

P 22: Poster

Zeit: Donnerstag 16:30–18:30

Raum: Poster A

P 22.1 Do 16:30 Poster A

Zeit- und orts aufgelöste Untersuchung laserinduzierter Plasmen beim präzisen Mikro-Materialabtrag mit Pulsgruppen — ●CHRISTOPH GEHLEN, ÜMIT AYDIN und REINHARD NOLL — Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT), Steinbachstr. 15, 52074 Aachen, Germany

Ziel der Untersuchungen ist es, die Effizienz der Laser-Mikro-Materialbearbeitung von Eisenwerkstoffen zu erhöhen. Die mittlere Abtragsrate und die Qualität dieses Prozesses sollen gesteigert werden, wobei der Anteil der wiedererstarteten Schmelze reduziert werden soll. Zusätzlich wird das während des Bearbeitungsprozesses entstehende laserinduzierte Plasma untersucht, um mögliche Korrelationen zwischen dem vom Plasma emittierten Spektrum und dem Volumenabtrag zu ermitteln. Durch eine fundierte Kenntnis der Abtragsdynamik sollen die bestehenden Prozessgrenzen erweitert werden. Ein neuer Ansatz beruht auf der Verwendung maßgeschneiderter Laserpulszüge (Laserbursts), mit denen der Materialabtrag erhöht werden soll, ohne die mittlere Laserleistung zu steigern. Laserspektroskopische Untersuchungen werden mit Laserimpulsgruppen aus bis zu drei Pulsen durchgeführt und Effekte der Gesamtburstenergie, des Energieverhältnisses der Pulse zueinander sowie der Interpulsabstände untersucht. Das während des Bearbeitungsprozesses entstehende, laserinduzierte Plasma wird spektroskopisch zeit- und orts aufgelöst detektiert und Plasmaparameter, wie charakteristische Elektronenanregungstemperatur und Elektronendichte, bestimmt.

P 22.2 Do 16:30 Poster A

Röntgenspektroskopie an hochgeladenen Schwerionen an der GSI, Darmstadt — ●ALEXANDER MAYR¹, JOACHIM JACOBY¹, THOMAS KÜHL², PAUL NEUMAYER², OLGA ROSMEJ², DANIEL URESCU² und BERNHARD ZIELBAUER² — ¹Institut für Angewandte Physik, J.W. Goethe-Universität, Frankfurt am Main — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt

Im Rahmen des PHELIX Laser Projekts an der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), Darmstadt wird zur Zeit ein 13,5 nm Röntgenlaser erzeugt, der bislang vom 10 J-Vorverstärker gepumpt wird. Mit Hilfe des Röntgenlasers soll Spektroskopie an hochgeladenen Schwerionen durchgeführt werden, die aus dem Experimentierspeicherring ESR an der GSI bis hin zu Uran zur Verfügung stehen. Diese Kombination aus Schwerionenstrahl und Röntgenlaser erlaubt eine genaue spektroskopische Bestimmung der quantenmechanischen Zustände von Atomkernen und ermöglicht damit den Vergleich dieser Messung mit theoretischen Vorhersagen. Dies wird ermöglicht durch die Spektroskopie an extrem hochgeladenen (Li-ähnlichen) Ionen, für die die Theorie ausreichend genaue quantenelektrodynamische Modelle liefert.

Der Beitrag beschäftigt sich mit der Realisierung des experimentellen Konzepts sowie dem aktuellen Stand der Arbeiten am Röntgenlaser und der zugehörigen Detektorentwicklung.

P 22.3 Do 16:30 Poster A

UV Excimer Laser Pumped with Heavy Ion Beam — ●ALEKS ADONIN¹, VLADIMIR TURTIKOV^{1,2}, ALEXANDER GOLUBEV², DIETER H. H. HOFFMANN^{3,5}, JOACHIM JACOBY¹, ALEXANDER HUG⁵, JURIJ MENZEL⁵, SERBAN UDREA⁵, ANDREAS ULRICH⁴, DMITRY VARENTSOV⁵, and JOCHEN WIESER⁶ — ¹Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main, Germany — ²Institute for Theoretical and Experimental Physics (ITEP), Moscow, Russia — ³Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI), Darmstadt, Germany — ⁴Technische Universität München (TUM), Garching, Germany — ⁵Technische Universität Darmstadt (TUD), Germany — ⁶Coherent GmbH, München, Germany

In December 2005 the first successful operation of an UV excimer laser pumped with heavy ion beam was demonstrated at GSI, Darmstadt. The well known KrF* excimer laser line at $\lambda = 248$ nm has been chosen for the first experiment, because the wavelength is rather short, but it is still in the range of usual optical diagnostic tools and the emitted light can propagate in air without strong attenuation. Pulses of cooled, bunch compressed (110 ns FWHM) U+73 beam with a particle energy of 250 MeV/u and with intensity up to $2,5 \times 10^9$ particles were focused into 1,3 m long laser cell along the cavity. Excimer mixture of Ar-Kr-F2 has been used as a laser gas at pressures 1,2 - 2 bar. As a main

result of the experiment the laser effect of the 248 nm KrF* excimer emission has been obtained and proved. In summary we have demonstrated that the pumping power of the heavy ion beams at GSI is now good enough to pump short wavelength lasers. Further experiments are scheduled to extend the laser wavelength into the VUV range at λ less than 200nm.

P 22.4 Do 16:30 Poster A

Ionization dynamics in nanoplasmas interacting with intense laser fields — ●THOMAS BORNATH¹, PAUL HILSE², and MANFRED SCHLANGES² — ¹Institut für Physik, Universität Rostock, 18051 Rostock — ²Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17487 Greifswald

The interaction of intense laser fields with clusters is investigated theoretically using the nanoplasma model. Motivated by recent experiments with dual pulse excitation, special attention is directed on the ionization dynamics. The yield of highly charged ions is sensitive to the delay between the two pulses which is connected with resonance phenomena in the excitation. The inclusion of screening effects into the description of ionization processes leads in the calculation to increased yields of highly charged ions. There is also an influence on the dynamics of the laser cluster interaction, e.g., on the description of temperature, expansion velocity and changes in the optimal delay times.

This work was supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft in SFB 652 "Strong correlations and collective phenomena in radiation fields: Coulomb systems, clusters and particles".

P 22.5 Do 16:30 Poster A

Study of high density plasmas driven by 10-fs laser pulses via XUV spectroscopy — ●MIRELA CERCHEZ, JENS OSTERHOLZ, and OSWALD WILLI — Heinrich Heine University, Dusseldorf, Germany

High density plasmas produced by interaction of short laser pulses with solid targets represent a large interest for fundamental physics studies and applications. High contrast sub-10 fs laser pulses, with intensities up to 10^{16} W*cm⁻², have been focused on different low Z solid targets. Time integrated K shell emission plasma spectroscopy has been used to record the series limits for H-like and He-like resonance lines of carbon, boron nitride and lithium fluoride. The limits are explained by pressure ionization, a typical effect of high density plasmas. In addition, experimental investigations of plasma emission created by laser pulses onto lithium fluoride targets coated with aluminum have been performed. Time dependent synthetic spectra have been simulated in order to analyze the temporal evolution of the resonance emission lines starting from close to solid density and have been compared with the experimental results. The analysis indicates that close to solid density plasmas with very steep density gradients are produced.

P 22.6 Do 16:30 Poster A

Time-resolved proton probing of laser-induced front and rear side plasma expansion phenomena — ●MUNIB AMIN¹, MARCO BORGHESI², CARLO CECCHETTI², JULIEN FUCHS³, MIKHAIL KALASHNIKOV⁴, PETER VIKTOR NICKLES⁴, ARIANE PIPAHL¹, GERD PRIEBE⁵, ENRICO RISSE⁴, WOLFGANG SANDNER^{4,6}, MATTHIAS SCHNÜRER⁴, THOMAS SOKOLLIK⁴, SARGIS TER-AVETISYAN⁴, TOMA TONCIAN¹, PUTHENPARAMPIL WILSON², and OSWALD WILLI¹ — ¹Heinrich-Heine-Universität, 40225 Düsseldorf, Germany — ²School of Mathematics and Physics, The Queen's University, Belfast BT7 1NN, UK — ³Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intenses, 91128 Palaiseau, France — ⁴Max-Born-Institut, Max-Born-Str. 2a, 12489 Berlin, Germany — ⁵CCLRC Daresbury Laboratory, Warrington, Cheshire, WA4 4AD, UK — ⁶Technische Universität Berlin, Straße des 17. Juni 135, 10623 Berlin, Germany

Plasma expansion on targets irradiated by a short pulse high power laser has been the subject of many recent investigations. However, a special phenomenon that can be observed on the surface of laser-irradiated metal foils has gained only little attention yet. It covers an area of several square millimetres and is accompanied by strong transient electric fields (up to ca. 10^8 V/m) that are able to displace high energetic protons on a picosecond time scale. In our experiments we used slightly bent foils and metal foil cylinders of a small diameter (ca. 800 microns) as targets. Laser accelerated protons were used to probe

the spatial and temporal evolution of the electric fields on the surface. The time-dependent electric field distribution was modelled by a particle tracing program. A variation of the simulation field parameters allowed for a fit to the experimental data.

P 22.7 Do 16:30 Poster A

SPIDER als Instrument zur Untersuchung der Laser-Plasma-Wechselwirkung an Gasjet-Targets im sub 10fs Regime — ●THOMAS FISCHER, RALPH JUNG, JENS OSTERHOLZ, GEORG PRETZLER und OSWALD WILLI — ILPP, HHU-D'dorf, Universitätsstr. 1, Geb. 25.33.02, 40223 D'dorf

Die Wechselwirkung von Laserpulsen im Bereich von 30-100fs ist mittlerweile verhältnismäßig gut verstanden, bei Pulsdauern unterhalb von 10fs jedoch, wo das elektrische Feld nur noch wenige Schwingungen ausführt und sehr große Intensitätsgradienten auftreten, sind neue Effekte zu beobachten. Um einen tieferen Einblick in die Prozesse der Laserplasmawechselwirkung im sub 10fs Regime zu erhalten, ist eine komplette Beschreibung des Laserpulses vor und nach der Wechselwirkung eine wichtige Voraussetzung. Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit wird erstmals gezeigt, dass solche Daten experimentell mittels SPIDER-Messungen gewonnen werden können. Durch Messungen im Frequenzraum erhält man eine komplette Charakterisierung (Amplitude und Phase) des Pulses vor und nach dem Plasmadurchgang. Durch Differenzmessungen ist es so möglich, den Einfluss des Plasmas direkt zu bestimmen; des weiteren können nach dem Übergang in die Zeitdomäne sowohl die durch die Wechselwirkung mit dem Plasma entstandenen Änderungen des zeitlichen Intensitäts- als auch des Frequenzverlaufs (Chirp) untersucht werden. Die hier vorgestellten Messungen wurden mit einem Ti:Sa@800nm-Laser an Gasjets (He, Ne, N₂, Ar) bei Neutralteilchendichten von 0 bis 1e20 cm⁻³ (~4bar) durchgeführt. Dabei lag die Intensität des ca. 10fs langen Pulses im Fokus bei etwa 1e16 W/cm².

P 22.8 Do 16:30 Poster A

Eine nukleardiagnostische Methode zur Bestimmung der Intensität relativistischer Laserplasmen — ●MARC GÜNTHER^{1,2} und MARKUS ROTH^{1,2} — ¹Institut für Kernphysik der TU Darmstadt — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt

Es wird eine Methode zur Bestimmung der Peak-Intensität eines 100 TW Lasersystems vorgestellt. Dieses 100 TW Kurzpulslasersystem ist ein Projekt des VIPBUL (Virtual Institute of generation of intense particle beams by ultra-intense laser fields) an der GSI in Darmstadt.

Mittels nukleardiagnostischer Verfahren soll der Bereich der Heißen Elektronen untersucht und die dafür verantwortliche fokale Intensität bestimmt werden. Der Laserpuls wechselwirkt mit einem Festkörpertarget. In dem interessierenden Bereich des sich ausbildenden relativistischen Laserplasmas können die Elektronen Energien erreichen, die nach Bremsstrahlungsprozessen hochenergetische Bremsstrahlung erzeugen, die die Schwelle für Photonuklearreaktionen übersteigt.

Eine zentrale Rolle in der hier verwendeten Nukleardiagnostik werden die (gamma,n)-Reaktionen spielen. Über diese Aktivierungsexperimente soll die Energieverteilung der Heißen Elektronen effizient rekonstruiert werden. Es wird das Monte-Carlo-Simulationssystem GEANT4 eingesetzt. Zur Ermittlung der Intensität werden PIC-Codes verwendet.

Der derzeitige Stand der Forschung und das verwendete Lasersystem werden vorgestellt.

P 22.9 Do 16:30 Poster A

Monoenergetic Proton Beams from a Laser Plasma Accelerator — ●OLIVER JÄCKEL¹, SEBASTIAN PFOTENHAUER¹, JENS POLZ¹, KAY-UWE AMTHOR¹, HEINRICH SCHWOERER¹, WOLFGANG ZIEGLER¹, KEN LEDINGHAM², TIMUR ESIRKEPOV³, and ROLAND SAUERBREY⁴ — ¹Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, Germany — ²Department of Physics, University of Strathclyde, Glasgow G4 ONG, UK — ³Kansai Research Establishment, JAERI, Kizu, Kyoto, 619-0215, Japan — ⁴Forschungszentrum Dresden, POB 510119, 01314 Dresden, Germany

The rapid progress in the field of laser particle acceleration has stimulated a wide debate about the perspectives of laser driven particle sources. The acceleration of MeV-protons from thin foil targets is well understood and depends strongly on various laser and target parameters, such as foil thickness, pulse duration and pulse contrast.

Up to this point, the pursuit of any application has been restricted by the inevitably broad energy distribution of the generated protons beams. In recent experiments, special target geometries were applied

to produce monoenergetic proton and ion beams for the first time. We demonstrate how with the help of laser ablation on a microstructured foil surface it is possible to improve the acceleration process substantially and create reliably high quality proton beams with narrow energy distribution. Monoenergetic proton beams with peak energies at about 2 MeV and less than 10% energy bandwidth were achieved, containing about 10⁹ protons per laser shot. The reproducibility of the monoenergetic spectra exceeds 80%.

P 22.10 Do 16:30 Poster A

Shift of Cl K-lines in laser produced dense plasmas — ●ANDREA SENGEBUSCH¹, SIEGFRIED GLENZER², ANDREA KRITCHER³, HEIDI REINHOLZ¹, and GERD ROEPKE¹ — ¹Institute of Physics, University of Rostock, D-18051, Rostock, Germany — ²Lawrence Livermore National Laboratory, L-399, PO Box 808, Livermore, CA94551, USA — ³Nuclear Engineering Department, University of California Berkeley, Berkeley, CA94709, USA

The features of chlorine K-lines have been investigated to develop X-ray probes for Compton scattering on warm dense plasmas. The shapes of these spectral lines have been studied at different laser energies by irradiation of thin saran foils by an intense ultra-short-pulse laser beam. The observed positions of K_α and K_β lines undergo a red shift due to a laser induced plasma environment. With increasing intensities the shift changes direction and turns into a blue shift caused by a higher contribution of K-transitions occurring in further excited or ionized atoms. A theoretical approach based on the self-consistent ion-sphere model is outlined to describe this inversion. Plasma polarization effects are taken into account as well as different ionization stages of the X-ray emitter within a warm dense plasma. Calculations using an improved ion-sphere ansatz show good agreement with observations of the line shifts.

P 22.11 Do 16:30 Poster A

Zeitaufgelöste Emissionsspektroskopie an Mikroplasma-Arrays — ●JOCHEN WASKÖNIG¹, VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN¹, JÖRG WINTER¹, GARY. EDEN² und SUN-JIN PARK² — ¹Ruhr-Universität Bochum, Institut f. Experimentalphysik II, 44780 Bochum — ²University of Illinois, Urbana, Illinois 61801, USA

Hier stellen wir erste emissionsspektroskopische Untersuchungen an Mikroplasma-Arrays vor. Die Arrays wurde von der Gruppe von G. Eden [1] zur Verfügung gestellt und bestehen zum Beispiel aus 50 · 50 pyramiden-förmigen Mikroentladungen von jeweils 50 μm Kantenlänge, die parallel geschaltet sind. Als Trägergas werden Edelgase insbesondere Argon, Helium und Neon nahe Atmosphärendruck untersucht. Die μ-Plasma-Arrays werden mit Leistungen von ca. 10 W bei Anregungsfrequenzen im Bereich von 20 kHz betrieben. Untersucht werden insbesondere die zeitabhängigen Reaktionen der Emission auf unterschiedliche Anregungsformen (Sinus, Dreieck, Rechteck). Die Analyse der elektrischen Signale erlaubt im Vergleich mit phasenaufgelöster Emissionsspektroskopie (PROES) mit einer Zeitauflösung bis hinab zu 5 ns die Untersuchung dynamischer elektronischer Anregungsvorgänge im Inneren von Mikroplasmen.

[1] J G Eden and S-J Park, Plasma Phys. Control. Fusion 47 (2005) B83 - B92

P 22.12 Do 16:30 Poster A

Drift and confinement in a magnetic neutral loop discharge — ●DRAGOS LIVIU CRINTEA¹, DEBORAH O'CONNELL¹, TATSUO ISHIJIMA², TIMO GANS³, and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, CPST, Ruhr-University Bochum, Germany — ²Department of Electrical Engineering and Computer Science Nagoya University — ³Centre for Plasma Physics, Queens University Belfast, Northern Ireland

Rapid developments in etching and deposition processes used in the semiconductor industry are requiring new high-density plasma sources, operating at low pressures. One such discharge is the Neutral Loop Discharge (NLD). Although this discharge has been applied successfully in industry, few studies have been conducted to understand the plasma production mechanisms, or other phenomena that occur in magnetically enhanced plasma discharges. An inductively coupled NLD plasma reactor was designed to allow diagnostic access to the main plasma production region. Investigations have been carried out by Thomson scattering, Langmuir probe and Phase Resolved Optical Emission Spectroscopy. From the combination of these measurements it can be concluded that the electrons are rotating around the discharge axis while at the same time a strong pressure gradient is build up radially that

is not compensated by an ambipolar field. The observed rotation is caused by the diamagnetic drift. This drift in the toroidal direction and the reduced transport perpendicular to the magnetic field is directly related and the measurements support consistently this interpretation. This work is supported in the framework of SFB 591, GK 1051

P 22.13 Do 16:30 Poster A

Phase and space resolved measurements of electric fields and excitation dynamics in the sheath region of a capacitively coupled radio-frequency discharge — ●JULIAN SCHULZE¹, TOBIAS KAMPSCHULTE², BRIAN HEIL¹, DIRK LUGGENHÖLSCHER¹, MARK BOWDEN³, and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — ²Institute for Applied Physics, University Bonn — ³The Open University, Milton Keynes

The electric field in the boundary sheath of discharges is a key parameter for understanding the structure and dynamics of both electrons and ions. The spatial and temporal evolution of the sheath within one RF-cycle is the cause for the generation of high energetic, directed electrons at the sheath edge, that penetrate into the plasma. These electrons are essential for ionisation and heating phenomena. Knowledge of the field allows the determination of e.g. voltages, charge densities and currents. Electric fields can be measured directly by Fluorescence-Dip Spectroscopy (FDS). Here the technique is applied for the first time to krypton as a probe gas. Measurements at different powers and pressures with high temporal and spatial resolution on a nanosecond and sub mm scale respectively are presented. Furthermore, the effect of the evolution of the sheath within one RF-cycle in terms of the excitation, caused by high energetic electrons, is investigated by Phase Resolved Optical Emission Spectroscopy (PROES). The synergistic effect of both diagnostics yields a better understanding of heating phenomena in CCRF discharges. The experimental results are compared to numerical simulation.

P 22.14 Do 16:30 Poster A

Numerical and Experimental Investigations of the RF Plasma Boundary Sheath — ●BRIAN HEIL¹, JULIAN SCHULZE¹, THOMAS MUSSENBRÖCK², RALF PETER BRINKMANN², DIRK LUGGENHÖLSCHER¹, and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum, Institut für Experimentalphysik V, Gebäude NB 05/692, D-44780 Bochum, Deutschland — ²Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Gebäude IC-FO, Etage 05, D-44780 Bochum, Deutschland

A numerical model has been developed as a tool to study the dynamics of electrons in the RF Plasma boundary sheath. A fluid module is first used to calculate the time-dependant electric field and particle densities in the sheath. The electric field from this module is then used by an electron Monte-Carlo simulation, which calculates the time-dependant Electron Velocity Distribution Function (EVDF). For the verification of the model and its results, a comparison with experimental results is made using several different diagnostics. Fluorescence Dip Spectroscopy (FDS) will be used to measure the time-dependant electric field directly, the time dependant spectral emissions in the sheath will be compared against emissions calculated using the EVDF, and the EVDF will be compared against Langmuir probe measurements. This research has been supported by: SFB 591, GK 1051.

P 22.15 Do 16:30 Poster A

Gleichstromgetriebene Atmosphärendruck-Plasmajet-Quelle: Zündverhalten und Plasmacharakterisierung — ●DAMIAN DUDEK¹, NIKITA BIBINOV², JÜRGEN ENGEMANN¹ und PETER AWAKOWICZ² — ¹Forschungszentrum für Mikrostrukturtechnik-fmt, Universität Wuppertal, Rainer-Gruenter-Strasse 21, 42119 Wuppertal — ²Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Universität Bochum, 44780 Bochum

Eine glimmähnliche DC-Entladung unter Atmosphärendruck erzeugt mit einer Hochspannungsquelle wird durch eine adäquate Geometrie als Plasmastrahl aus einer Düse getrieben. Um das Zündverhalten zu untersuchen werden Messungen der Zündspannung und Simulation der elektrischen Feldstärke im stark inhomogenen elektrischen Feld dargestellt. Die Absenkung der Zündspannung durch Variation der Geometrie zeigt sich anhand des Vergleiches mit dem Townsendmechanismus im homogenen elektrischen Feld. Zwei unterschiedliche nicht-invasive Messmethoden der Temperaturmessung in Abhängigkeit der eingespeisten elektrischen Leistung geben Auskunft über die Gastemperatur des Plasmastrahls. Der Temperaturbereich ($550\text{K} < T_{gas} < 1000\text{K}$) im aktiven Bereich der Entladung an der Kathode korreliert gut mit den beiden Messmethoden. Die Temperaturen auf einer Substratoberfläche außerhalb der Quelle liegen zwischen 30 und 95°C. Die Produk-

tion von unterschiedlichen Gasspezies und deren Fluss wird mittels der optischen Emissionsspektroskopie analysiert. Die Arbeiten an beiden Instituten werden durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Graduiertenkollegs 1051 gefördert.

P 22.16 Do 16:30 Poster A

Plasma Bullets: Dynamik eines Atmosphärendruckplasmajets — ●INGO WEGENER, ROLF SAUERBIER, ALBRECHT BROCKHAUS und JÜRGEN ENGEMANN — Forschungszentrum für Mikrostrukturtechnik *fmt*, Bergische Universität Wuppertal, Germany

In einer zylindrischen, dielektrisch behinderten Entladung, die bei Atmosphärendruck in Helium betrieben wird, formt das Plasma außerhalb des Elektrodenbereichs einen leuchtenden Jet von typisch 10 cm Länge. Messungen mit einer Hochgeschwindigkeitskamera zeigen, dass der Jet aus sogenannten *plasma bullets* besteht. Es handelt sich um Strukturen von einigen Millimetern Länge, die sich mit Geschwindigkeiten von mehreren km/s ausbreiten. Der Startzeitpunkt der *plasma bullets* lässt sich durch die Phase der anregenden Mittelfrequenz-Hochspannung präzise einstellen.

Das Phänomen wird mit Hilfe von zeitaufgelösten elektrischen und emissionspektroskopischen Methoden untersucht. Erste Messungen zeigen unter anderem, dass kleine Beimischungen zum Arbeitsgas, beispielsweise Wasser, die Dynamik des Plasmajets signifikant verändern.

P 22.17 Do 16:30 Poster A

Time-resolved diagnostics for the examination of mode transitions in inductive discharges — ●PHILIPP KEMPKES, JAN TENFELDE, MALTE KISCHKEL, VICTOR GORSHELEV, and HENNING SOLTWISCH — Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Germany

The long-term aim of this work is to gain additional control over the electron energy distribution function (EEDF) by fast periodic switching between the two operational modes of inductively coupled plasmas (E mode and H mode) by means of amplitude modulation of the input power. A first characterization of the discharge system under power modulation revealed several unreported effects, such as two-stepped processes and the skipping of mode jumps [1], [2]. These results show that the E to H mode transition in inductive discharges is not fully understood yet. In order to obtain a deeper insight into the underlying physics, the electron parameters (e.g. EEDF) under power modulation at higher modulation frequencies (\sim kHz) are investigated. Furthermore the applicability of periodic mode switching for EEDF manipulation is examined. To this end several diagnostic techniques are currently under development or improvement: a nested-cavity far-infrared interferometer, a Thomson scattering system and the utilization of coherent averaging for Langmuir probe measurements.

[1] P. Kempkes, S. V. Singh, C. Pargmann and H. Soltwisch 2006 *Plasma Sources Sci. Technol.* **15** 378–83

[2] S. V. Singh, P. Kempkes and H. Soltwisch 2006 *Appl. Phys. Lett.* **89** 161501-1–3

P 22.18 Do 16:30 Poster A

Investigation of molecular temperature and density trends in methane discharges by means — ●IVONNE MÖLLER¹, CHRISTIANE RÜTH¹, ANNA SERDYUCHENKO^{1,2}, and HENNING SOLTWISCH¹ — ¹Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany — ²present address: University of Nevada, Reno, USA

Absorption spectroscopy using tunable diode lasers is often employed to analyse the chemical composition of reactive plasmas. The interpretation of the measured absorption profiles and the resulting molecular densities are strongly influenced by temperature effects. During the first seconds, in which the plasma is switched on or off, the electron temperature or, more general, the electron distribution function, as well as the translational and the rovibrational temperature of the molecules are not constant.

In this work we investigate the interconnection between these temperature effects and the measured CH₄, C₂H₂ and C₂H₆ densities in a pure methane plasma. During the switch-on phase a sudden decrease of the CH₄ density has been found, which can be explained by an assumed rise of the translational and rovibrational temperature of about 50 K. During the plasma-off phase the CH₄ density can exhibit a two-step increase lasting for up to 40 s. This behaviour cannot be explained so far. A systematic study of the different effects is in progress.

P 22.19 Do 16:30 Poster A

Optimized investigation technique of RF low-temperature

plasma discharges by means of Thomson scattering. — ●VICTOR GORSHELEV and HENNING SOLTWISCH — Ruhr-Universität Bochum, Deutschland

Attempts have been made to apply Thomson scattering diagnostics to low temperature plasmas, in particular to RF-coupled discharges. Due to the properties of the investigated reactive plasmas (with comparatively low electron densities of 10^{15} m^{-3} - 10^{17} m^{-3} and electron temperatures of a few eV, resulting in low scattered light intensity with a rich spectrum of molecular emission lines), the diagnostic system has a special design. High stray light intensity requires usage of a double monochromator.

To reduce the time for the acquisition of a Thomson spectrum, an eight-channel multianode photomultiplier tube is utilised as a detector to simultaneously perform time-resolved photon counting. PMT in combination with a modern PC-based multichannel scaler system serves as a convenient experimental tool. The temporal resolution allows the detection of fluorescence decay. Therefore the detection setup can also be used for measurements of low intensity fluorescence as one expects at low concentrations of the investigated species. The design criteria and technical realization, as well as preliminary results, will be presented.

P 22.20 Do 16:30 Poster A

Nichtlineares Verhalten von kapazitiv gekoppelten Zweifrequenzentladungen — ●DENNIS ZIEGLER und RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, 44780 Bochum

Kapazitiv gekoppelte Zweifrequenzentladungen (2f-CCPs) nehmen eine zunehmend wichtige Rolle in der Plasmazustandstechnik ein. Ihr großer Vorteil gegenüber konventionellen Einfrequenzentladungen besteht darin, daß sowohl die Ionenenergie, als auch der Ionenfluß auf ein zu bearbeitendes Werkstück, weitgehend unabhängig voneinander beeinflusst werden können.

Das Ziel dieses Beitrages besteht darin, das nichtlineare Hochfrequenzverhalten von 2f-CCPs anhand der Analyse im Plasma fließender HF-Ströme, die mittels unterschiedlicher Modelle berechnet werden, zu untersuchen. Wählt man das Verhältnis der beiden Anregungsfrequenzen in geeigneter Weise, so zeigen sowohl berechnete, als auch gemessene HF-Ströme, interessante nichtlineare Effekte.

Unterschiedliche Ansätze zur Modellierung der Randschicht, als wichtigen Teil eines HF-Modells, sowie das Konzept der Plasmaserienresonanz, werden dazu verwendet, die auftretenden Effekte besser zu verstehen.

P 22.21 Do 16:30 Poster A

Anomaler Skineffekt in induktiv gekoppelten Hochfrequenzplasmen — THOMAS EISENBARTH¹, ●THOMAS MUSSENBRÖCK² und RALF PETER BRINKMANN² — ¹Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Kommunikationssicherheit, D-44780 Bochum — ²Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, D-44780 Bochum

Die Art und Weise der Einkopplung elektromagnetischer Energie in ein Plasma ist entscheidend für dessen Homogenität. Beim induktiv gekoppelten Plasma spielt der anomale Skineffekt eine wichtige Rolle – der Mechanismus der Elektronenheizung und Energieabsorption steht in direktem Zusammenhang mit dem Skineffekt. In diesem Beitrag wird ein analytisches nichtlokales Modell zur Beschreibung des anomalen Skineffekts vorgestellt, welches in der Lage ist, die Unregelmäßigkeiten zu beschreiben, die sich einer klassischen elektrodynamischen Beschreibung entziehen.

P 22.22 Do 16:30 Poster A

Bestimmung der Teilchenflüsse in doppel ICP Plasmasterilisator — ●NIKITA BIBINOV, MARTIN GEVERS, HELMUT HALFMANN und PETER AWAKOWICZ — AEPT, Ruhr Universität, Universitätsstr 150, 44780 Bochum

Mit Hilfe der Emissionsspektroskopie wurden die Plasmameter (Elektronendichte und Elektronenverteilungsfunktion) im doppel ICP Reaktor (Plasmasterilisator) (10 Pa He/N₂ 100/1) gemessen. Die gemessenen Parameter stimmen mit Daten aus Sondenmessungen überein. Weiter wurden die Plasmameter bei verschiedenen Gasmischungen (Ar/N₂/O₂/H₂) mit Hilfe der Emissionsspektroskopie und einer Langmuir-Sonde gemessen, um die Flüsse von Atomen und Radikalen auf die Oberfläche von zu sterilisierenden Objekten zu errechnen.

P 22.23 Do 16:30 Poster A

Nichtlineares globales Modell einer kapazitiven Hochfre-

quenzentladung in Argon — ●PHILIPP MERTMANN¹, PETER AWAKOWICZ¹, THOMAS MUSSENBRÖCK² und RALF PETER BRINKMANN² — ¹Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, D-44780 Bochum — ²Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, D-44780 Bochum

Globale Plasmamodelle werden häufig eingesetzt, um die komplexe Chemie der vielen Teilchensorten in Prozessplasmen zu beschreiben und untersuchen zu können. Einen Schwachpunkt bisher vorgeschlagener globaler Modelle stellt die Plasmarandschicht und ihre Kopplung an das Bulkmodell dar. Diesem Problem nimmt sich der vorliegende Beitrag an. Das vorgeschlagene Modell einer kapazitiven Hochfrequenzentladung (hier exemplarisch in Argon) basiert auf Volumen-gemittelten Energie- und Teilchenbilanzgleichungen gekoppelt an ein selbstkonsistentes nichtlineares Modell einer lokal eindimensionalen Plasmarandschicht. Als Ergebnis numerischer Simulationen werden die Volumen-gemittelten Dichten der einzelnen Spezies und sowie die Volumen-gemittelte Elektronentemperatur als Funktion unterschiedlicher äußerer Parameter, wie Neutralgasdruck, Betriebsspannung und -frequenz diskutiert.

P 22.24 Do 16:30 Poster A

The sterilization of bacillus subtilis via chemical sputtering — JÖRN OPRETZKA¹, JAN BENEDIKT¹, PETER AWAKOWICZ¹, ●ACHIM VON KEUDELL¹, and JOACHIM WUNDERLICH² — ¹Center for Plasma Science and Technology, Ruhr-University Bochum, Germany — ²Fraunhofer Institut für Verpackungstechnologien, Freising

The sterilization of pathogenic bacteria by plasma discharges offers the unique benefits of short treatment times, minimal damage to the objects being sterilized and minimal use of hazardous chemicals. Plasmas produce reactive fluxes of ions, atoms and UV photons from any given precursor gas and are expected to be a viable method for the decontamination of biological warfare. Plasma sterilization is not yet widely used, because any validation is hampered by the limited knowledge about the interaction mechanisms at the interface between a plasma and a biological system. By using quantified beams of hydrogen atoms, argon ions and UV photons, the treatment of bacteria in a typical argon-hydrogen plasma is mimicked in a very controlled manner. It is shown that the simultaneous impact of atoms and low energy ions causes a perforation of the endosporic shell of bacteria. The same process occurs during plasma treatment and explains the efficient inactivation of bacteria. This fundamental etching mechanism is identical to the process of *chemical sputtering* which is the key plasma surface process responsible for the anisotropic etching of semiconductors in the microelectronics industry.

P 22.25 Do 16:30 Poster A

Preparation of nanostructured C:F films — ACHIM VON KEUDELL, JAN BENEDIKT, ANGEL YANGUAS-GIL, and ●TIM BALONIAK — Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum

Fluorocarbon thin films were deposited under various conditions from a capacitively coupled plasma using $\text{c-C}_4\text{F}_8$ as precursor. These films have been found to present very low surface energies of about 11 mJ/m^2 which makes them interesting candidates for plasma-enhanced deposition of superhydrophobic coatings. Smooth a-C:F films extracted from the discharge never show water contact angles larger than 110° which corresponds quite well to the wettability of commercially available bulk teflon. However, additional features on the coating surface including roughness, porosity or fractal structure allow to shift water contact angles from the hydrophobic to the superhydrophobic range. In our work plasma process parameters which lead to suitable microstructuring are under investigation. Gas phase analysis is performed by mass spectrometry, optical emission spectroscopy and Langmuir probe measurements. Thin films are characterised by spectroscopic ellipsometry, atomic force microscopy and Fourier-transform infrared spectroscopy. Coatings with water contact angles as high as 165° were obtained.

P 22.26 Do 16:30 Poster A

Hysterese von Ionisationswellen — ●ANDREAS DINKLAGE¹, BERNDT BRUHN², HOLGER TESTRICH² und CHRISTIAN WILKE³ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoc., Greifswald — ²Institut für Physik, E.-M.-Arndt Universität Greifswald — ³Institut für Niedertemperaturplasmaphysik, Greifswald

Ionisationsinstabilitäten treten in weiten Druck und Strombereichen von Edelgas- und Molekülgasentladungen auf. Unter periodischen Randbedingungen oder feed-back werden im Experiment und in der

Simulation räumliche Moden beobachtet, die jedoch auf bestimmte Bereiche von Kontrollparametern beschränkt sind. Übergänge zwischen solchen Moden können eine Hysterese aufweisen, d.h. Hin- und Rücksprung finden für unterschiedliche Werte von Kontrollparametern statt.

Es wird ein Modell des Hysterese-Phänomens vorgestellt, das das Wechselspiel von linearer Verstärkung der Instabilität, Amplitudensättigung und Rückkopplung beinhaltet. Neben einer experimentellen Validierung ergänzen Resultate aus Modellgleichungen aus einer hydrodynamischen Beschreibung die Betrachtungen.

Diese Arbeit wurde gefördert von der DFG (TR24, Projekte B1 und B8).

P 22.27 Do 16:30 Poster A

Experimentelle Untersuchungen von Ionisationswellen in einer Neon-Glimmentladung in einem longitudinalen Magnetfeld — ●HOLGER TESTRICH¹, RUSLAN KOZAKOV² und CHRISTIAN WILKE² — ¹Institut für Physik, Universität Greifswald, Domstraße 10a, 17489 Greifswald — ²Institut für Niedertemperatur Plasmaphysik, Felix - Hausdorff - Str. 2, 17489 Greifswald

In einer Niederdruckglimmentladung wurde der Einfluss eines longitudinalen Magnetfeldes auf die Teilchendichten der angeregten Atome ($1s_i, i=2\dots 5$) in Ionisationswellen untersucht. Die Messungen wurden bei einem Druck von $p=1.5$ Torr und Entladungsstromstärken zwischen 5 mA und 30 mA sowie Magnetfeldstärken von 0-200 mT durchgeführt. Die Messungen ergaben, dass bei konstanter Entladungsstromstärke mit steigender Magnetfeldstärke ein Übergang zwischen den verschiedenen Schichttypen stattfand. Der Übergang wurde durch die so genannte Novak-Konstante charakterisiert. Die relativen raum- und zeitaufgelösten Teilchendichteprofile der angeregten Atome wurden mittels der Laser Induzierten Fluoreszenz gemessen und schließlich mittels der Laser Absorptionsspektroskopie (LAS) auf absolute Dichten kalibriert.

P 22.28 Do 16:30 Poster A

Untersuchungen zur Stabilität einer Sauerstoff-Glimmentladung — ●HOLGER TESTRICH¹, CHRISTIAN WILKE², RENE REIMER¹ und HANS-ERICH WAGNER¹ — ¹Institut für Physik, Universität Greifswald, Domstraße 10a, 17489 Greifswald — ²Institut für Niedertemperatur Plasmaphysik, Felix - Hausdorff - Str. 2, 17489 Greifswald.

Der Übergang des homogenen Zustandes (H-Form) einer Sauerstoffglimmentladung in den instabilen Zustand (T-Form) geht mit einem abrupten Abfall des Gradienten der elektrischen Feldstärke einher. Zur Charakterisierung dieses Überganges wurden in einem zylindrischen Entladungsrohr mit dem Radius von 2,5 cm bei Neutralgasdrücken zwischen $p=0.3$ Torr und 0.7 Torr sowie Entladungsstromstärken zwischen 1 mA und 60 mA sowohl der Gradient der elektrischen Feldstärke als auch die Elektronenkonzentrationen bestimmt. Bei den Messungen des Feldstärkegradienten beobachtet man eine ausgeprägte Hysterese. Nähert man sich von hohen Strömen kommend dem Übergang homogen/instabil und stört im Hysteresebereich die Entladung mit einem Laserimpuls, so regt man einen Übergang in den instabilen Bereich an. Dieser Übergang wurde Raum-Zeit aufgelöst registriert. Die Dichte der für den Übergang bedeutenden negativen Ionen wurde durch eine kombinierte Sonden-Laser Photodetachment- Technik bestimmt.

Gefördert durch den SFB TR 24, Teilbereich B1

P 22.29 Do 16:30 Poster A

Theoretische und experimentelle Untersuchungen zum Impedanzverhalten in einer O₂ DC-Entladung — ●ANDREAS RICHTER¹, HOLGER TESTRICH¹ und CHRISTIAN WILKE² — ¹Universität Greifswald, Inst. f. Physik, 17489 Greifswald — ²Inst. f. Niedertemperaturplasmaphysik, 17489 Greifswald

Das lineare Antwortverhalten eines Plasmas auf kleine Störungen liefert zusammen mit einem geeigneten Modell Informationen über dieses Plasma (dominante Stossprozesse, Wandverluste). Erstmals wurden solche Untersuchungen experimentell und theoretisch für ein elektronen negatives Plasma durchgeführt. Der Vergleich der experimentellen Ergebnisse mit dem theoretisch erwarteten Verhalten validiert das Modell und lässt Aussagen über experimentell schwer zugängliche Daten zu.

Die experimentellen Impedanzkurven wurden in einem zylindrischen Entladungsrohr mit einem Radius von 2.5 cm bei Neutralgasdrücken zwischen $p_0=0.3$ Torr und 0.7 Torr sowie Entladungsstromstärken zwischen 15 mA und 40 mA durchgeführt. Mittels eines Differenzverstärkers wird über zwei Tastköpfe die der Gleichspannung überlagerte Wechselspannung und damit die Änderung der Feldstärke

gemessen. Gleichzeitig wird über einen Messwiderstand die Amplitude der Strommodulation bestimmt. Aus diesen beiden Werten und der Phasenverschiebung der beiden Signale ergeben sich dann der Wirk- und der Blindwiderstand.

Diese Arbeit wird gefördert im SFB-TR 24, TP B1

P 22.30 Do 16:30 Poster A

Einfluss negativer Ionen auf die räumliche Struktur und die Wandverluste im Sauerstoff Plasma — ●ANDREAS RICHTER und BERNDT BRUHN — Universität Greifswald, Inst. f. Physik, 17489 Greifswald

Für die Dynamik und das Stabilitätsverhalten eines Plasmas sind die Wandverluste von entscheidender Bedeutung. Im Experiment zeigt sich, dass die Radialstruktur stark von der Elektro negativität abhängt.

Diese Abhängigkeit ist bisher theoretisch nur in Grenzfällen untersucht. In einer Drift-Diffusionsnäherung werden für eine zylindrische O₂ Entladung die Wandverluste für Elektronen, negative Ionen und metastabile Moleküle bestimmt. Im Gegensatz zur verbreiteten Ansicht finden wir einen Einstrom negativer Ionen von der Wand in das Plasmavolumen.

Weiterhin kann die Abhängigkeit der Elektro negativität von den Entladungsparametern in guter Übereinstimmung mit dem Experiment bestimmt werden.

Diese Arbeit wird gefördert im SFB-TR 24, TP B1

P 22.31 Do 16:30 Poster A

Plasma als Element für Metamaterialien — ●ACHIM JOOSS, HELGA KUMRIC und WALTER KASPAREK — Institut für Plasmaforschung

Bisher beschriebene Metamaterialien sind künstliche Strukturen, bei denen gleichzeitig die Permittivität und die Permeabilität für einen bestimmten Frequenzbereich negativ sind. Schon in den 1960-er Jahren hat Veselago aus den Maxwellgleichungen neue Effekte vorausgesagt, z.B. die Umkehrung der Snellius-, Doppler-, Goos-Hänchen-, und Cherenkov-Effekte. Seit 2000 werden diese Strukturen auch hergestellt und in weiten Bereichen der Hochfrequenztechnik und Festkörperphysik (photonische Kristalle, Nanophysik) untersucht. Dabei wird zwischen ϵ -negative (ENG), μ -negative (MNG) und doppelt negative (DNG) Materialien unterschieden. In diesem Beitrag wird gezeigt, dass Plasmen als Medium mit negativer Dielektrizitätskonstante unterhalb der Plasmafrequenz auch als Metamaterial (ENG) wirken. Ausgehend von Simulationen zu bereits bekannten Metamaterialstrukturen, wie z.B. resonanten Ringen in Hohlleitern, wird die Mikrowellenausbreitung in Plasmen und plasmaähnlichen Anordnungen mit den genannten Eigenschaften untersucht. Die numerischen Ergebnisse werden mit Messungen verglichen.

Schließlich werden die Rückwärtswellen in heißen magnetisierten Plasmen (z.B. Bernsteinwellen) im Kontext der Metamaterialien (DNG) erörtert.

P 22.32 Do 16:30 Poster A

Hydrodynamische Plasmamodelle und ihre Stabilitätskriterien — ●MARKUS BECKER^{1,2}, DETLEF LOFFHAGEN¹ und WERNER SCHMIDT² — ¹INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald — ²Institut für Mathematik und Informatik, Universität Greifswald, Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 15a, 17487 Greifswald

Zur theoretischen Beschreibung von anormalen Glimmentladungen werden häufig die Kontinuitätsgleichungen für die Elektronen und Ionen und die Poisson-Gleichung für das Potenzial gekoppelt gelöst. Dabei werden die Teilchenstromdichten der Ladungsträger unter der Annahme der Drift-Diffusionsnäherung approximiert. Für explizite Differenzenverfahren zum numerischen Lösen eines Zwei-Fluid-Poisson-Modells wurden konkrete Stabilitätsbedingungen an die Diskretisierungsparameter hergeleitet. Diese beinhalten zum einen eine Beschränkung an die Zeitschrittweite, die sich mit impliziten Verfahren umgehen lässt. Zum anderen tritt bei Diskretisierungen mit zentralen Differenzen eine Beschränkung an die Gitterweite bezüglich des Ortes auf, die auch im Fall von impliziten Verfahren erfüllt werden muss. Diese Beschränkung hängt von der lokalen Pecletzahl ab und kann durch die Randbedingungen verschärft werden. Die gefundenen Stabilitätsbedingungen werden für Argonplasmen diskutiert und durch Ergebnisse von Modellrechnungen bestätigt. Eine weiterführende Analyse der Gleichungen unter Verwendung von Transport- und Ratenkoeffizienten, die von der reduzierten elektrischen Feldstärke bzw. der mittleren Energie abhängen, wird vorgestellt.

P 22.33 Do 16:30 Poster A

Modellierung der reduzierten Elektronenkinetik in kapazi-

tiv gekoppelten Plasmen — ●MUSTAFA BAYRAK und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr Universität Bochum, Universitätsstr. 150, 44801 Bochum

Die Elektronen-Energieverteilungsfunktion (EEDF) spielt eine wesentliche Rolle bei vielen Plasmasimulationen. Mit der Kenntnis der EEDF können anhand der Momente wichtige Größen wie die Dichte, Temperatur oder mittlere Geschwindigkeit der Elektronen berechnet werden. Geht man von der allgemeinen Beschreibung der kinetischen Theorie aus, so stellt diese eine DGL für die 7-Dimensionale (3-Dimensionen im Ortsraum, 3-Dimensionen im Geschwindigkeitsraum und 1-Dimension in Zeit) Verteilungsfunktion dar. Diese DGL numerisch zu lösen wäre mit den heutigen Möglichkeiten sowohl vom Speicheraufwand als auch von der Rechenleistung her nicht möglich. Dennoch sollen problemspezifische Vereinfachungen helfen, an die EEDF heranzukommen. Hierzu zählen z.B. die Verwendung eines zylindersymmetrischen Plasma-Reaktors, Vernachlässigung des Magnetfeldes, Einführung unterschiedlicher Zeit-/Längenskalen oder Anwendung einer geeigneten Transformations. Die somit erhaltene reduzierte DGL stellt in den Zylinderkoordinaten R und z , der Energiekoordinate und der sekularen Zeit t eine DGL für die nur noch 4-Dimensionale Verteilungsfunktion dar. In diesem Poster werden ein numerisches Diskretisierungsverfahren und erste Ergebnisse der reduzierten DGL dargestellt.

P 22.34 Do 16:30 Poster A

Symmetry and Bias Effects on the Self-Excited Plasma Series Resonance — ●UWE CZARNETZKI — Institut für Plasma- und Atomphysik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Self-excited Plasma Series Resonances (PSR) are observed in capacitive discharges as high frequency oscillations superimposed on the normal RF current. This high-frequency contribution to the current is generated by a series resonance between the capacitive sheath and the inductive and ohmic bulk of the plasma. The ohmic behavior is caused by elastic collisions between the electrons and the neutral back ground gas and the effective inductive behavior results from the electron inertia. The non-linearity of the sheath leads to a complex dynamic. In a previous work we have described the effect in the frame of a simple one-dimensional model with a single sheath. Here, the model is extended to the case of two sheaths and describes the situation of a discharge of arbitrary area ratio between electrode and ground. The effect of this area ratio can be described by a single symmetry parameter and it is shown how increased symmetry leads to a damping of the PSR oscillation amplitudes. In a similar way also the effect of bias voltage deviations, i.e. a not ideally collapsing sheath, can be described. The derived analytical approximations agree well with numerical solutions.

P 22.35 Do 16:30 Poster A

Untersuchung verschiedener Näherungen bei Multifluid-Plasmodellen der kathodennahen Randschicht thermischer Plasmen — ●FRANK SCHARF¹, JENS OBERRATH¹, PHILIPP MERTMANN² und RALF PETER BRINKMANN¹ — ¹Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum — ²Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Die kathodennahe Randschicht thermischer Plasmen ist trotz ihrer großen Bedeutung für das Verhalten von HID-Lampen noch nicht vollständig verstanden. Es existieren verschiedene Modelle, wovon jedes auf seinem eigenen Satz von Annahmen und Näherungen basiert. Diese Arbeit hat zum Ziel, die Bedeutung und Auswirkungen einer jeweiligen Annahme oder Annäherung zu bestimmen. Da die vorhandenen Modelle sich in mehr als jeweils einem Punkt unterscheiden, muss dafür ein abstrakteres Modell eingeführt werden, in dem sich die Annäherungen einzeln ein- und ausblenden lassen. Dies geschieht mit Hilfe von "Schaltervariablen". Diesen Variablen gibt man jeweils den Wert 0 oder 1, so dass einzelne Terme gezielt ausgeblendet werden können. Die bisher erzielten und hier präsentierten Ergebnisse lassen vor allem Rückschlüsse auf die Bedeutung der Dreierstoßrekombination und der Ionenträgheit zu.

P 22.36 Do 16:30 Poster A

Current patterns in a plane discharge system with the high-ohmic cathode — ●SHALVA AMIRANASHVILI, SVETLANA GUREVICH, and HANS-GEORG PURWINS — Institut für Angewandte Physik, Münster, Germany

We systematically consider current-voltage characteristic of the plane-parallel discharge cell in the Townsend mode of operation. Both effect of space charge and metastables are taken into account. The results

are used to derive a reduced system of equations that governs the system and allows for explanation of the experimentally observed current patterns.

P 22.37 Do 16:30 Poster A

Bifurcation scenarios in pattern-formation of planar gas-discharge systems — ●HANS-GEORG PURWINS, SHALVA AMIRANASHVILI, HENDRIK BÖDEKER, SVETLANA GUREVICH, and LARS STOLLENWERK — Institut für Angewandte Physik, Corrensstraße 2-4, 48149 Münster, Deutschland

We investigate experimentally the luminescence radiation density and the related current density in the discharge plane of planar dc systems with high ohmic cathode and planar ac systems with dielectric barrier. We observe various kinds of qualitative changes of patterns (bifurcations) involving static and dynamic stripes, hexagons, spirals and well localized solitary spots. The observed bifurcation scenarios are very similar in ac and dc systems and in many respect they resemble to phenomena that are observed in other electrical transport systems and chemical and biological reaction-diffusion systems. The results are theoretically discussed in terms of the drift-diffusion approach and a simple reaction-diffusion equation that seems to represent a kind of normal form for the discussed class of self-organized patterns. The work has been supported by the Deutsche Forschungsgemeinschaft. <http://www.uni-muenster.de/Physik.AP/Purwins/Welcome-en.html>

P 22.38 Do 16:30 Poster A

Crystallization in mass-asymmetric electron-hole bilayers — PATRICK LUDWIG^{1,2}, ALEXEI FILINOV^{1,3}, YURI LOZOVIK³, HEINRICH STOLZ², and ●MICHAEL BONITZ¹ — ¹CAU zu Kiel, ITAP, Leibnizstraße 15, D-24098 Kiel — ²Universität Rostock, Institut für Physik, Universitätsplatz 3, D-18051 Rostock — ³Institute of Spectroscopy RAS, Moscow region, Troitsk, 142190, Russia

We focus on the effect of the mass ratio on crystal formation in quantum electron-hole bilayers. Varying the mass ratio M of holes and electrons between 1 and 100 for a fixed layer separation at low temperature and high density, one can tune the hole behavior from delocalized (quantum) to localized (quasi-classical) while the electrons remain delocalized all the time.

As was recently observed for bulk semiconductors [1], holes undergo a phase transition to a crystalline state if the mass ratio exceeds a critical value of $M_{cr} \approx 80$. Here, we extend this analysis to bilayers where M_{cr} can be drastically reduced by properly choosing d and the in-layer particle density. The complicated overlap of correlation and quantum effects of both, electrons and holes, is fully taken care of by performing first-principle path integral Monte Carlo simulations. We present results for two types of e-h bilayers: a mesoscopic system of $N = 36$ particles in a parabolic trap and for a macroscopic system of the same density.

[1] M. Bonitz, V.S. Filinov, V.E. Fortov, P.R. Levashov, and H. Fehske, Phys. Rev. Lett. 95, 235006 (2005)

P 22.39 Do 16:30 Poster A

Nonequilibrium Green's functions approach to artificial atoms: Nonequilibrium behavior — KARSTEN BALZER¹, ●MICHAEL BONITZ¹, NILS-ERIK DAHLEN², and ROBERT VAN LEEUWEN² — ¹ITAP, Christian-Albrechts-Universität Kiel, Leibnizstr. 15, 24098 Kiel, Germany — ²Theoretical Chemistry, Materials Science Center, Rijksuniversiteit Groningen, Nijenborgh 4, 9747 AG Groningen, The Netherlands

Using a nonequilibrium Green's functions (NEGF) approach, we compute the temporal behavior of quantum confined particles, which is of relevance for quantum dots, metal clusters or ions in traps. In the framework of applications to e.g. strong laser fields these systems are known to show interesting nonequilibrium behavior as well as nonlinear effects.

The dynamical properties are obtained by numerically solving the Keldysh-Kadanoff-Baym equations (KKBE) for the two-time NEGF, where initial correlations [1,2] are included self-consistently starting from a correlated thermal equilibrium Green's function for a confined system of N charged fermions. This method is shown to conserve density, momentum and total energy. In addition, we use an appropriate basis representation of the NEGF, which successfully worked to examine small molecules [2]. The results include the intra- and interband response of the system to a strong time-dependent electric field.

[1] Introduction to Computational Methods in Many-Body Physics, M. Bonitz and D. Semkat, Rinton Press (2006). [2] N. E. Dahlen, R. van Leeuwen and A. Stan, J. Phys.: Conf. Ser. 35 (2006).

P 22.40 Do 16:30 Poster A

Quantum potential for confined charged particles in nonequilibrium — ANDREA FROMM¹, ●MICHAEL BONITZ¹, and JAMES DUFTY²
— ¹Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Universität Kiel, Leibnizstr. 15, 24098 Kiel — ²Physics Department, University of Florida, Gainesville

In thermal equilibrium the idea to describe quantum systems by retaining the classical structure of the equations, but replacing the original potential by an effective potential, that takes into account quantum effects, has been successfully used for external potentials, see e.g. [1], and for pair potentials, see e.g [2]. From the calculated quantum potential follows an quantum mechanical force, that can be applied in classical simulations like molecular dynamic, see e.g. [3]. Here we ex-

tend this concept to systems in nonequilibrium [4]. We consider an electron system in a weakly inhomogeneous confinement potential and a strong electric field. Using the equation of motion for the nonequilibrium Green's functions, an equation for the quantum potential is derived and solved by iteration. In the classical spectral function the original potential is replaced by the quantum potential and the resulting spectral function is analysed for the special case of a harmonic potential and a constant electric field. The appropriate quantum mechanical density of states is calculated.

[1] D. Bohm, Phys. Rev. 85, 166 and 180 (1986). [2] A.V. Filinov, M. Bonitz, W. Ebeling, J. Phys. A: Math. Gen. 36 (2003). [3] A.V. Filinov, V.O. Golubnychiy, M. Bonitz, W. Ebeling, J.W. Dufty, Phys. Rev. E 70 (1986). [4] M. Bonitz, J.W. Dufty, Cond. Matt. Phys. 7 (2004).