

Fachverband Kurzzeitphysik (K)

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

Übersicht der Hauptvorträge und Fachsitzungen

(Hörsäle V57.04; Poster.V)

Hauptvorträge

K 3.1 Mon 16:30–17:00 V57.04 **LPP light source development for EUV lithography** — •NORBERT BÖW-
 ERING

Hauptvorträge des fachübergreifenden Symposiums SYPP

Das vollständige Programm dieses Symposiums ist unter SYPP aufgeführt.

SYPP 1.1 Tue 10:30–11:00 V57.03 **Hochspannungsmodulator mit zweifacher Impulstransformatorstufe**
 — WERNER HARTMANN, •KLAUS-DIETER ROHDE, NORBERT GRASS, MAR-
 TIN SCHWENDNER

SYPP 1.2 Tue 11:00–11:30 V57.03 **SiC-Thyristoren für die Hochleistungsimpulstechnik** — •SIGO
 SCHARNHOLZ

SYPP 1.3 Tue 11:30–12:00 V57.03 **Aktuelle Trends in der Hochspannungs- und Hochstromschalteren-
 twicklung in Frankfurt** — •CHRISTIAN TESKE, MARCUS IBERLER, CHRIS-
 TIAN HOCK, GREGOR LOISCH, ANDREAS SCHÖNLEIN, JÖRG WIECHULA,
 JOACHIM JACOBY

SYPP 1.4 Tue 12:00–12:30 V57.03 **UV-Lamps: Principles, Technology and Applications** — •ALEX
 VORONOV

SYPP 2.1 Tue 14:00–14:30 V57.03 **Generation of pulsed magnetic fields – stretching the limits** —
 •JOACHIM WOSNITZA

SYPP 2.2 Tue 14:30–15:00 V57.03 **Stand der Technik und Entwicklungen für Pulsed Power Module in
 Medizinischen Excimerlaser** — •CLAUS STROWITZKI, MATTHIAS DAHLKE

SYPP 2.3 Tue 15:00–15:30 V57.03 **Pulsed Power Applications at Karlsruhe Institute of Technology** —
 •GEORG MUELLER

SYPP 2.4 Tue 15:30–16:00 V57.03 **Pulsed Electric Fields in Food Processing: Equipment Design and
 Commercial Applications** — •STEFAN TOEPFL

Hauptvorträge des fachübergreifenden Symposiums SYPD

Das vollständige Programm dieses Symposiums ist unter SYPD aufgeführt.

SYPD 1.2 Thu 10:40–11:20 V57.03 **Fortschritte in den optischen Dünnschichttechnologien** — •NORBERT
 KAISER

SYPD 1.3 Thu 11:20–11:50 V57.03 **Entwicklung neuer optischer Funktionsschichten durch hochion-
 isierte Sputterprozesse** — •MICHAEL VERGÖHL, RALF BANDORF, STEFAN
 BRUNS, VOLKER SITTINGER, BERND SZYSZKA, OLIVER WERNER

SYPD 1.4 Thu 11:50–12:20 V57.03 **Plasma unterstützte Prozesse zur Herstellung anspruchsvoller Inter-
 ferenzfilter** — •HARRO HAGEDORN, WALTER LEHNERT, JÜRGEN PISTNER,
 HOLGER REUS, MICHAEL SCHERER, ALFONS ZÖLLER

SYPD 2.1 Thu 14:00–14:30 V57.03 **Charakterisierung von Plasmaprozessen zur ionengestützten Ab-
 scheidung (PIAD) von optischen Schichten** — •JENS HARHAUSEN,
 RALF PETER BRINKMANN, RÜDIGER FOEST, ANDREAS OHL, BENJAMIN
 SCHRÖDER, HARTMUT STEFFEN

SYPD 2.2	Thu	14:30–15:00	V57.03	Prozessüberwachung und Kontrolle mit der Multipol-Resonanz-Sonde — ●RALF PETER BRINKMANN, MARTIN LAPKE, JENS OBERRATH, CHRISTIAN SCHULZ, ROBERT STORCH, TIM STYRNOLL, PETER AWAKOWICZ, THOMAS MUSSEN BROCK, THOMAS MUSCH, ILONA ROLFES, CHRISTIAN ZIETZ
SYPD 2.3	Thu	15:00–15:30	V57.03	Gepulste Hochleistungsplasmen zur Synthese nanostrukturierter Funktionsschichten (SFB TR 87) — ●PETER AWAKOWICZ
SYPD 2.4	Thu	15:30–16:00	V57.03	Phase stability of TiAlNO (SFB TR 87) — ●JOCHEN SCHNEIDER

Fachsitzungen

K 1.1–1.3	Mon	14:30–15:30	V57.04	Methoden und Verfahren
K 2.1–2.2	Mon	15:30–16:00	V57.04	Licht- und Strahlungsquellen I
K 3.1–3.6	Mon	16:30–18:15	V57.04	Licht- und Strahlungsquellen II und deren Anwendungen
K 4.1–4.9	Tue	16:30–18:30	Poster.V	Poster I
K 5.1–5.4	Thu	10:30–11:30	V57.04	Lasersysteme und -komponenten
K 6.1–6.2	Thu	11:30–12:00	V57.04	Laserstrahlwechselwirkung, Lasermaterialbearbeitung I
K 7.1–7.5	Thu	14:00–15:15	V57.04	Laseranwendungen und Lasermaterialbearbeitung II
K 8.1–8.5	Thu	16:30–18:30	Poster.V	Poster II

Mitgliederversammlung Fachverband Kurzzeitphysik

Donnerstag 12:00–12:30 Raum V57.04

- Bericht des Vorsitzenden
- Tagungsplanung
- Verschiedenes

K 1: Methoden und Verfahren

Time: Monday 14:30–15:30

Location: V57.04

Topical Talk

K 1.1 Mon 14:30 V57.04

Elektronische Bauelemente mit wenigen Elektronen und charakteristischen Zeiten — •RUDOLF GERMER — TUB — HTW — ITP, www.itp-berlin.net

Wenn der zunächst kontinuierlich angenommene Stromfluß in einzelne Elektronen zerfällt, dann spielt ihre zeitliche Folge die charakterisierende Rolle. Strom und Spannung werden mit Ladungen und magnetischen Flußquanten beschrieben. Das Verhältnis Spannung zu Strom liefert uns die Impedanzen, in den extremen Fällen den Widerstand, die Kapazität, die Induktivität und den Memristor. Das Messen eines Widerstandes ist ein Zählen von Elektronen und magnetischen Flußquanten. Das Digitalisierungsrauschen zeigt dann die bekannten Eigenschaften des Schrotrauschens und des Widerstandsrauschens. Es gibt typische Zeiten für jedes Bauelement, z. B. für den Kondensator $t_C = R_k/2 \cdot C$ und die Induktivität $t_L = L_2/R_k$. Auf- und Entladen des Kondensators erfolgt Stufenweise mit Schrittweiten, die von der Elektronenanzahl abhängen. Man muß auch die mit den Strömen verbundene Quantelung des Magnetflusses berücksichtigen, dies sollte zu einem zusätzlichen Klumpen der Ladungsträger beim Stromfluß führen. Wahrscheinlich besonders unerwartet ist das Verhalten eines LC-Schwingkreises, dessen Periodendauer $T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$ ist. Seine Energieeigenwerte weichen von den möglichen Werten für die Ladung eines Kondensators oder einer Spule ab. Ein einfaches Modell gekoppelter schwingender Systeme, das die Diskrepanzen beseitigt, führt zu der Annahme, daß nicht alle Energieeigenwerte realistisch sind. Experimente, um die erwarteten Effekte zu demonstrieren, werden diskutiert.

K 1.2 Mon 15:00 V57.04

Temperature Measurement for Millisecond Annealing — DENISE REICHEL, WOLFGANG SKORUPA, and •THOMAS SCHUMANN — Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf, PF 51 01 19, 01314 Dresden

Millisecond Annealing (MSA) of advanced materials challenges temperature measurement by introducing extreme conditions.

Annealing processes in the millisecond time range use flash lamps for heating. These lamps allow for surface annealing, but they cause large background radiation leading to an inversion of the signal-to-noise ra-

tio.

Pyrometry (Radiometry) has been used successfully for temperature measurement for longer annealing processes like Rapid Thermal Annealing (RTA). However, in the case of Surface Annealing Detector and Lamp Bank need to face the same side of the wafer (front typically). Taking into account the high background radiation of the flash lamps as well as the small time spans of a few milliseconds temperature measurement becomes very challenging for MSA.

This presentation intends to give a deeper understanding of the challenges of temperature measurement during MSA and it will give some examples to solve the matter.

K 1.3 Mon 15:15 V57.04

Einblick in den Ionisationsbereich eines fokussierten FEL-Strahls — •THOMAS GEBERT¹, ULRIKE FRÜHLING¹, MAREK WIELAND¹, DIMITRIOS ROMPOTIS¹, THOMAS GAUMNITZ¹, ELKE PLÖNJES-PALM², THOMAS NISIUS³, JOHANNES EWALD³, STEFAN DICKL³, THOMAS WILHEIN³ und MARKUS DRESCHER¹ — ¹Universität Hamburg - Institut für Experimentalphysik, Luruper Chaussee 149, D-22761 Hamburg, Germany — ²HASYLAB (DESY), Notkestr. 85, D-22607 Hamburg, Germany — ³RheinAhrCampus, Südallee 2, D-53424 Remagen, Germany

Für Experimente zur nichtlinearen Physik im Fokus intensiver Röntgenpulse ist die genaue Kenntnis der räumlichen Intensitätsverteilung von großer Bedeutung. Es wird ein Ionenmikroskop als Werkzeug zur nichtinvasiven orts- und zeitaufgelösten Messung von Ionenverteilungen vorgestellt. Dieses Mikroskop gibt Aufschluss über die Verteilung bestimmter Ionenspezies innerhalb eines Lichtfokus, insbesondere über den Ladungszustand der Ionen an einer bestimmten Stelle der Intensitätsverteilung. Abberationen durch Optiken oder Wellenfront-Deformationen können so im Experiment direkt beobachtet und korrigiert werden. Zusammen mit einer Einzelschuß-THz-Streak-Kamera zur Bestimmung der Pulslänge ergibt sich in einem synchronen Experiment ein umfassendes Bild der zeitlichen und räumlichen Eigenschaften der fokussierten XUV-Pulse des Freie-Elektronen-Lasers FLASH. Es werden erste experimentelle Ergebnisse aus einer Messzeit am FLASH vorgestellt.

K 2: Licht- und Strahlungsquellen I

Time: Monday 15:30–16:00

Location: V57.04

K 2.1 Mon 15:30 V57.04

High-energy, 3.3-octave spanning supercontinuum in bulk driven at mid-IR — •MATTHIAS BAUDISCH¹, FRANCISCO SILVA¹, DANE AUSTIN¹, ALEXANDRE THAI¹, MICHAËL HEMMER¹, ARNAUD COUAIRON², and JENS BIEGERT^{1,3} — ¹ICFO - Institut de Ciències Fotoniques, 08860 Castelldefels, Barcelona, Spain — ²Centre de Physique Théorique, Ecole Polytechnique, CNRS UMR 7644, F-91128 Palaiseau Cedex, France — ³ICREA - Institut Catalana de Recerca i Estudis Avançats, 08010 Barcelona, Spain

Ultra-broadband, coherent radiation has a rising importance for many applications such as optical coherence tomography and multicolor pump-probe spectroscopy. In this work we demonstrate the generation of a supercontinuum in yttrium aluminum garnet (YAG) spanning from the visible up to the mid-IR. The pump pulses centered at 3100 nm were provided by a home-built optical parametric chirped pulse amplifier delivering carrier-envelope phase stable pulses with 10 μ J of pulse energy, 67 fs duration and 160 kHz repetition rate. For the experiment the beam was focused into a 2 mm-thick YAG plate. The detection was realized using three detectors to cover the entire spectral extend of the continuum. The measured spectrum spans smoothly from 450 nm up to 4500 nm with high spectral energy densities from 2 pJ/nm in the 750-1000 nm spectral range up to 10 nJ/nm around the mid-infrared pump wavelength.

K 2.2 Mon 15:45 V57.04

Photodissociation of Fe(CO)₅ studied by femtosecond RIXS

— •KRISTJAN KUNNUS¹, MARTIN BEYE¹, ALEXANDER FÖHLISCH¹, KELLY GAFFNEY⁵, FRANK DE GROOT⁸, SEBASTIAN GRÜBEL², ROBERT HARTSOCK⁵, FRANZ HENNIES³, IDA JOSEFFSON⁷, CHRISTIAN KALUS¹, KERSTIN KALUS¹, BRIAN KENNEDY³, DENNIS NORDLUND⁴, MICHAEL ODELIUS⁷, WILSON QUEVEDO¹, IVAN RAJKOVIC², BILL SCHLOTTER⁶, MIRKO SCHOLZ², SIMON SCHRECK¹, EDLIRA SULJOTI¹, SIMONE TECHERT², JOSH TURNER⁶, CHRISTIAN WENIGER¹, PHILIPPE WERNET¹, and WENKAI ZHANG⁵ — ¹Helmholtz-Zentrum Berlin, Berlin, Germany — ²Max Planck Institute for Biophysical Chemistry, Göttingen, Germany — ³MAX-lab, Lund, Sweden — ⁴SSRL, SLAC National Accelerator Laboratory, Menlo Park, US — ⁵PULSE, SLAC National Accelerator Laboratory, Menlo Park, US — ⁶LCLS, SLAC National Accelerator Laboratory, Menlo Park, US — ⁷Stockholm University, Stockholm, Sweden — ⁸Utrecht University, Utrecht, Netherlands

The photodissociation reaction of Fe(CO)₅ solvated in ethanol was investigated in a pump-probe experiment with 300 fs time resolution. Resonant inelastic x-ray scattering (RIXS) and restricted active space self-consistent field (RASSCF) calculations enabled us to characterize low-lying excitations of parent Fe(CO)₅ molecules and Fe(CO)₄ photo-products. The experiment was carried out at the Linac Coherent Light Source (LCLS) to utilize very intense tuneable soft x-ray pulses with femtosecond duration as required for a femtosecond RIXS experiment.

K 3: Licht- und Strahlungsquellen II und deren Anwendungen

Time: Monday 16:30–18:15

Location: V57.04

Invited Talk

K 3.1 Mon 16:30 V57.04

LPP light source development for EUV lithography — ●NORBERT BÖWERING — Cymer BV, 5503 LN Veldhoven, The Netherlands

Laser produced plasma (LPP) light source systems have been developed as the primary approach for extreme ultra-violet (EUV) scanner optical imaging of circuit features of sub-22 nm critical layer patterning in support of high-throughput semiconductor lithography. The components and the development of CO₂-laser based light sources for advanced lithography applications are described. A review is provided of development progress and productization, as well as of installation and operational status for high-volume manufacturing LPP EUV light sources of Cymer. EUV power and dose stability data are presented for test wafer exposures by pilot production systems with stable tin droplet generation, efficient gas-based debris mitigation system and large 5 sr normal-incidence light collector optics. Exposure power scaling to levels of above 100 W is shown as demonstrated by increased conversion efficiency in a separate configuration using a laser pre-pulse to optimize the plasma conditions. The lifetime of the collector is a critical parameter for such sources. It was significantly enhanced by use of protective cap layers on the multilayer coating, supporting uninterrupted operation for several weeks. An update is also given on the status of second-generation EUV source integration and on the product roadmap.

<http://www.cymer.com>

K 3.2 Mon 17:00 V57.04

Brillanzsteigerung laser-produzierter weicher Röntgenstrahlung auf Basis von Gastargets — ●TOBIAS MEY — Laser-Laboratorium Göttingen e.V., Hans-Adolf-Krebs-Weg 1, 37077 Göttingen, Germany

Laser-produzierte weiche Röntgenquellen, die mit Fest- oder Flüssig-targets arbeiten, sind stets mit einer störenden Debrisproduktion verbunden. Die Verwendung von gasförmigen Targets ist dagegen debris-arm, liefert jedoch Strahlung von geringerer Brillanz. Wir präsentieren eine Möglichkeit, die Brillanz von solchen Gastarget-basierten Strahlquellen mit Hilfe von Überschallphänomenen zu steigern. Bisher wurde dabei ein Gasstrahl über eine gepulste Düse in eine Vakuum-Umgebung expandiert. Fokussiert man einen Laserstrahl in das Gas, so entsteht ein Plasma, das Strahlung im weichen Röntgenspektralbereich emittiert. Nun wird durch Anlegen eines äußeren Drucks an die Strömung ein Verdichtungsstoß, der sogenannte Fassstoß, provoziert. Dabei wird die lokale Teilchendichte gesteigert, was zu einer höheren Konversions-effizienz der Laserenergie in weiche Röntgenstrahlung führt. Die Düsenströmung wird experimentell mit Hilfe des Schlierenverfahrens analysiert, was einen Zugang zu der räumlichen Strömungsstruktur schafft. Weiterhin wird eine quantitative Messung der Gasdichte mittels eines Hartmann-Shack-Wellenfrontensensors durchgeführt. Schließlich ist es möglich, die Spitzenbrillanz der Quelle um einen Faktor von 7.1 auf $B = 2.01 \cdot 10^{16}$ Photonen/(mm²mrad²s) zu steigern.

K 3.3 Mon 17:15 V57.04

A high peak brightness Thomson scattering x-ray source using high-power lasers — ●MICHAEL BUSSMANN, ALEXANDER DEBUS, KLAUS STEINIGER, RICHARD PAUSCH, JURJEN COUPERUS, AXEL JOCHMANN, ARIE IRMAN, STEPHAN KRAFT, MATTHIAS SIEBOLD, ULRICH SCHRAMM, and THOMAS E. COWAN — Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf

Thomson scattering of high-power laser pulses from relativistic bunches of electrons is a promising technique to deliver ultra-short x-ray pulses of high peak brightness. X-ray pulses in the multi-keV regime are obtainable using few MeV electrons delivered by conventional accelerators.

With laser-accelerated electrons photon energies of several MeV can be reached. We introduce concepts to improve the peak brightness of these beams using high power lasers and compare simulation results to experiment. Analytic models show that long interaction lengths could be obtained by spatio-temporal tailoring of the laser pulse. This Travelling-Wave Thomson Scattering technique would allow to produce narrow-bandwidth X-ray pulses of high peak brightness.

K 3.4 Mon 17:30 V57.04

Efficiency of relativistic surface high harmonic generation at an optimized plasma scale length — ●JANA BIERBACH¹, CHRISTIAN RÖDEL^{1,2}, DANIEL AN DER BRÜGGE³, MARK YEUNG⁴, THOMAS HAHN⁵, BRENDAN DROMEY⁴, SVEN HERZER¹, SILVIO FUCHS¹, ARPA GALESTIAN POUR¹, MICHAEL BEHMKÉ⁵, MIRELA CERCHEZ⁵, OLIVER JÄCKEL^{1,2}, DIRK HEMMERS⁵, MALTE C. KALUZA^{1,2}, GEORG PRETZLER⁵, OSWALD WILLI⁵, ALEXANDER PUKHOV³, MATTHEW ZEPF⁴, and GERHARD G. PAULUS^{1,2} — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Jena, Germany — ²Helmholtz-Institut Jena, Germany — ³Institut für Theoretische Physik, Düsseldorf, Germany — ⁴Centre for Plasma Physics, Belfast, UK — ⁵Institut für Laser- und Plasma-physik, Düsseldorf, Germany

We report on the efficiency of relativistic surface high harmonic generation (SHHG) that is measured in experiments and compare it to the established theory and to numerical simulations. A strong influence of the plasma scale length on the efficiency was found, which can be controlled by an adequate enhancement of the laser pulse contrast using a plasma mirror or second harmonic generation. This is explained theoretically by making the transition from a sharp plasma edge to an expanded density distribution with a finite plasma scale length. Notwithstanding that the harmonic emission is enhanced using an optimized scale length, the measured efficiency is below the expectations. We record XUV pulse energies in the μJ range and efficiencies of $\approx 10^{-6}$. Hence, relativistic SHHG has been realized at a repetition rate of 10 Hz for the first time.

K 3.5 Mon 17:45 V57.04

Recent Studies on Vacuum Ultraviolet Radiation Generated during Pulsed Atmospheric Breakdown in Air — ●KLAUS FRANK^{1,2}, GEORGE LAITY¹, ANDREW FIERRO¹, LYNN HATFIELD¹, ANDREAS NEUBER¹, and MAGNE KRISTIANSEN¹ — ¹Center for Pulsed Power and Power Electronics — ²Erlangen Centre for Astroparticle Physics Department of Physics Friedrich - Alexander University Erlangen - Nürnberg 91058 Erlangen, Germany

This paper describes recent experiments to quantify the emission and re-absorption of vacuum ultraviolet (VUV) radiation during the streamer phase of pulsed atmospheric breakdown. Specific interest exists for determining the role this radiation has on the photo-ionization physics which are believed to dominate the feedback streamer process. A surface discharge configuration was constructed of point-point electrodes near a MgF₂ dielectric surface. The diagnostics package includes multiple vacuum monochromators, VUV sensitive photomultipliers, fast-shutter intensified CCD cameras (VUV/VIS), fast-risetime Rogowski current monitors, and optically isolated high voltage probes. Spatially and temporally resolved spectroscopy in the wavelength range 115 * 175 nm resulted in a number of critical observations for atomic species of NI and OI. Radiation in the VUV range is primarily emitted during the streamer phase before voltage collapse, and the source of VUV radiation is not stationary. Estimates of streamer electron density are made via Stark broadening measurements. Self-absorption of some emission is observed, and quantifications are underway which will elucidate the physics of VUV radiation transport.

K 3.6 Mon 18:00 V57.04

Einsatz von Laser-Plasma-Beschleunigern zur Reproduktion von Weltraumstrahlung und Qualifikation elektronischer Komponenten — ●OLIVER KARGER¹, THOMAS KÖNIGSTEIN¹, JAMES B. ROSENZWEIG², GEORG PRETZLER¹ und BERNHARD HIDDING^{1,2} — ¹Institut für Laser- und Plasmaphysik, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf — ²Department of Physics and Astronomy, University of California, Los Angeles

Im Weltraum sind elektronische Komponenten in Satelliten und Raumfahrzeugen im Strahlungsgürtel der Erde und anderer Planeten des Sonnensystems beständig ionisierender Strahlung ausgesetzt, welche eine signifikante Gefährdung darstellt. Daher werden vor Missionsbeginn sämtliche strahlensensitive Komponenten auf ihre Strahlenresistenz validiert.

Für zukünftige Studien zur Strahlenresistenz von elektronischen Komponenten im Weltall wird der Einsatz von Laser-Plasma-Beschleunigern als alternative Testmethode vorgestellt. Aufgrund der hohen Teilchenflüsse und exponentiellen Energieverteilung können Bestrahlungstests mit geringer Pulsanzahl unter realitätsnahen Bedin-

gungen in kurzer Zeit durchgeführt werden. So kann z.B. die tägliche Elektronendosis in einem GPS-Orbit mit einer Laserrepetitionsrate von 10 Hz und einer Bestrahlungszeit von etwa sechs Sekunden erzielt wer-

den.

In dieser Präsentation wird die grundlegende Methodik dargelegt.

K 4: Poster I

Time: Tuesday 16:30–18:30

Location: Poster.V

K 4.1 Tue 16:30 Poster.V

Eisenfreie hochstromgepulste Quadrupollinsen — ●CARMEN TENHOLT¹, PETER SPILLER², OLIVER KESTER^{1,2} und UDO BLELL² — ¹Goethe Universität Frankfurt am Main — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung GSI, Darmstadt

Stark fokussierende Elemente werden benötigt, um Ionenstrahlen hoher Intensität trotz der starken Raumladungskräfte fokussieren zu können. Die Fokussierung wird erreicht, indem der Strahl durch ein Multiplett versetzt gepolter Quadrupole geführt wird. Diese bestehen aus vier im Kreis angeordneten, abwechselnd gepolten Magneten, die in einer Ebene fokussierend, in der anderen defokussierend wirken. Um eine Fokussierung in beiden Ebenen zu erhalten, ist die Kombination von mindestens zwei Quadrupollinsen nötig. Herkömmliche Magnete sind in ihrer Feldstärke durch den Sättigungseffekt ihrer Eisenkerne begrenzt. Alternativen sind supraleitende Magnete oder, in dem hier vorgestellten Fall, gepulste eisenfreie Leiterspulen. Durch eine charakteristische $\cos(2\theta)$ -Verteilung von mehreren Leitern, die die jeweiligen Magnetpole bilden, wird eine Verbesserung der Feldqualität gegenüber Einzelleitern erreicht. Es ist möglich sehr hohe Ströme ohne aufwändige Kühlung zu verwenden (~ 400 kA), da die Strompulse nur kurze Zeit (100 usec) wirken. Dabei sind die Lorentzkräfte, die auf die Leiter wirken nicht zu unterschätzen. Die Energieversorgung funktioniert über eine geladene Kondensatorbank. Deren Entladung soll über einen halbleiterbasierten Schalter erfolgen. Basierend auf der benötigten Magnetfeldstärke und -qualität soll die mechanische und elektrische Auslegung des Systems diskutiert werden.

K 4.2 Tue 16:30 Poster.V

Die elektrische Auslegung des magnetischen Horns als fokussierendes Element am FAIR p-bar-Target — ●ISFRIED PETZENHAUSER, KLAUS KNIE, UDO BLELL und PETER SPILLER — GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Darmstadt

Die "Facility for Antiproton and Ion Research" (FAIR) ist ein neuer, internationaler Beschleunigerkomplex, welcher am GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH gebaut wird. Um Antiprotonen zu erzeugen wird ein Protonenstrahl auf ein Target (z.B. Iridium) geschossen. Die Antiprotonen entstehen dabei als divergenter Teilchenstrahl. Um einen möglichst hohen Anteil der entstehenden Antiprotonen zu akkumulieren wird ein fokussierendes Element benötigt. Bei FAIR wird hierfür ein magnetisches Horn verwendet. Um die gewünschte Fokussierung zu erhalten wird ein hoher Strom im Bereich von 400 kA durch einen geschickt geformten, koaxialen Aufbau geführt. Das entstehende Magnetfeld fokussiert den Teilchenstrahl. Die Dauer des Strompulses wird ca. 100 μ s betragen. Es soll möglich sein das Horn etwa alle 5 Sekunden zu betreiben. Bei dieser Wiederholrate werden pro Jahr (bei ca. 200 Tagen Betrieb) etwa $3,5 \cdot 10^6$ Entladungen stattfinden, was zu einer enormen Anforderung an die Lebensdauer führt. Der Großteil der Komponenten soll auf die Lebensdauer der Anlage ausgelegt sein, was zu einer Gesamtanzahl von gut 10^8 Entladungen führt. Um die Lebensdauer der Komponenten zu erhöhen und die Kosten zu reduzieren soll mit einer niedrigen Spannung von 10-12 kV gearbeitet werden. Der geplante Aufbau des magnetischen Horns und der dazugehörigen Leistungspulstechnik soll diskutiert werden.

K 4.3 Tue 16:30 Poster.V

Untersuchungen an Schutzbeschaltungen für hochdielektrische Trigger für den Einsatz in Gasentladungsschaltern — ●GREGOR LOISCH, MARCUS IBERLER und JOACHIM JACOBY — Institut für Angewandte Physik, Frankfurt, Deutschland

Zum Schalten hoher Ströme und Spannungen werden zuverlässige und langlebige Schaltsysteme benötigt. Für Anwendungen mit Spitzenleistungen ist hierbei der Einsatz von Gasentladungsschaltern noch immer unabdingbar. Im Fall des Pseudofunkenschalters wird beim Einsatz der sehr zuverlässigen und akkuraten hochdielektrischen Triggermodule jedoch die Lebensdauer des Schalters von der Lebensdauer des Triggersystems begrenzt. Um dieses Problem zu lösen wurden Messungen an

verschiedenen Schutzbeschaltungen durchgeführt, um die Auswirkungen selbiger auf das Schaltverhalten abzuschätzen.

K 4.4 Tue 16:30 Poster.V

Ein neues Verfahren zum Erkennen von Objekten in digitalen Bildern — ●VLADIMIR VOLKOV¹ und RUDOLF GERMER^{2,3,4} — ¹Fachbereich Radiotechnik, Bonch-Bruевич Saint-Petersburg Staats-Universität für Telekommunikation, Russland — ²TUB — ³HTW — ⁴ITP-Berlin

Das Erkennen von Objekten ist ein fundamentales Problem bei der Bildanalyse. Unser bisher vorgestelltes Verfahren zum Finden von Linien und Kanten in elektronischen Bildern zeichnet sich gegenüber konkurrierenden Verfahren dadurch aus, daß auch gestörte Linien mit Unterbrechungen als solche identifiziert werden und ihre Endpunkte sicher lokalisiert werden. Dies gestattet in einem nächsten Schritt, sich berührende oder schneidende Linien zu klassifizieren und Verwandtschaften zu definieren, so daß schließlich Objekte aus ihren Kanten gebildet werden. www.itp-berlin.de

K 4.5 Tue 16:30 Poster.V

Applications and investigations of harmonic microscopy in microfluidics — ●UWE PETZOLD, ANDREAS BÜCHEL, and THOMAS HALFMANN — Institut für Angewandte Physik, Technische Universität Darmstadt, Hochschulstraße 6, D-64289 Darmstadt, Germany

In recent years, second harmonic generation (SHG) and third harmonic generation (THG) microscopy advanced towards powerful tools for three-dimensional imaging of transparent biological samples. The basic concept of these techniques is to drive off-resonant frequency conversion processes in tightly focussed laser beams. The second and third harmonic appear only at interfaces, as the harmonics interfere destructively in the bulk medium due to the Gouy phase shift. By scanning the laser focus across the sample, we obtain a three-dimensional image. In contrast to THG, SHG occurs only at interfaces of non-centrosymmetrical media. These features make harmonic generation microscopy a valuable instrument to image interfaces, even at the boundary of two transparent or even refractive index-matched species. We present systematic experimental investigations with regard to the effects of laser polarization and interface orientation in SHG and THG microscopy. Moreover, we demonstrate novel applications of harmonic microscopy also in the strongly expanding field of microfluidics. In particular, we apply third harmonic microscopy to image the flow of immiscible fluids and to characterize the near-surface mixing of miscible, transparent (or even index-matched) fluids. No labeling, staining or resonant excitation is required to obtain high-resolution images by harmonic microscopy.

K 4.6 Tue 16:30 Poster.V

An x-ray split- and delay-unit for the European XFEL — ●SEBASTIAN ROLING, BJÖRN SIEMER, MICHAEL WÖSTMANN, FRANK WAHLERT, and HELMUT ZACHARIAS — Physikalisches Institut WWU Münster, Wilhelm-Klemm Straße 10 48149 Münster

For the European XFEL an x-ray split- and delay-unit (autocorrelator) is built covering photon energies from 8 keV up to 20 keV. The autocorrelator will enable jitter-free x-ray pump / x-ray probe experiments as well as sequential diffractive imaging [1]. Further a direct measurement of the temporal coherence properties will be possible by making use of a linear autocorrelation. The set-up is based on geometric wave-front beam-splitting, which has successfully been applied at an autocorrelator that was built for FLASH [1-3]. The x-ray FEL pulses will be split by a sharp edge of a silicon substrate coated with Mo/B4C multi-layers. Both partial beams will then pass variable delay lines. For different wavelength the angle of the multilayer-mirrors will be adjusted in order to match the reflection condition. According to this alignment the path-lengths of the beam will differ as a function of the wavelength. This results in maximum delays from ± 4 ps at 20 keV up to ± 30 ps at 8 keV.

[1] Günther et al., Nature Photonics 5, 99-102 (2011) [2] Mitzner et

al., Optics Express **16**, 19909-19919 (2008) [3] Mitzner et al., Physical Review A **80**, 025402 (2009) [4] Røling et al., Phys. Rev. ST Accel. Beams **14**, 080701 (2011)

K 4.7 Tue 16:30 Poster.V

Charakterisierung einer lasergetriebenen Femtosekunden Röntgenquelle - Zeitaufgelöste Struktur Analyse — ●FLORIAN TROMMER, JULIAN SCHAUSEIL, FLORIAN LEDERER und WOLFGANG ZINTH — Lehrstuhl für BioMolekulare Optik, Ludwig-Maximilians-Universität München, Oettingenstr. 67, 80538 München, Germany

Das Verhalten von lichtschtbaren Molekülen war bis vor Kurzem nur der sichtbaren und ultravioletten Ultrakurzzeitspektroskopie zugänglich. Dabei waren Aussagen über strukturelle Veränderungen nur indirekt und unter Zuhilfenahme von Modellen möglich. Durch die Entwicklung von lasergetriebenen Röntgenquellen ist es nun möglich Röntgenpulse, die nur ca. hundert Femtosekunden dauern zu erzeugen und Strukturänderungen direkt zu beobachten [1].

In dieser Arbeit wurde eine Strahlungsquelle aufgebaut und charakterisiert, die auf die speziellen Anforderungen zur Untersuchung komplexer Moleküle ausgerichtet wurde. Die verwendete charakteristische Strahlung von Kupfer bei 1,54 Å bietet atomare Auflösung und ist einer der Standards in der Strukturaufklärung. Um die Molekülkristalle nicht durch zu hohe UV-Anregungsleistung zu zerstören arbeitet die Anlage mit einer Repetitionsrate von 10 Hz. Das Hauptaugenmerk liegt dabei auf einem möglichst hohen Röntgenphotonenfluss pro Anregung am Ort der Probe, um auch schwache Signale verfolgen zu können.

[1] M. Braun et al., Applied Physics A, **96**(1) 107 (2009)

K 4.8 Tue 16:30 Poster.V

Carrier-Envelope-Phase Effects on High Harmonic Spectra and Photoelectron Spectra of Neon — ●CHRISTIAN SANDER, FABIAN MERSCHJOHANN, SERGEJ NEB, PETER BARTZ, CHRISTIAN STRÜBER, MATTHIAS HENSEN, NORBERT MÜLLER, WALTER PFEIFFER, and ULRICH HEINZMANN — Universität Bielefeld, Universitätsstr. 25, 33615 Bielefeld, Germany

For some time it has become feasible to generate attosecond XUV

pulses for use in photoionization and streaking experiments. Using a hollow core fiber for spectral broadening we produce sub-6 fs phase-stabilized laser pulses. The high harmonics generated from these pulses in a neon-filled nickel tube are spectrally filtered and focussed by a multilayer mirror. We have studied the dependence of high harmonic spectra on the carrier-envelope-phase (CEP). The harmonics within a large part of the spectrum are shifted and a continuum region develops in the cutoff for cosine-pulses. This effect depends on the pulse duration, the neon gas pressure and the position of the nickel tube relative to the focus. Special attention needs to be paid to the coupling of the beam into the hollow core fiber and the resulting beam profile. The spectra of the photoelectrons generated in a neon gas target by the XUV light show similar behaviour. Energy offsets induced by the IR light, i.e. attosecond streaking effects, are observed.

K 4.9 Tue 16:30 Poster.V

Intense Attosecond Pulse Trains from Relativistic Surface Plasmas — ●ARPA GALESTIAN POUR¹, JANA BIERBACH¹, CHRISTIAN RÖDEL^{1,2}, DANIEL AN DER BRÜGGE³, MARK YEUNG⁴, THOMAS HAHN⁵, BRENDAN DROMEY⁴, SVEN HERZER¹, SILVIO FUCHS¹, ERICH ECKNER¹, MIRELA CERCHEZ⁵, OLIVER JÄCKEL^{1,2}, TOMA TONCIAN⁵, DIRK HEMMERS⁵, MALTE C. KALUZA^{1,2}, GEORG PRETZLER⁵, OSWALD WILLI⁵, ALEXANDER PUKHOV³, MATTHEW ZEPF⁴, and GERHARD G. PAULUS^{1,2} — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller Universität Jena — ²Helmholtz Institut Jena — ³Institut für Theoretische Physik, Heinrich-Heine Universität Jena — ⁴Centre for Plasma Physics, Queen's University Belfast — ⁵Institut für Laser und Plasmaphysik, Heinrich-Heine Universität Düsseldorf

When ultra-intense laser pulses are focused on a solid surface, XUV attosecond pulses can be generated in the reflected light. In the relativistic regime, the high-frequency generation can often be approximately described by the so-called relativistically oscillating mirror (ROM) model. The properties of relativistic surface high harmonic generation (SHHG) have been investigated in recent experiments, e.g. divergence, polarization and efficiency of SHHG. It was found that the plasma scale length has a decisive influence on the efficiency of SHHG and the spacing of the attosecond pulse train.

K 5: Lasersysteme und -komponenten

Time: Thursday 10:30–11:30

Location: V57.04

K 5.1 Thu 10:30 V57.04

Scheibenlaser mit Neutralen Gain Modulen und resonatorinterner Wellenfrontkorrektur — ●JENS MENDE, GERHARD SPINDLER, ELKE SCHMID, JOCHEN SPEISER und ADOLF GIESEN — DLR Stuttgart, Institut für Technische Physik

Das Konzept der Neutralen Gain Module erlaubt neben der Realisierung hoher Brillanzwerte durch Skalierung des Verstärkungsfaktors insbesondere eine systematische, unabhängige Auslegung von Resonator- und Verstärkungseinheiten. Mit der Implementierung in Scheibenlasern mit bis zu vier Lasermodulen und resonatorinterner Optik zur systematischen Kompensation thermischer Linseneffekte, konnten bis zu 3 kW Ausgangsleistung mit $M^2 = 5 \dots 6$ sowie Brillanzwerte von bis zu $B = 21 \frac{\text{GW}}{\text{cm}^2 \text{sr}}$ demonstriert werden.

Aufgrund der optischen Neutralität der Gain Module und deren Implementierbarkeit in beliebige Resonatortypen, ist dieses Konzept auch auf andere Lasersysteme, wie MOPA-Systeme, im Höchstleistungsbe- reich übertragbar. Das Anwendungspotential bei weiterer Skalierung in den Bereich von Pulsenergien von einigen zehn Kilo-Joules, bzw. Leistungen im 100 kW-Bereich liegt in der Applikation von Laserstrahlung über große Distanzen von bis zu mehreren hundert Kilometern, z.B. zur Bahnbestimmung und -manipulation von Weltraumschrott oder auch im Bereich Sicherheit.

K 5.2 Thu 10:45 V57.04

Characterization of fast-switching low-dispersion MEMS-based micro-axicons for applications in ultrashort-pulse nanostructuring — ●ALEXANDER TREFFER¹, JENS BRUNNE², SUSANTA KUMAR DAS¹, MARTIN BOCK¹, HAMZA MESSAOUDI¹, ULRIKE WALLRABE², and RUEDIGER GRUNWALD¹ — ¹Max Born Institute for Nonlinear Optics and Short-Pulse Spectroscopy, Max-Born-Strasse 2a, D-12489 Berlin, Germany — ²University of Freiburg - IMTEK, Department of Microsystems Engineering, Laboratory for Microactuators, Georges-Köhler-Allee 102, D-79110 Freiburg, Germany

New types of fast-switching micro-electro-mechanical systems (MEMS) for shaping ultrashort laser pulses were developed and characterized. Conical phase structures (axicons) and prismatic mirror arrangements ("linear axicons") are used to generate Bessel-like localized waves of variable geometry. Their reflective design enables for working at high power densities and very short pulse durations in few-cycle range. In experiments with amplified Ti:sapphire laser pulses, the switching performance of the elements and the propagation characteristics of the generated quasi-nondiffracting beams were studied. The devices are capable to work at repetition frequencies of a few kHz. Proof-of-principle application experiments were started in the field of nanostructuring. First results of the laser-induced generation of sub-wavelength ripple structures in the surface of transparent materials with large electronic bandgap are reported. Further applications for ultrafast measuring techniques, nonlinear spectroscopy, and optical pumping are proposed.

K 5.3 Thu 11:00 V57.04

Aspekte des Designs und der Modellierung von Scheibenlaser- verstärkern für mehr als 10 J Pulsenergie — ●JOCHEN SPEISER — DLR, Institut für Technische Physik, Stuttgart

Festkörperlaser mit Pulsenergien im Bereich bis zu mehreren kJ wurden in den letzten Jahrzehnten bereits vielfach realisiert. Neue Entwicklungen in der Anwendung von Lasern mit hoher Pulsenergie, wie beispielsweise die Entwicklung der Laserträgheitsfusion hin zu realen Kraftwerken oder die europäische "Extreme Light Infrastructure" (ELI), erfordern Pulslaser, die neben der hohen Pulsenergie auch eine hohe Pulswiederholrate - bis hin zu kHz - bieten. Dies Forderung nach hohen Pulswiederholraten und damit auch hohen mittleren Leistungen gilt insbesondere auch für die Umsetzung von lasergetriebenen Röntgen- oder Teilchenquellen für industrielle Anwendungen.

Wesentlich für diese Steigerung der mittleren Leistung ist eine effiziente Kühlung des laseraktiven Mediums unter Beibehaltung recht großer Strahlquerschnitte. Ein mögliches Konzept hierfür ist der Schei-

benlaser, bei dem eine sehr dünne Scheibe des laseraktiven Mediums einseitig durch Kontakt mit einer Wärmesenke gekühlt wird. Skalierungsrechnungen der letzten Jahre zeigen, dass Pulsenergien von mehreren Joule mit Scheibenlaserverstärkern realisierbar sind; limitierend ist die verstärkte spontane Emission (ASE) in der Scheibe transversal zum Strahl. Bei der Optimierung des Designs ergeben sich daraus Anforderungen z.B. an die Dimensionierung der Scheibe, die sich deutlich von derzeit realisierten industriellen Scheibenlasersystemen unterscheiden.

K 5.4 Thu 11:15 V57.04

Auslegung und Charakterisierung eines druckverformbaren Spiegels für den resonatorinternen Einsatz — ●ELKE SCHMID, JOCHEN SPEISER und ADOLF GIESEN — DLR, Institut für Technische Physik, Stuttgart

Für die Entwicklung von Hochleistungslasern mit guter Strahlqualität stellt die thermische Linse ein großes Problem dar. Durch das Konzept des Scheibenlasers wird dieser Effekt zwar signifikant reduziert, aber

für hohe Brillanz ist dieser immer noch zu hoch. Ziel dieser Arbeit ist es diesen Effekt durch einen deformierbaren Spiegel resonatorintern auszugleichen. Die Grundidee stammt von einem Kupferspiegel für $10,6 \mu\text{m}$, der durch Wasserdruck so deformiert wird, dass sich die Brechkraft ändert. Die Idee der Deformation mittels Wasserdruck wurde aufgegriffen und mit einem sehr dünnen Spiegelsubstrat kombiniert. Für die Auslegung des Spiegels werden FE Simulationen gemacht und die jeweilige deformierte Form des Spiegels für verschiedene Glasdicken analysiert und die jeweils erreichbare Brechkraftvariation anhand der maximalen Bruchspannung berechnet. Basierend auf diesen Berechnungen werden die notwendigen Komponenten hergestellt und interferometrisch charakterisiert. Für den Vakuumeinsatz hat dieser so hergestellte Spiegel zwei Probleme: Zum einen wird durch den Vor- druck im Vakuum die mögliche Deformation bereits ausgereizt, zum anderen würde ein Brechen des Spiegels dazu führen, dass Wasser die Vakuumkammer flutet. Daher wird durch Materialalternativen und einer Umkonstruktion eine neue Variante entworfen, die diese beiden Probleme löst.

K 6: Laserstrahlwechselwirkung, Lasermaterialbearbeitung I

Time: Thursday 11:30–12:00

Location: V57.04

K 6.1 Thu 11:30 V57.04

Dynamics of electrons in liquid water excited with an ultrashort VUV laser pulse — ●KLAUS HUTHMACHER and BÄRBEL RETHFELD — TU Kaiserslautern, Deutschland

In this work we present the theoretical study of the interaction of an ultrashort VUV laser pulse with liquid water. For the laser pulse we assume a gaussian shape with a duration of 25fs and an average photon energy of 50 eV. These photons ionize water molecules generating free electrons, which further create secondary electrons due to ionization or interact via elastic collisions with other water molecules.

We use a kinetic Monte Carlo method to track each electron and its collisions event by event. In the first step we calculate the penetration depth of the photons. Next we evaluate the cross sections for the free electrons referring to ionization, elastic collisions and Auger recombination. Furthermore we compute mean free paths and finally we get the energy loss due to elastic collisions or the energy transfer to secondary electrons due to ionization.

As results we present time- and energetically resolved electron distributions.

K 6.2 Thu 11:45 V57.04

Modeling laser-induced dielectric breakdown: Application of the multiple rate equation — ●OLIVER BRENK and BÄRBEL RETHFELD — Technische Universität Kaiserslautern, 67663 Kaiserslautern, Germany

Material processing with ultrashort laser pulses is in the focus of experimental and theoretical research. Here the dielectric breakdown, a strong increase in the absorptivity of a former transparent dielectric, is of special interest. Due to the absorbed laser energy material modification can happen. A key player in the energy transfer from laser to lattice is the electronic system. Applying the multiple rate equation (MRE), introduced in [1], we investigate the temporal evolution of the electronic density in the conduction band. The MRE is a tool to numerically simulate the effects of ultrashort laser pulse irradiation on the electronic system of a dielectric. The inclusion of optical parameters, like surface reflectivity and refractive index, depending on the electronic density in the conduction band, enables us to investigate dielectric breakdown. Calculating the free electron density evolution during irradiation, we can trace absorption and breakdown. We follow the latter independent of the assumption of a certain critical electron density. The current implementation of the MRE includes a spatial dimension, thus we can estimate up to which depth breakdown occurs.

[1] B. Rethfeld. Phys. Rev. Lett., 92:187401, 2004.

K 7: Laseranwendungen und Lasermaterialbearbeitung II

Time: Thursday 14:00–15:15

Location: V57.04

K 7.1 Thu 14:00 V57.04

Plasma characterization for direct composition analysis with laser-induced breakdown spectroscopy — ●JOHANNES HEITZ, JOHANNES D. PEDARNIG, and PHILIPP KOLMHOFER — Christian Doppler Laboratory for Laser-Assisted Diagnostics, Johannes Kepler University Linz, A-4040 Linz, Austria

Laser-induced breakdown spectroscopy (LIBS) is an attractive method for fast and quantitative composition analysis that can be employed for many different materials, for instance multi-element oxides or polymers. Important parameters for quantitative analysis can be obtained directly from line intensities and line profiles in the LIBS plasma. For UV-VIS LIBS analysis of industrial slag materials from steel production, the Te values are estimated via Saha-Boltzmann plots of neutral and singly ionized calcium and titanium spectral lines. We are then able to determine the major oxide components by a calibration-free (CF) approach with relative errors below 15 % [1]. We also present LIBS investigations of polyethylene (PE) by evaluation of spectra in the VUV spectral range down to 115 nm [2].

[1] B. Praher, V. Palleschi, R. Viskup, J. Heitz, J.D. Pedarnig: Spectrochimica Acta Part B 65, 671 - 679 (2010). [2] J. Jasik, J. Heitz, J.D. Pedarnig, P. Veis: Spectrochimica Acta Part B 64, 1128 - 1134 (2009).

K 7.2 Thu 14:15 V57.04

Strukturierung und Analyse dünner Schichten mittels laserinduzierter Plasmaspektroskopie — ●CHRISTIAN BERESKO, CHRISTIAN SILBERNAGEL, PETER KOHNS und GEORG ANKERHOLD — RheinAhrCampus Remagen, University of Applied Sciences Koblenz, Suedallee 2, 53424 Remagen

Unter der laser-induzierten Plasmaspektroskopie (LIBS) versteht man ein schnelles, berührungsfreies, minimal zerstörendes Verfahren der optischen Materialanalyse, das das charakteristische spektrale Leuchten einer lasergenerierten Mikro-Plasmaquelle auswertet. Gleichzeitig ist damit auch eine Laser-Mikrostrukturierung dünner Schichten möglich. Wir zeigen an ausgewählten Schichtsystemen wie Indium-Zinn-Oxid (ITO), dass die Kombination beider Verfahren über eine semi-quantitative Analyse das gesteuerte Abtragen und damit die gezielte Strukturierung der Schichten erlaubt. Mögliche eingelagerte Verunreinigungen können dabei sicher detektiert werden.

Bei den Untersuchungen wurden verschiedene LIBS-Systeme eingesetzt, unter anderem ein selbstentwickeltes, vollständig fasergeführtes kompaktes System mit geringer Pulsenergie und hoher Repetitionsrate.

Gefördert durch die Stiftung Rheinland-Pfalz für Innovation

K 7.3 Thu 14:30 V57.04

Ripple-Bildung mittels Femtosekundenlaserstrahlung auf Oberflächen von Metallen, Hartstoffen und superharten, wasserstofffreien, amorphen Kohlenstoffschichten — ●ANDY ENGEL, MANUEL PFEIFFER, STEFFEN WEISSMANTEL und KATJA GÜNTHER — Hochschule Mittweida, Technikumplatz 17, 09648 Mittweida, Germany

Es werden Ergebnisse von Untersuchungen zur Ripple-Bildung auf Metallen, Hartstoffen und superharten, wasserstofffreien, amorphen Kohlenstoffschichten durch Bestrahlung mit Ultrakurzpuls-Laserstrahlung präsentiert. Für die Untersuchungen stand eine Femtosekundenlaseranlage mit einem integrierten Clark-MXR CPA 2010 (Lasersystem: Wellenlänge 775 nm bzw. 387 nm, Repetitionsrate 1 kHz, maximale Pulsenergie 1 mJ @ 775 nm, 0,38 mJ @ 387 nm, Pulsdauer 150 fs) zur Verfügung. Ziel dieser Studie war es, die Ripple-Eigenschaften in Abhängigkeit von den Laserparametern zu untersuchen und mögliche Anwendungsgebiete in der Praxis zu finden. Hierfür wurden Untersuchungen durchgeführt, um großflächig Ripple-Strukturen zu erzeugen, ohne dabei einen merklichen Materialabtrag zu generieren. Es wird außerdem gezeigt, wie die Ripple-Periode durch Variation des Einfallswinkels und der Wellenlänge verändert werden kann. Als Anwendungsbeispiel wurde die Verbesserung des Reibungs- und Verschleißverhaltens von tribologisch beanspruchten Oberflächen (von Wolframcarbid-Hartmetall- und ta-C-beschichteten Stahlproben) durch eingebrachte Ripple-Strukturen untersucht.

K 7.4 Thu 14:45 V57.04

Stability Limits of Laser Drilled Hole Arrays on Large Areas — ●NELLI HAMBACH, CLAUDIA HARTMANN, JENS HOLTkamp und ARNOLD GILLNER — Fraunhofer Institut für Lasertechnik ILT, Steinbachstr. 15, 52074 Aachen

Das Bohren von großflächigen Mikrolochrastern mit Kurzpulslasern ist eine vielversprechende Technologie zur Herstellung von Filtern mit definierter Porengröße und -konzentration. Ein hoher Perforationsgrad, sowie hohe Qualitätsanforderungen an Rundheit und Durchmesser der

Bohrlöcher sind die größten Herausforderungen. Das Ziel ist es einen möglichst hohen Perforationsgrad bei gleichzeitig runden und gleichgroßen Bohrungen zu erreichen. Die sich aus dem Prozess ergebende Variation der Bohrlochgröße und -rundheit und die damit verbundene Prozessstabilität werden hier präsentiert. Zum Bohren von 50µm dicken Aluminiumfolie wird ein ns gepulster Laser mit einer Wellenlänge von 355 nm eingesetzt. Verschiedene Bohrstrategien werden mit Blick auf Rundheit, Bohrungsdurchmesser der einzelnen Löcher und Wärmeeinfluss untersucht. Die Bohrungsqualität nimmt dabei bei abnehmendem Durchmesser und Lochmittenabstand ab. Gründe hierfür können zum einen ein thermischer Effekt zum anderen eine Laserstrahlsschwankung sein. Beide Effekte sind gerichtet und unabhängig voneinander. Durch eine gezielte Überlagerung beider Effekte kann die Summe der Effekte minimiert und somit die Bohrungsrundheit gesteigert werden.

K 7.5 Thu 15:00 V57.04

Trennung von Ca-Kolloid- und M_{Na} -Absorptionsbanden in einkristallinem Kalziumfluorid mittels fs-Laserdiagnostik — ●THOMAS ZEUNER¹, WOLFGANG PAA¹, WOLFGANG TRIEBEL¹, CHRISTIAN MÜHLIG¹ und HERBERT STAFAST^{1,2} — ¹Institut für Photonische Technologien, Jena, Deutschland — ²Friedrich-Schiller-Universität, Jena, Deutschland

In einkristallinem Kalziumfluorid (CaF₂) bildet sich unter Langzeitlaserbestrahlung bei 193 nm (ArF Laser) eine breite Absorptionsstruktur im Bereich von 450 bis 700 nm aus. Es wird gezeigt, dass diese Struktur eine Überlagerung zweier Absorptionsbanden ist, die unterschiedlichen Defekten zugeordnet werden. Die Absorptionsbande mit ihrem Maximum bei 530 nm stammt von Ca-Kolloiden, für welche die charakteristische Lebensdauer des angeregten Elektronengases der Metallnanopartikel im ps-Zeitbereich mittels fs-pump-depletion-Spektroskopie nachgewiesen wird. Der Ursprung der zweiten Absorptionsbande bei 600 nm wird mittels laserinduzierter Floreszenz Anregungsspektroskopie, Emissionswellenlänge und der charakteristischen Lebensdauer von 22 ns den MNa-Zentren zugeordnet. Durch geeignet gewichtete Überlagerung dieser Absorptionsbanden von beiden Defekten lässt sich die breite Absorptionsstruktur sehr gut reproduzieren.

K 8: Poster II

Time: Thursday 16:30–18:30

Location: Poster.V

K 8.1 Thu 16:30 Poster.V

Design considerations for argon excimer laser produced in a discharge using plasma electrodes — ●NORBERT BÖWERING — Ringstr. 21, 33619 Bielefeld, Germany

The design of a discharge-produced vacuum ultra-violet argon excimer laser at 126 nm is discussed. In this case study, system operation should be done with purified argon in a cooled high-pressure vessel at densities above $4 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ with deposited energies of about 1 J cm^{-3} into an excitation volume of $\sim 10 \text{ cm}^{-3}$. A modified corona-discharge triggered cooled spark gap may serve as main switch. Streamer-free homogeneous discharges can be obtained by means of ceramic-enclosed plasma electrodes. Charge transfer of 10 J of stored energy via pulse-shaping in a high-voltage, low-inductance peaking circuit enables the required ultrafast current rise time. A damage-resistant optical configuration with conditioned optics consisting of high-reflector, output coupler and transmission window is proposed. At realistic conversion efficiencies, generation of laser pulses with few ns duration and energies of above 10 mJ/pulse can be expected.

K 8.2 Thu 16:30 Poster.V

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 er-

höht werden. Da die verschiedenen Anregungsprozesse im Festkörper zeitlich voneinander getrennt sind [2], kann die Dynamik dieser Prozesse durch die Anwendung zeitlich geformter fs-Laserstrahlung (Doppelpulse) gezielt angesprochen werden. Der Einfluss der Verzögerungszeit auf das LIBS-Signal wurde über einen großen Zeitbereich von 100 fs bis hin zu mehreren ns untersucht. Es konnte an Aluminium ein um eine Größenordnung höheres Signal erzielt werden. Darüber hinaus wird der Einfluss der Intensitätsverhältnisse zwischen beiden Laserpulsen diskutiert und Analysen der Ablationsstrukturen (via Rasterkraft- (AFM) und Rasterelektronenmikroskopie (REM)) gezeigt.

[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 8.3 Thu 16:30 Poster.V

On ripple formation in various metals and super-hard tetrahedral amorphous carbon films in consequence of femtosecond laser irradiation — ●ANDY ENGEL, MANUEL PFEIFFER, STEFFEN WEISSMANTEL, and KATJA GÜNTHER — Hochschule Mittweida, Technikumplatz 17, 09648 Mittweida, Germany

Ripple formation in consequence of ultrashort laser pulse irradiation of materials is a well-known phenomenon. We have investigated the formation of ripples in various metals, i.e. steel, tungsten carbide hard metal, as well as in superhard ta-C films, where we used femtosecond laser pulses of 775 nm and 387 nm mean wavelength and 150 fs pulse duration. The aim was to investigate how the ripple parameters depend on irradiation parameters, and if such ripples have a potentiality for applications. In the paper, we will show that on smooth surfaces the ripple orientation is perpendicular to the electric field vector of the linearly polarized laser beam, as is well-known. Moreover, it will be shown that the ripple period decreases with decreasing laser wavelength and/or increasing angle of incidence of the laser beam on the substrate. By using optimum parameters large areas of the materials and films can be rippled swiftly, which would be important for applications. For instance, we investigated their use as diffraction gratings

for the generation of optical effects. The improvement of frictional and wear behavior of tribologically stressed surfaces by ripples was investigated on ta-C coated steel surfaces.

K 8.4 Thu 16:30 Poster.V

Temporal femtosecond pulse tailoring to control the ionization mechanisms in high band gap materials — CRISTIAN SARPE, •NADINE GÖTTE, JENS KÖHLER, THOMAS WINKLER, MATTHIAS WOLLENHAUPT, and THOMAS BAUMERT — Universität Kassel, Institut für Physik und CINSaT, Heinrich-Plett-Str. 40, D-34132 Kassel, Germany

The generation of high density free electron plasma is the first step in the laser ablation of dielectric materials. We have shown that tailored ultrashort laser pulses are suitable for robust manipulation of optical breakdown, increasing the precision of ablation one magnitude order below the optical diffraction limit [1, 2]. Here we present our studies to investigate the dynamics of the free electron plasma created by bandwidth limited and shaped femtosecond laser pulses in a thin water jet. By using an extremely stable common path spectral interferometer the phase shift and the contrast of the interference fringes produced between a reference and a probe pulse give accurate information about the density of the plasma and its absorption coefficient. The experimental data are in good agreement with simulation, which are based on a numerical solution of a rate equation of the free electron density [3]. Our measurements directly prove that asymmetric temporal shaped pulses can control the ionization mechanism through which the free electrons are generated in high band gap transparent dielectrics.

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

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

[3] J. Noack and A. Vogel IEEE J. of Quant. El. 35, 1156 (1999)

K 8.5 Thu 16:30 Poster.V

Femtosecond laser pulse interaction with hydrogenated amorphous silicon (a-Si:H) thin films — •BABAK SOLEYMANZADEH¹, CHRISTOF NEUMANN¹, CHRISTIAN STRÜBER¹, MATTHIAS HENSEN¹, PAVEL PRUNICI², ANDREAS GONDORF², HELMUT STIEBIG^{1,2}, and WALTER PFEIFFER¹ — ¹Physik Fakultät, Universität Bielefeld, Universitätsstraße 25, 33615 Bielefeld — ²Malibu GmbH & Co. KG, Böttcherstraße 7, 33609 Bielefeld

Femtosecond laser pulse interaction with thin films of hydrogenated amorphous silicon (300nm thickness) is investigated. Amplified ultrashort laser pulses (from 0.04mJ to 0.13mJ pulse energy, 800nm centre wavelength, 40fs pulse duration) are focussed onto the surface either using a parabolic mirror or a lens leading to focus diameters of 15 μ m and 105 μ m, respectively. The laser treated spots are analyzed by optical microscopy (OM), scanning electron microscopy (SEM), Raman spectroscopy, and height profilometry. The ablation threshold increases significantly with focus diameter from $< 300\text{mJcm}^{-2}$ for the small focus diameter to $>400\text{mJcm}^{-2}$ for the large one. Well below the ablation threshold the recrystallization of the amorphous layer and a significant surface swelling is observed. Applying the same total fluence distributed on two consecutive pulses (1ms separation) also changes the ablation behavior. The laser induced surface swelling and the topography of the ablation spots indicate that the laser induced release of hydrogen strongly influences the ablation dynamics.