

P 9: Poster: Niedertemperaturplasmen

Zeit: Dienstag 17:30–19:30

Raum: Foyer des IfP

P 9.1 Di 17:30 Foyer des IfP

Analyse der effektiven VUV-/UV-Strahlung zur Sterilisation in einem doppelt induktiv gekoppelten Plasmareaktor — ●BENJAMIN DENIS¹, HELMUT HALFMANN², NIKITA BIBINOV¹, PETER AWAKOWICZ¹ und JOACHIM WUNDERLICH³ — ¹Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Ruhr-Universität Bochum — ²OSRAM GmbH, Wipperfürth — ³Fraunhofer Institut für Verfahrenstechnik & Verpackungstechnik, Freising

Medizinische Implantate stellen große Herausforderungen an die Sterilisationstechnik. Die Plasmasterilisation ist eine viel versprechende Alternative zu herkömmlichen Sterilisationsmethoden. Mit ihrer Hilfe ist es möglich thermolabile oder biodegradierbare Kunststoffe bei niedrigen Temperaturen zu sterilisieren. Es wird ein doppelt induktiv gekoppelter Plasmareaktor zur Untersuchung der zugrunde liegenden Sterilisationsmechanismen verwendet. Als Mechanismen kommen Strahlung, Radikale und Ionenbeschuss in Frage. In diesem Beitrag wird der Einfluss der Strahlung untersucht. Photonen mit einer Wellenlänge kürzer als 275 nm können C-H und C-C Bindungen aufbrechen. Diese ultraviolette Strahlung kann die DNS oder die Sporenhülle beschädigen. Um den Wellenlängenbereich einzugrenzen werden Versuche mit Kantenfiltern und mit speziellen Gasmischungen durchgeführt. Als Testkeime dienen die Sporen von *Bacillus atrophaeus* (DSM 2277) und zwei Stämme des *Aspergillus niger* (DSM 1957 und DSM 1988). Es kann gezeigt werden das *B. atrophaeus* sensitiv auf den Wellenlängenbereich zwischen 235 und 300 nm reagieren, im Gegensatz dazu sind *A. niger* Sporen resistent gegen Strahlung oberhalb von 235 nm.

P 9.2 Di 17:30 Foyer des IfP

Systematische Untersuchung der Anregungsübertragung von Ar auf N₂ zur Steigerung der UV-Effizienz — ●ROLAND FRIEDL, URSEL FANTZ und PATRICK STARKE — Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

An einer AC-Glimmentladung (5-50 kHz, d = 25 mm, l = 30 cm) wurde die Abhängigkeit der Intensität der UV-Emission und der damit stattgefundenen Anregungsübertragung von verschiedenen Parametern untersucht. Dabei wurden unterschiedliche Gasmischungen von Argon in Stickstoff verwendet, wobei der Druck zwischen 1 und 200 mbar variiert. Die Entladungen wurden mittels Emissionsspektroskopie analysiert mit dem Ziel der Maximierung der UV-Ausbeute. Diese wird durch die Anregungsübertragung der resonanten und metastabilen 1s-Niveaus des Argon (Paschen-Notation) in das sog. zweite positive System des Stickstoffs bestimmt, wobei dann Photonen mit Wellenlängen zwischen 300 und 430 nm emittiert werden. Dieses Licht im ultravioletten Spektralbereich hat eine große Bandbreite an Anwendungen, von der Sterilisation biologischer Proben über (Leuchtstoff-) Lampen bis hin zum Aushärten von Kunststoffen.

P 9.3 Di 17:30 Foyer des IfP

Vergleich von kapazitiver mit induktiver HF-Einkopplung bei Niederdruckentladungen mit InBr — ●STEFAN BRIEFI, URSEL FANTZ und PATRICK STARKE — Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

Lichtquellen mit einer Abstrahlung im nahen UV-Bereich besitzen ein vielfältiges Anwendungsspektrum. Eine Steigerung der Effizienz dieser Lichtquellen verspricht die Verwendung von Metallhalogeniden (insbesondere InBr) in Niederdruckentladungen, da diese Moleküle ein breites und intensives Bandenspektrum im nahen UV-Bereich emittieren. Wegen der hohen Reaktivität von Metallhalogeniden muss bei deren Einsatz aber auf elektrodenlose Einkopplungskonzepte zurückgegriffen werden. Daher werden HF-Entladungen (Frequenz 13,56 MHz) in heizbaren, abgeschlossenen Glasröhren mit definiertem Inhalt (Edelgas und InBr) sowohl mittels kapazitiver als auch mittels induktiver Einkopplung erzeugt. Die verschiedenen Einkopplungsmethoden werden hinsichtlich der Plasmamparameter und der axialen Homogenität der Entladung in Abhängigkeit von der ins Plasma eingekoppelten Leistung spektroskopisch untersucht und verglichen.

P 9.4 Di 17:30 Foyer des IfP

Raumzeitliche Entwicklung von Potentialstörungen in VINETA — ●THOMAS WINDISCH¹, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 17491 Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität,

17489 Greifswald

Die Teilchen- und Energieflüsse in einem Plasma werden entscheidend durch stationäre und fluktuierende ExB-Driften selbstkonsistent bestimmt. Eine fluktuationsinduzierte Veränderung des globalen ExB-Strömungsprofils kann z.B. durch die mit Plasmaturbulenz verbundenen nichtlineare Plasmadynamik (sog. zonal flows) verursacht werden. Solche ExB-Scherströmungen lassen sich aber auch extern durch lokale Störungen des Plasmopotentials erzeugen. Hierbei wird die Störung meist durch kalte oder geheizte (emissive) Elektroden hervorgerufen, die gegenüber dem Plasmopotential negativ vorgespannt sind. In diesem Beitrag wird die raumzeitliche Entwicklung einer extern aufgeprägten Potentialstörung im linear magnetisierten Helikonexperiment VINETA untersucht. Die globale (m=0) Störung wird hierbei durch eine Ringelektrode (d=2 mm) erzeugt. Untersuchungen zum dynamischen Verhalten von stationärer und amplitudenmodulierter Störung entlang des Magnetfeldes mittels Langmuir- und emissiver Sonden werden vorgestellt. Besonderes Augenmerk wird auf den Einfluss der Plasma- und Operationsparameter auf die Störungsausbreitung gelegt.

P 9.5 Di 17:30 Foyer des IfP

Experimentelle Untersuchungen zum Dispersionsverhalten von Alfvénwellen — ●KIAN RAHBARNIA^{1,2}, STEFAN ULLRICH¹, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 17491 Greifswald, Germany — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald, Germany

Alfvénwellen (AW) sind niederfrequente elektromagnetische Wellen, deren Frequenz begrenzt wird durch die Ionenzyklotronfrequenz f_{ci} . Sie spielen eine wesentliche Rolle bei Transportprozessen von Teilchen und Energie in astrophysikalischen Plasmen und Laborplasmen. Das Ausbreitungsverhalten einer AW wird bestimmt durch Ströme senkrecht (Polarisationsdrift der Ionen) und parallel (Elektronenstrom) zum ungestörten Hintergrundmagnetfeld. In Mehrkomponentenplasmen führen unterschiedliche Ionenmassen zu verschiedenen f_{ci} . Zusätzlich wird die Strombilanz der AW, vor allem in Anwesenheit negativer Ionen, beeinflusst. Es werden detaillierte Messungen der AW-Strompfade in Helikonplasmen im linearen Plasmaexperiment VINETA präsentiert und mit Ergebnissen der Dispersionsrelation basierend auf einer Hall-MHD Beschreibung verglichen. Typische Dichten und Temperaturen einer Argon-Entladung liegen im Bereich von $n_e = 1 \dots 10 \times 10^{18} \text{ m}^{-3}$ und $T_e = 2 \dots 3 \text{ eV}$. Die Alfvéngeschwindigkeit ist $v_A = 1 \dots 8 \times 10^5 \text{ m/s}$ und für die Frequenz f_A gilt $f_A < f_{ci} \approx 40 \text{ kHz}$. Durch die kontrollierte Zufuhr von Helium bzw. Sauerstoff wird das Dispersionsverhalten der AW in Abhängigkeit von den relativen Ionendichten mit Hilfe von Langmuir- und Magnetfeldsonden untersucht.

P 9.6 Di 17:30 Foyer des IfP

RF-Plasmen einer großflächigen Spiralantenne in VINETA — ●THOMAS WINDISCH¹, KIAN RAHBARNIA^{1,2}, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 17491 Greifswald, Germany — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald, Germany

Spiralantennen sind weit verbreitet zur Erzeugung induktiv gekoppelter Entladungen im Bereich plasmatechnologischer Anwendungen sowie zur Untersuchung grundlegender physikalischer Prozesse in Plasmen, z.B. Wellenausbreitung. Diese Arbeit präsentiert detaillierte Studien der Plasmamparameter einer am linearen Plasmaexperiment VINETA eingesetzten großflächigen Spiralantenne. Die radiale Profildichte der induktiv gekoppelten Plasmen ist um einen Faktor drei höher verglichen mit der üblicherweise verwendeten Helikonantenne. Bei einer Eingangsleistung von $P = 0.5 \text{ kW}$ werden typischerweise Dichten von $1 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$ erreicht. Bei höheren Leistungen ($P \geq 1.5 \text{ kW}$) tritt ein Modensprung auf, der durch einen Anstieg der Dichte um einen Faktor fünf gekennzeichnet ist. Ursache dafür ist eine $m = 0$ Helikonwelle, die durch Messung der \vec{B}_z -Komponente des Wellenfeldes nachgewiesen werden konnte. Während die Elektronentemperaturen in diesem Entladungsmodus im Bereich von 3 eV liegen, wird bei niedrigen Leistungen (Dichten) die Energieverteilungsfunktion durch nichtthermische Elektronen mit Energien bis zu 15 eV dominiert.

P 9.7 Di 17:30 Foyer des IfP

Exp. Untersuchungen zur Bildung von Doppelschichten in divergierenden Magnetfeldern — ●TIMO SCHRÖDER¹, OLAF

GRULKE² und THOMAS KLINGER² — ¹Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald — ²MPI für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald

Unter Doppelschichten (DS) versteht man zwei Plasmaregionen unterschiedlicher Potentiale, die in einer Übergangzone von nur einigen Debyelängen einen starken Potentialgradienten aufweisen. Typischerweise werden DS durch getriebene Strompfade erzeugt. Es existieren jedoch bereits experimentelle Belege für die Ausbildung von stromfreien DS unter dem Einfluss divergierender Magnetfelder. Eine solche Methode der DS-Erzeugung könnte beispielsweise für eine neue Art von Ionenantrieben verwendet werden. Jedoch ist der genaue Mechanismus für die Entstehung dieser stromfreien DS noch wenig verstanden. In diesem Beitrag wird das Plasmaverhalten in Regionen starker Magnetfeldgradienten in der lin. Helikonanlage VINETA untersucht. Durch spezielle Anordnung der Magnetfeldspulen lassen sich axiale Magnetfeldgradienten von $\nabla B \leq 100$ T/m erzeugen. Mittels Langmuir- und emissiver Sonden wird der Verlauf von Plasmapotential, Dichte und Elektronentemperatur im Detail verfolgt. Hierbei sollen die Voraussetzungen für die Entstehung der DS ermittelt werden.

P 9.8 Di 17:30 Foyer des Iff

Experimental investigations of electron- and ion- beam driven instabilities — ●CHRISTOPHER RAPSON¹, OLAF GRULKE^{1,2}, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt University, Greifswald

Plasma instabilities due to excitation by beams of electrons or ions have been observed in space and laboratory plasmas, and are relevant for a variety of dynamical phenomena in e.g. interstellar plasmas, particle accelerators and fusion plasmas. Beam particles can amplify plasma waves and large amplitude waves act in turn on the particles. Depending on the beam velocity and particle species different types of instabilities can be formed.

Electron and ion beams have been injected into an argon plasma ($n = 10^{15} \text{ m}^{-3}$, $T_e = 4 \text{ eV}$) in the linear plasma device VINETA. Beam densities are both 1% of the background density and particle energies correspond to electron thermal and ion acoustic velocities, respectively. The associated plasma dynamics is investigated with Langmuir probes and emissive probes for density and potential fluctuation measurements, respectively. The spatiotemporal evolution of the beam driven instabilities is reconstructed and compared to initial PIC simulation results.

P 9.9 Di 17:30 Foyer des Iff

PIC simulations of the separate control of ion flux and energy in capacitive RF discharges via the Electrical Asymmetry Effect — ZOLTAN DONKO¹, ●JULIAN SCHULZE², BRIAN HEIL², and UWE CZARNETZKI² — ¹Hungarian Academy of Science, Budapest, Hungary — ²Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum

If the temporally symmetric voltage waveform applied to a capacitively coupled radio frequency (CCRF) discharge contains an even harmonic of the fundamental frequency, the sheaths in front of the two electrodes are necessarily asymmetric. A DC self bias develops even in a geometrically symmetric discharge, which is an almost linear function of the phase angle between the driving voltages. Thus, by tuning the phase, precise and convenient control of the ion energy can be achieved. In this work the EAE is verified using a Particle in Cell simulation of a geometrically symmetric dual-frequency CCRF discharge operated at 13.56 MHz and 27.12 MHz. It is shown explicitly, that the ion flux stays constant within +/- 5%, while the self bias reaches values of up to 80% of the applied voltage amplitude and the maximum ion energy is changed by a factor of three. The EAE is investigated at different pressures and electrode gaps. As geometrically symmetric discharges can be made electrically asymmetric via the EAE, the Plasma Series Resonance effect is observed for the first time in simulations of a geometrically symmetric discharge. This work is funded by the DFG through GRK 1051 and the Hungarian Scientific Research Fund through grants OTKA-T-48389 and OTKA-IN-69892.

P 9.10 Di 17:30 Foyer des Iff

The Electrical Asymmetry Effect in capacitively coupled RF discharges - Analytical model and fluid simulation — U CZARNETZKI¹, B G HEIL¹, T MUSSENBROCK², R P BRINKMANN², J SCHULZE¹, and ●E SCHÜNGEL¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — ²Institute for Theoretical Electrical Engineering, Ruhr-University Bochum

Control of the ion energy at the substrate surface is essential for many

applications of capacitively coupled RF discharges. Here we propose a completely novel method to control the ion energy via the Electrical Asymmetry Effect (EAE). The EAE is investigated by an analytical model and a fluid dynamic simulation. In contrast to conventional dual-frequency discharges operated at substantially different frequencies, the discharge is driven by a fundamental and its second harmonic with variable phase between the voltage waveforms. The analytical model shows that the symmetry of the discharge is changed electrically by adjusting the phase and that - even in a geometrically symmetric discharge - a DC self-bias is generated, which depends almost linearly on the phase angle. The ion energy at the electrodes can, therefore, be controlled by adjusting the phase. Ion energy distribution functions are calculated explicitly by a fluid/Monte-Carlo simulation at different phase angles at both electrodes. Both, the analytical model and the fluid simulation show, that the EAE is self-amplifying at low pressures due to flux continuity in the sheath. This work is funded by the DFG through GRK 1051. A method for controlling the ion energy based upon this effect is patent pending.

P 9.11 Di 17:30 Foyer des Iff

Equilibrium properties of charge-asymmetric quantum bilayers — LASSE ROSENTHAL, KARSTEN BALZER, ALEXEJ FILINOV, and ●MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität, Leibnitzstraße 15, 24098 Kiel

We present a quantum statistical treatment of the equilibrium properties of 2-dimensional quantum bilayers with spatially separated electrons and holes[1]. In the regime of intermediate and strong coupling the system is described by solving the self-consistent Hartree-Fock equations[2].

We compute the single particle spectrum and density-profiles of up to $N = 19$ electrons and holes. The influence of different mass ratios of electrons and holes is investigated. Results of spin-polarized calculations are compared to spin unrestricted calculations.

For moderate coupling the description is extended to include correlation effects. This is done by solving Dyson's equation for the equilibrium Matsubara Greens-function.

[1]P.Ludwig, K.Balzer, A.Filinov, H.Stolz and M.Bonitz 2008 New J.Phys.10 083031

[2]M.Bonitz, D.Semkat(Eds.), Introduction to Computational Methods in Many Body Physics, Rinton Press, Princeton (2006)

P 9.12 Di 17:30 Foyer des Iff

Analysis of the constriction of the dc positive column in argon — ●MYKHAYLO GNYBIDA, DETLEF LOFFHAGEN, and DIRK UHRLANDT — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

The dc positive column in argon plasmas at conditions of the glow-to-arc transition has been studied by means of fluid modeling. The self-consistent model comprises the particle balance equations for electrons, atomic and molecular ions, three excited argon atoms and two excited molecular species, the balance equation of the mean electron energy and the heavy particle temperature in the plasma, Poisson's equation for the space-charge potential, and a current balance determining the axial electric field. 33 reactions are included in the collisional-radiative model. The electron transport and rate coefficients are applied in dependence on the mean energy of the electrons and the gas temperature. Different assumptions concerning the electron energy distribution function have been considered. In particular, the impact of using a Maxwellian distribution and solutions of the 0D electron Boltzmann equation with and without consideration of electron-electron collisions, respectively, is analysed. The model calculations have been carried out for a discharge tube with a radius of 1 cm at currents between 0.6 and 70 mA and pressures between 100 and 500 Torr. The model predictions are compared with experimental data and the nonlocal features of the mean electron energy balance are discussed.

P 9.13 Di 17:30 Foyer des Iff

Effect of trapped electrons on soliton propagation in a plasma having a density gradient — ●FARAH AZIZ, LARS STOLLENWERK, and ULRICH STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Korteweg-deVries (KdV) equation with an additional term due to the density gradient is obtained using reductive perturbation technique in an unmagnetized plasma having a density gradient, finite temperature ions and two-temperature nonisothermal (trapped) electrons. This equation is solved to get the solitary wave solution using sine-cosine method. The phase velocity, soliton amplitude and width are examined under the effect of electron and ion temperatures and their concentra-

tions. The effect of ion (electron) temperature is found to be more significant in the presence of larger (smaller) number of trapped electrons in the plasma.

A double-plasma device consists of two separate plasmas i.e. source and target plasma, in a common vacuum chamber, but separated from each other by a negatively biased grid. Using the particle-in-cell (PIC) simulation technique, the motion of a large number of charged particles in their self-consistent electric and magnetic fields is followed. PIC simulations of the target chamber of a double-plasma device are carried out, with the objective to study the above mentioned soliton dynamics.

P 9.14 Di 17:30 Foyer des IfP

Plasmadiagnostische Untersuchungen an einer RF-Sauerstoffentladung (CCP) mit YSZ (Yttrium stabilisiertes Zirkonoxid) Elektrode. — ●FRANK WIENHOLTZ, HOLGER TESTRICH und JÜRGEN MEICHSNER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, D-17487 Greifswald

Energereiche negative Sauerstoffionen wurden an der geerdeten Elektrode einer RF-Sauerstoffentladung (Elektrodenabstand 2,5 cm, Druck 5 Pa, Self-bias Spannung -150 V) in ein Massenspektrometer (HIDEN EQP 300) überführt und nach Energie und Masse analysiert. Die Ionenenergieverteilungsfunktionen (IEVF) von negativen atomaren Sauerstoffionen zeigen einen ausgeprägten hochenergetischen Peak für YSZ im Vergleich zu einer metallischen Elektrode. Dieser resultiert von negativen Ionen, welche direkt an der Oberfläche des YSZ-Kristalls gebildet wurden. Messungen zur zeitlichen Abhängigkeit des Ionensignals nach Plasmazündung zeigen darüber hinaus eine charakteristische Abnahme der Ionenintensität, die vermutlich auf eine Verarmung des Sauerstoffgehaltes in einer dünnen Oberflächenschicht des YSZ-Kristalles durch Diffusionsprozesse herrühren. Zusätzlich wurden axiale Intensitätsprofile der optischen Emission von atomarem Sauerstoff (777nm, 844 nm) im Vergleich zur Argonemission bei 750 nm bei einem Totdruck von 30 Pa ($O_2 : Ar = 95 : 5$) und einer Self-bias Spannung von -175 V gemessen. Veränderungen der axialen Emissionsprofile werden hinsichtlich des Elektrodenmaterials (YSZ, Quarz) und der Elektrodentemperatur bis etwa 400 °C diskutiert. Die Untersuchungen wurden durch die DFG, ME1506/6-1, gefördert.

P 9.15 Di 17:30 Foyer des IfP

Time resolved observation of the optical signal from pulsed DBD's in a Ne-Xe-HCL gas mixtures — ●ANDREI PIPA, RENÉ BUSSIAHN, and ECKHARD KINDEL — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Excimer lamps are promising sources of UV pulse radiation, especially when coherent light is not required. In this work a dielectric barrier discharge (DBD) operated in burst mode has been investigated. This operation mode is characterized by several submicrosecond high voltage pulses of square shape which are applied with 100 Hz repetition rate. Discharges in neon with small admixtures of xenon and hydrochloric acid were used as a source of UV radiation at 308 nm, emitted by the excimer molecule XeCl. The time evolution of Ne, Xe and XeCl radiation intensities for pressures in the range of 100-700 mbar and voltages in the order of 3-7 kV is presented with nanosecond resolution. A variation of the spectral band shape of XeCl emission in the beginning of the pulse is detected. Efficiency of the burst mode in dependence on operation condition is discussed.

This work was supported by the European Commission (STREP project POC4Life N°037933).

P 9.16 Di 17:30 Foyer des IfP

On the deposition ability of atomic species on a Pyrex surface studied via NO destruction kinetics — ●MARKO HÜBNER¹, OLIVIER GUAITELLA², ANTOINE ROUSSEAU², and JÜRGEN RÖPCKE¹ — ¹INP-Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany — ²LPTP, Ecole Polytechnique, CNRS, 91128 Palaiseau, France

To investigate the deposition ability of atomic species on surfaces and to understand the influence of coated surfaces to the destruction kinetics of NO during a plasma pulse a Pyrex tube has been used as a cylindrical plasma reactor. The inner surface of the tube was treated by a capacitive coupled RF plasma with different pre-cursors, namely O_2 , N_2 , Ar, and synthetic air. Thereafter, a gas mixture of 1% NO in N_2 was filled into the tube and used as a probe. The concentration of NO and NO_2 in the Pyrex tube was measured using IR-spectroscopy supplied by two quantum cascade laser based Q-MACS systems. With these preparations, two kinds of experiments have been performed. On one hand, the concentration of NO and NO_2 have been measured with-

out plasma. It could be shown, that after O_2 and air pre-treatment, the concentration of NO decreased whereas the NO_2 concentration increased. The time scale is in the range of several tens of minutes. On the other hand, the respective concentration was measured during a 500ms RF plasma pulse.

P 9.17 Di 17:30 Foyer des IfP

Argon ion velocity distributions in a helicon discharge measured by laser induced fluorescence — ●DIRK LUGGENHÖLSCHER¹, YI-KANG PU², YUSUF CELIK¹, and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr University Bochum, Germany — ²Department of Engineering Physics, Tsinghua University, Beijing, China

Helicon discharges allow the generation of high density plasmas although operated at low pressure around 0.1 Pa. Here the ion velocity distribution in an argon discharge is studied experimentally. The Helicon discharge is generated by a flat coil antenna operated at 13.56 MHz in an azimuthally isotropic $m = 0$ mode. The Helicon wave develops as a standing wave confined along the static magnetic field lines between the antenna and the chamber bottom (distance 50 cm). Ion velocity distributions along and perpendicular to the static magnetic field are measured by laser induced fluorescence spectroscopy on metastable argon ions. The measurements reveal that two groups of ions exist, one cold group with a temperature close to the spectral resolution limit and a hot group with a temperature close to the electron temperature, i.e. several eV. The velocity distribution measurements are supplemented by probe measurements of the ion density, the electron energy distribution, and the floating and plasma potentials. Possible heating mechanisms for the ions are discussed. Candidates are wave heating, temperature and density gradients, and a double-layer in the divergent magnetic field.

P 9.18 Di 17:30 Foyer des IfP

Anwendung hoch-zeitauflösender QCLAS zur Untersuchung des gepulsten CF_4/H_2 RF Plasmas — ●SERGEY STEPANOV¹, STEFAN WELZEL², JÜRGEN RÖPCKE² und JÜRGEN MEICHSNER¹ — ¹Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald — ²Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V., Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Zur Bestimmung absoluter Dichten von CF_4 - und C_3F_8 -Molekülen in gepulsten kapazitiv gekoppelten CF_4/H_2 RF-Plasmen (13,56 MHz) wurde die hochauflösende Infrarot Quantum Cascade Laser Absorption Spectroscopy (IR-QCLAS) eingesetzt. Hierzu wurden ein komplexes Absorptionsspektrum im Wellenzahlbereich von 1269 bis 1275 cm^{-1} ausgewählt und effektive Absorptionsquerschnitte σ_{eff} für CF_4 und C_3F_8 definiert sowie deren Absolutwerte aus Absorptionsmessungen an den einzelnen Gasen bestimmt. Diese Absorptionsquerschnitte wiesen eine deutliche Abhängigkeit von der Gastemperatur T auf und wurden zusätzlich mittels einer heizbaren Referenzgaszelle für $T \leq 400$ K untersucht. Da sich die Absorptionsspektren beider Moleküle im betrachteten Spektralbereich stark überlagern, musste die totale Absorption beider Gase an zwei verschiedenen spektralen Positionen unter identischen Plasmabedingungen gemessen werden. Anschließend konnten die einzelnen Beiträge von CF_4 und C_3F_8 unter Berücksichtigung ihrer Temperaturabhängigkeit $\sigma_{eff}(T)$ entfaltet werden. Für die ausgewählten Versuchsbedingungen wurde eine Gastemperatur von 390 K im Plasma ermittelt. Diese Arbeit wird gefördert durch die DFG unter SFB-Transregio 24, Projekte B5 und B2.

P 9.19 Di 17:30 Foyer des IfP

Spektroskopische Bestimmung der metastabilen $O_2(a^1\Delta_g)$ -Moleküle in der positiven Säule der DC-Sauerstoff-Glimmentladung — ●RENÉ REIMER, HOLGER SPAHR und HANS-ERICH WAGNER — Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Strasse 6, 17487 Greifswald

Die metastabilen $O_2(a^1\Delta_g)$ -Moleküle sind ein wichtiger Reaktionspartner der negativen Ionen O^- , welche wiederum das Stabilitätsverhalten und die Struktureigenschaften der positiven Säule der DC-Sauerstoff-Glimmentladung bestimmen. Deshalb wurden systematische Messungen der Dichte metastabiler Moleküle mittels VUV-Absorptionsspektroskopie durchgeführt. Hierfür wurde die Absorption der Sauerstoffmoleküle im Grundzustand bei 134 nm und der $O_2(a^1\Delta_g)$ -Moleküle bei 128,5 nm genutzt. Dabei wurde ein Parameterbereich von $p_0 = 0,1 - 1$ Torr; $I_E = 0,1 - 40$ mA erfasst und u. a. eine signifikante Erhöhung der Teilchendichten der $O_2(a^1\Delta_g)$ -Moleküle beim Übergang von der T- zur H-Form registriert (T-Form $\hat{=}$ niedrige elektrische Feldstärke, H-Form $\hat{=}$ hohe elektrische Feldstärke).

Gefördert im Rahmen des SFB-TR 24 „Komplexe Plasmen“, Projekt B1

P 9.20 Di 17:30 Foyer des IfP

160 GHz microwave interferometry for oxygen rf plasma (CCP) diagnostics — ●KRISTIAN DITTMANN, CHRISTIAN KÜLLIG, and JÜRGEN MEICHSNER — University of Greifswald, Institute of Physics, Greifswald, Germany

The microwave interferometry compared with probe diagnostics is a non-invasive method which affords a direct measurement of the line integrated electron density by the phase shift of the microwave due to the change of electron density without any model assumptions. The electron density is directly coupled with the plasma frequency and therefore with the refractive index of the plasma.

The interferometer consists of a frequency stabilized (PLL) heterodyne system operating at a frequency of 160 GHz ($\lambda = 1.87$ mm). Therefore, a quasi-optical setup is assumed, whereas it has to be considered special designed horn antennas and elliptical mirrors as well as the limiting apertures (windows of the plasma chamber) in relation to the beam waist for optimal coupling and focussing the microwave into the plasma centre. Assuming typical electron densities of rf plasmas (CCP) in the range from 10^{15} to 10^{16} m⁻³ the corresponding phase shifts are expected of between 0.03° and 0.3° .

First measurements of line integrated electron densities were performed in dependence on oxygen total pressure and rf power. Using a simplified de-convolution method of the line-integrated signal the determined electron densities correspond to the expected values in rf plasmas.

P 9.21 Di 17:30 Foyer des IfP

Wave Heating in Neutral Loop Discharges — ●YUSUF CELIK, DRAGOS L. CRINTEA, CHRISTOPHER ISENBERG, RACHEL FAIBLAT, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr University Bochum, 44780 Bochum

The Neutral Loop Discharge (NLD) is believed to be based on a chaoticization of electron trajectories around a magnetic X-point. Single particle and PIC simulations predict strong heating by a superimposed RF electric field. In this contribution we demonstrate that the heating mechanism in inductive NLDs is in fact given by the formation of an azimuthally isotropic $m = 0$ Helicon wave. The current induced in the vicinity of the X-point modifies the Helicon field structure compared to the standard case observed in homogeneous fields. This leads to a beating of different longitudinal modes. In addition, standing wave patterns by reflection from the chamber bottom are observed. The parallel occurrence of different longitudinal modes stabilizes the discharge and operation is less critical to phase and refractive index matching than in a standard Helicon discharge. The above picture is the result of intensive measurements using Langmuir and B-dot probes as well as phase resolved optical emission spectroscopy (RF-MOS). Maximum optical emission is observed outside the neutral loop (X-point) along a hollow hose oriented parallel to the static magnetic field. The emission pattern remains unchanged when the flux lines to the X-point are blocked by quartz ring. The measured wave field structures agree well with a simple model including the diamagnetic current induced close to the X-point. Supported by DFG via GK 1051.

P 9.22 Di 17:30 Foyer des IfP

Dissociation of nitrogen atoms in Hollow Cathode Arc — IGOR VINOGRADOV and ●ACHIM LUNK — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Measurements of following plasma parameter in HCA by OES will be presented: EEDF, electron density, dissociation degree of nitrogen. Spectroscopic measurement of EEDF is based on the analysis of the molecular spectra of nitrogen and the atomic spectra of He, N and Ar. The shape of the EEDF was evaluated by Langmuir probe measurements. Investigations were performed in Ar/He, Ar/N₂, N₂/He mixtures at gas pressure 0.3 - 1 Pa. A spectrometer of 75 cm focal length together with a CCD-camera was used in OES. Discharge current is varied in the range of 20 - 110 A, voltage in the range of 32 - 50 V. An inhomogeneous magnet field was applied and its influence on plasma parameter was studied. The electron temperature does not strongly depend on the discharge current and the composition of gas mixture. Its averaged value is about (4.0 +/- 0.5) eV. The electron density depends sensitively on magnetic field and can be increased by a factor of 10 if magnet field is increased from 0 to 20 mT. Dissociation degree of nitrogen increases linearly with increasing discharge current.

P 9.23 Di 17:30 Foyer des IfP

Dielektrisch Behinderte Entladungen - Untersuchungen der Zündkriterien und der Strom- und Spannungscharakteristik — ●CHRISTIAN HOCK, ANDREAS SCHÖNLEIN, BATU KLUMP, BENJAMIN KOUBECK, MARCUS IBERLER und JOACHIM JACOBY — Johann Wolfgang von Goethe Universität, Institut für Angewandte Physik, Max von Laue Strasse 1, 60438 Frankfurt a.M.

Eine Dielektrisch behinderte Entladung (DBE) bezeichnet eine Entladung, bei der die Elektroden durch mindestens eine isolierende Schicht (Dielektrikum) von einander getrennt sind. Das Plasma zeichnet sich durch einen thermischen nicht Gleichgewichtszustand aus, bei der die mittlere Elektronenenergie weit Höher als die der schwereren Ionen ist. Dies ist durch die sehr kurze Entladungsdauer von wenigen Nanosekunden bedingt, die es dem Plasma nicht erlauben ein thermisches Gleichgewicht aufzubauen. Die Entladung kennzeichnet sich durch viele einzelne Streamerentladungen, auf Filamententladungen genannt. Diese sind im Stromspannungsverlauf durch viele einzelne Stromimpulse gekennzeichnet. Um das plasmaphysikalische Verhalten der DBE besser zu verstehen, sollen im Zuge dieser Arbeit, der Stromspannungsverlauf der Entladung untersucht werden und unter Variation verschiedener Parameter, wie z.B. der Pulsform (Sinus, Rechteckspannung), Pulsdauer und Amplitude, als auch Geometrie, Gasdruck und Elektrodenabstand die Zündkriterien bestimmt werden.

P 9.24 Di 17:30 Foyer des IfP

Integrierte 10 W Mikrowellen-Plasmaquelle an Atmosphärendruck — ●SILVIO KÜHN, HORIA-EUGEN PORTEANU und ROLAND GESCHE — Ferdinand-Braun-Institut für Höchstfrequenztechnik, Berlin

Eine neuartige atmosphärische Mikroplasmenquelle wird vorgestellt, die einen integrierten Solid-State-Mikrowellenoszillator nutzt. Die Plasmaquelle arbeitet mit Stickstoff oder Druckluft und benötigt zum Betrieb nur eine Gleichspannung von 24 Volt. Die Quelle besteht aus einem Mikrowellen-Resonator, der die Plasmaelektrodenstruktur beherbergt, sowie einen Hochleistungs-Galliumnitrid-Transistor. Der Transistor ist so beschaltet, dass eine gewollte Mikrowellenoszillation bei 2,3 GHz auftritt. Bei dieser Frequenz zündet das atmosphärische Mikroplasma, welches im Dauerstrich-Betrieb (CW) unterhalten wird. Bei der Plasmazündung tritt ein großer Impedanzsprung auf, der durch die Oszillatorschaltung beherrscht wird. In diesem Beitrag werden Verfahren für die mikrowellentechnische Entwicklung der Plasmaquelle beschrieben. Weiterhin wird der Impedanzsprung im Resonator sowie das Verhalten der gesamten Schaltung bei Plasmazündung detailliert untersucht.

P 9.25 Di 17:30 Foyer des IfP

Self-pulsing of a micro hollow cathode discharge — ●BEILEI DU, SEBASTIAN MOHR, DIRK LUGGENHÖLSCHER, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum, 44780 Bochum, Germany

Micro hollow cathode discharges (MHCD) consist of two electrodes separated by a thin dielectric (100 μ m). The discharge develops in a hole penetrating all three foils (200 μ m diameter). When powered by a DC voltage of several 100 V, the discharge shows self-pulsing operation. The pulse frequency can range from several kHz up to about 1 MHz and the pulse width can be as short as several 10 ns. The self-pulsing and the discharge ignition is investigated in argon at pressures ranging from several 1000 Pa to atmospheric pressures. Voltage and current measurements as well as optical emission measurements by an ICCD camera equipped with a microscope lens are performed. The pulse frequency is related to the capacitance of the discharge setup. Due to the smallness of all components stray capacitances are actually quite important. The circuit is critically analyzed and consequences for interpretation of the measured current waveforms are discussed. The voltage-current characteristic shows a transition from abnormal mode to spark mode as in a DC glow discharge.

P 9.26 Di 17:30 Foyer des IfP

Untersuchungen zur Plasmarandschicht in HF-Quellen zur Produktion negativer Wasserstoffionen — ●DIRK WÜNDERLICH, URSEL FANTZ und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasma-physik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Das für Heizung und Stromtrieb an ITER vorgesehene Neutralteilchen-Injektionssystem basiert auf einer am IPP Garching entwickelten HF-Quelle für negative Wasserstoffionen. In einem Niederdruckplasma ($p \approx 0.3$ Pa) werden durch Konversion an der mit einer dünnen Cäsiumschicht bedeckten Oberfläche des Extraktionssystems negati-

ve Wasserstoffionen erzeugt. Aufgrund der geringen Bindungsenergie des zusätzlichen Elektrons ($E_b = 0.75 \text{ eV}$) werden selbst bei niedrigen Elektronentemperaturen ($T_e \approx 1 - 2 \text{ eV}$) nur maximal etwa 20 % dieser Ionen extrahiert. Da die Potentialverteilung innerhalb des Plasmas von entscheidender Bedeutung für die Quelleffizienz ist, wurde mit einem 1d3v-PIC-Code selbstkonsistent die Ladungsdichteverteilung in der Plasmarandschicht an den Wänden der Ionenquelle und in der Umgebung einer Sondenspitze berechnet. Der Einfluss von an den Oberflächen produzierten negativen Ionen und den im Plasma vorhandenen positiven Cs-Ionen auf die Randschicht wurde untersucht. Der aktuelle Status des verwendeten Codes sowie die neuesten Ergebnisse werden vorgestellt und diskutiert.

P 9.27 Di 17:30 Foyer des IfP

Experimentelle Untersuchungen zur anlagerungsinduzierten Ionisationsinstabilität in einer Sauerstoff RF-Entladung — ●SILKE PETERS und JÜRGEN MEICHSNER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str.6, 17489 Greifswald

Plasmen mit einem hohen Anteil negativer Ionen zeigen Effekte wie die anlagerungsinduzierte Ionisationsinstabilität. Diese entsteht unter bestimmten Entladungsbedingungen, bei denen der Prozess der Elektronenanlagerung gegenüber der Ionisation dominiert. In einer kapazitiv gekoppelten Sauerstoff-RF-Entladung kommt es mit einsetzender Instabilität zu Oszillationen der RF-Spannung sowie der optische Emission. Gleichzeitig durchläuft die atomare Sauerstoffgrundzustandsdichte mit steigender RF-Spannung ein Minimum [1]. In der vorliegenden Arbeit verschiebt sich dieses Minimum mit zunehmendem Entladungsdruck zu kleiner werdenden Selbstbias-Spannungen. Ebenso werden im gepulsten Entladungsmodus vergleichbare Oszillationen 2 – 7 ms nach dem Einschalten des Plasmas beobachtet. Ab diesem Zeitpunkt fällt die O-Atomdichte auf zwei Drittel ihres Ausgangswertes und erreicht nach 10 ms einen stationären Wert. Generell ergibt sich aus einem Vergleich der experimentellen Daten ein signifikanter Entladungsbereich für das Auftreten der Instabilität abhängig von der Selbstbias-Spannung und dem Druck.

[1] H.-M. Katsch et al., Appl. Phys.Lett. 75(14)(1999), 2023.

P 9.28 Di 17:30 Foyer des IfP

Investigation on T-waves in the low pressure dc positive column in oxygen — ●MARC BOGACZYK, DIRK PASEDAG, HOLGER TESTRICH, and HANS-ERICH WAGNER — Institut für Physik, E.-M.-Arndt-Universität Greifswald

Plasmas of electronegative molecular gases are known to be susceptible to the development of instabilities which lead to the excitation of standing and moving striations. In the positive column of the dc O_2 -glow discharge two regimes exist, one with a low axial electric field strength of about 5 V/cm, the so called T-mode, and the H-mode with more than 10 V/cm. The investigations are focused on the anode directed waves in the T-mode and the dynamic behavior of the H- and T-mode. The determination of phase velocity and wavelength was done by probe head measurements on a plasma tube with variable electrode distances from 40 cm to 120 cm, pressures from 0.5 Torr to 1 Torr and discharge currents up to 60 mA. Also different cathode

configurations were used.

Supported by SFB-TR 24, project B1.

P 9.29 Di 17:30 Foyer des IfP

Modifizierung edelmetallfreier metallorganischer Katalysatoren mittels Niedertemperaturplasmen — ●NATALIE SAVASTENKO¹, VOLKER BRÜSER¹, KIRSTEN ANKLAM¹, ANDREAS SCHMUHL² und HENRIK JUNGE³ — ¹Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie, Greifswald, Deutschland — ²AMT Analysenmesstechnik GmbH, Rostock, Deutschland — ³Leibniz-Institut für Katalyse e. V. an der Universität Rostock, Rostock, Deutschland

Niedertemperaturplasmen werden in vielen Bereichen zur Modifizierung von Oberflächen eingesetzt. Speziell nichtthermische Plasmen spielen wegen ihres geringen Wärmeeintrages bei der Oberflächenbehandlung temperaturempfindlicher Materialien eine bedeutende Rolle. In diesem Vortrag sollen die Ergebnisse der Modifizierung edelmetallfreier porphyrin-basierter Verbindungen mittels Niedertemperaturplasmen demonstriert werden. Diese Verbindungen werden u. a. als Kathodenkatalysatoren bei Brennstoffzellen mit flüssigen Reaktanten wie z. B. mit einer H_2O_2 -Lösung als Oxidationsmittel eingesetzt. Die katalytische Aktivität des Katalysators wurde durch eine Oberflächenbehandlung mit Hilfe eines Hochfrequenz-Plasmas (HF-Plasma) im Niederdruckbereich in stickstoff-, argon-, und sauerstoffhaltigen Arbeitsgasen gezielt verändert und mittels Zyklovoltammetrie untersucht. Die Katalysatoren wurden vor und nach der Plasmabehandlung mit Hilfe der Röntgen-Photoelektronen-Spektroskopie (XPS), UV/Vis-Spektroskopie und Atomkraftmikroskopie (AFM) untersucht. Diese Ergebnisse wurden in Korrelation mit der elektrochemischen Aktivität gesetzt.

P 9.30 Di 17:30 Foyer des IfP

Ion flux distribution functions for argon, argon/nitrogen and argon/oxygen discharges by ICP with superimposed static magnetic field — ●VASILE VARTOLOMEI and RAINER HIPPLER — Institut für Physik, E.-M.-Arndt Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, D-17487 Greifswald

Our plasma is produced by an inductively coupled RF discharge (13.56 MHz) with an additional small static magnetic field (few mTesla). The earth free single turn inductive coil comes in contact with plasma. The design of experimental device combines the plasma source region with an expansion region (substrate region). During the plasma operation we measured the ion distribution functions (IDFs) of energetic ions in the expansion region using a combination of a quadrupole mass spectrometer and an electrostatic energy analyzer. We obtained the IDFs in the range 0.06 to 1 Pa with powers from 50 to 600 W. We investigated the passage from capacitive to inductive and then to ECWR (electron cyclotron resonance mode) using different gas mixtures: argon, nitrogen, oxygen, argon/nitrogen and argon/oxygen. The IEDFs shape evolves from a mono-peak structure to multi-peak structure (three, four or six peaks). Possible explanations for the additional splitting are discussed.