

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.