap solid dielectrics [2, 3]. Here we present our studies to investigate the dynamics of free electron plasma created by shaped femtosecond pulses in a thin water jet by using a robust spectral interference technique. The phase shift between a reference and a probe pulse produced in common-path interferometer give accurate information about the density of free electron plasma. The temporal evolution of the plasma is accurately observed and its dependence on the laser intensity and temporal pulse shapes is analysed.

- [1] C. Sarpe et al. Appl. Phys. Lett. 88, 2161109 (2006)
- [2] L. Englert et al. Opt. Express 15, 17855 (2007)
- [3] L. Englert et al. Appl Phys A 92, 749 (2008)

K 6: Lasermaterialbearbeitung II

Zeit: Mittwoch 14:00–15:30

Raum: HS D

K 6.1 Mi 14:00 HS D

Spektroskopische Temperaturbestimmung an laserinduzierten Eisenplasmen: Verfahren, Werkzeuge und Fehlerquellen — ●ALFRED EICHHORN — Deutsch-Französisches Forschungsinstitut St.-Louis (ISL), Postfach 1260, 79574 Weil am Rhein

Das in diesem Beitrag vorgestellte Verfahren zur Temperaturbestimmung basiert auf der Anpassung einer geeigneten Modellfunktion an ein gemessenes Linienspektrum, wobei die Temperatur einer der Anpassungsparameter ist. Wie beim herkömmlichen Boltzmann-Plot werden auch hier die relativen Liniestärken ausgewertet. Der Vorteil besteht darin, dass nicht zuerst die Liniestärken aus dem gemessenen Spektrum einzeln ermittelt werden müssen; somit können auch schlecht getrennte Linien für die Temperaturermittlung benutzt werden. Die zunehmende Verfügbarkeit der notwendigen atomaren Daten in digitaler Form ist dabei sehr hilfreich. Von besonderer Bedeutung für ein korrektes Ergebnis sind: die Wahl eines geeigneten Bereichs des gemessenen Spektrums im Hinblick auf die Verteilung der oberen Energieniveaus; die Verfügbarkeit verlässlicher Daten für die betrachteten Linien, insbesondere der Übergangswahrscheinlichkeiten; die Berücksichtigung unterschiedlicher Absorption verschiedener Linien in den kühleren Randschichten des Plasmas. Anhand gemessener Spektren werden das Verfahren und mögliche Fehlerquellen dargestellt.

K 6.2 Mi 14:15 HS D

Calibration free laser-induced breakdown spectroscopy of industrial oxide materials — ●PHILIPP KOLMHOFFER, BERNHARD PRAHER, JOHANNES HEITZ, and JOHANNES D. PEDARNIG — Christian Doppler Laboratory for Laser-Assisted Diagnostics, Institute of Applied Physics, Johannes Kepler University, A-4040 Linz, Austria

Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) is used for various applications in industry, including fast compositional analysis of materials (major, minor, and trace elements). For quantitative element analysis, calibration standards have to be measured, or calibration-free LIBS (CF-LIBS) methods have to be employed. We modified the CF-LIBS algorithm and achieved increased accuracy in the determination of oxide concentration for materials containing MgO, CaO, and Fe₂O₃ [1]. This algorithm was applied for analysis of multi-component industrial oxide materials. For all investigated materials CF-LIBS concentration results agree well with reference values. The relative errors are <15 % for major oxides CaO, Al₂O₃, MgO, and SiO₂. For minor oxides the relative errors are larger. Variation of experimental parameters (e.g., laser fluence) over large range does not significantly change the CF-LIBS data. The results indicate that CF-LIBS can be employed for quantitative analysis of complex materials.

[1] B. Praher, V. Palleschi, R. Viskup, J. Heitz, J.D. Pedarnig, Spectrochimica Acta Part B 65 671-679 (2010).

K 6.3 Mi 14:30 HS D

Optimierung des LIBS-Signals zur chemischen Abbildung von Metallen durch Femtosekunden Doppelpulse — ●JUTTA MILDNER¹, CRISTIAN SARPE¹, NADINE GÖTTE¹, DIRK OTTO¹, WALDEMAR WESSEL², EUGEN MERDIAN², ANGELIKA BRÜCKNER-FOIT², MATTHIAS WOLLENHAUPT¹ und THOMAS BAUMERT¹ — ¹Universität Kassel, Institut für Physik und CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany — ²Universität Kassel, Institut für Werkstofftechnik - Qualität und Zuverlässigkeit, Mönchebergstr. 3, D-34125 Kassel, Germany

Es wird ein auf fs-LIBS basiertes Rasterabbildungsverfahren zur chemischen Analyse von Metallen mit hoher räumlicher Auflösung vorgestellt [1]. Um das Abbildungsverfahren zu optimieren, müssen sowohl die spektrochemische Sensitivität als auch die räumliche Auflösung erhöht werden. Die verschiedenen Anregungsprozesse im Festkörper sind zeitlich voneinander getrennt [2], sodass die Dynamik dieser Prozesse durch die Anwendung zeitlich geformter fs-Laserstrahlung (Doppelpulse) gezielt angesprochen werden kann. Der Einfluss der Verzögerungszeit (100 fs bis 800 ps) und der Intensitätsverhältnisse zwischen beiden Laserpulsen auf das LIBS-Signal und die Ablationsstrukturen werden diskutiert. Es konnte an Aluminium ein um eine Größenordnung höheres Signal erzielt werden, während die Ablationsstrukturen keine Änderungen aufweisen (Analysen via Rasterkraft- (AFM) und Rasterelektronenmikroskopie (REM)).

- [1] W. Wessel *et al.*, Eng. Fract. Mech. **77**, 1874–1883 (2010)
- [2] B. Rethfeld *et al.*, Applied Physics A **79**, 767–769 (2004)

K 6.4 Mi 14:45 HS D

ps micromachining of LiNbO₃ for optical applications — ●MAREIKE STOLZE¹, BENJAMIN WEIGAND², THOMAS HERRMANN¹, ANDREAS LENHARD², CHRISTOPH BECHER², and JOHANNES L'HUILLIER¹ — ¹Photonik-Zentrum Kaiserslautern e.V., Kohlenhofstraße 10, 67663 Kaiserslautern — ²Universität des Saarlandes, FR 7.2 Experimentalphysik, Campus E2.6, 66123 Saarbrücken

Over the past years waveguides in LiNbO₃ attended great interest in integrated optics. They opened a variety of application possibilities such as telecommunication or nonlinear optics, because of their remarkable optical properties. Ridge waveguide structures afford higher refractive index contrast and smaller cross section, whereby the intensity of the guided mode will be enhanced.

Several fabrication techniques have been established for LiNbO₃

such as wet and dry etching techniques. Micromachining with pulsed laser systems may be an attractive alternative. This process offers several benefits, like high precision and accuracy, flexibility in cutting complex shapes, and single-stage processing. We present results on laser micromachining of LiNbO₃ using a high-precision 5-axes workstation with a ps-laser system operating at 355 nm, 532 nm and 1064 nm. Ablation rates and threshold fluences will be presented, as well as the surface quality of the laser machined structures at different laser fluences. Based on these results first micromachined structures in LiNbO₃ will be presented.

K 6.5 Mi 15:00 HS D

Lokales Schweißen von Gläsern mit ultrakurzen Pulsen bei hohen Repetitionsraten — •FELIX ZIMMERMANN¹, SÖREN RICHTER¹, SVEN DÖRING¹, STEFAN NOLTE^{1,2} und ANDREAS TÜNNERMANN^{1,2} — ¹Friedrich-Schiller-Universität, Jena, Germany — ²Fraunhofer-Institut für Angewandte Optik und Feinmechanik, Jena, Germany

Wir präsentieren unsere Ergebnisse zum lokalen Schweißen unterschiedlicher Gläsern mit ultrakurzen Laserpulsen. Die hohen Spitzenleistungen ultrakurzer Laserpulse führen zu nichtlinearen Absorptionsprozessen in transparenten Materialien. Koppelt man diese räumlich begrenzten Wechselwirkungen mit der auftretenden Wärmeakkumulation bei hoch repetierenden Lasersystemen kommt es zu einem lokalen Schmelzvorgang im Fokusvolumen. Mit Hilfe dieses Schmelzprozesses können transparente Materialien aneinander gefügt werden. Dabei sind

auf das Material angepasste Laserparameter von grundlegender Bedeutung, damit langzeitstabile und feste Bindungen entstehen.

Durch die nur lokal auftretende Aufheizung des Materials im Fokusbereich wird die thermische Beanspruchung des Materials minimiert und Festigkeiten von bis zu 75% des unbehandelten Volumenmaterials erreicht.

K 6.6 Mi 15:15 HS D

Mikrostrukturierung von Metallen und Hartstoffen mit Femtosekundenlaserstrahlung — •ANDY ENGEL, MANUEL PFEIFFER, STEFFEN WEISSMANTEL und PETER LICKSCHAT — Hochschule Mittweida, Technikumplatz 17, 09648 Mittweida, Germany

Die Ergebnisse der Lasermikrostrukturierung verschiedener Stähle und Wolframkarbidhartmetalle werden vorgestellt. Zu Beginn wird auf die durchgeführten grundlegenden Abtragsuntersuchungen an den jeweiligen Materialien sowie die Optimierung der Prozess- und Bearbeitungsparameter eingegangen. Der Einfluss verschiedener Laserstrahlwellenlängen auf das Bearbeitungsergebnis wird dargestellt. Die in den untersuchten Materialien realisierten Mikrostrukturen wie Bohrungen, Gräben, Vertiefungen und auch komplexe 3D-Strukturen wie Pyramiden und Halbkugeln weisen eine sehr gute Kantensteilheit, ebene, gleichmäßige Strukturkanten und eine geringe mittlere Rauheit (Ra kleiner 100 nm) des Strukturbodens auf. Im Rahmen der ebenfalls durchgeführten EDX-Analysen wurde in den strukturierten Oberflächenbereichen keine Entmischung bzw. Änderung der chemischen Zusammensetzung beobachtet.