

P 16: Poster: Niedertemperaturplasmen

Zeit: Mittwoch 16:30–18:30

Raum: Foyer

P 16.1 Mi 16:30 Foyer

RF field distribution in a discharge with a magnetic X-point — ●TSANKO TSANKOV and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum, 44780 Germany

A novel type of discharge with a magnetic X-point is designed to investigate a possible new channel for negative hydrogen ion production. The production is expected to be in the volume by dissociative attachment to excited molecules formed on a dielectric surface. The magnetic X-point serves as a common magnetic filter for enhancement of the negative ion production. At the same time it influences also the RF power coupling to the plasma which is also important for the source performance.

In this study the RF field distribution is investigated and discussed. The results are obtained by using the radio frequency modulation spectroscopy. With this technique by registering the modulation within the RF cycle of the emitted light, information on the oscillation and drift velocities of the electrons is inferred. The obtained results allow the RF field coupling mechanism to be discussed and several hypotheses are proposed.

P 16.2 Mi 16:30 Foyer

The Electrical Asymmetry Effect in oxygen discharges — ●EDMUND SCHÜNGEL¹, QUANZHI ZHUANG², SHINYA IWASHITA¹, JULIAN SCHULZE^{1,3}, JIANG WEI², LU-JING HOU⁴, YOU-NIAN WANG², and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — ²School of Physics and Optoelectronic Technology, Dalian University of Technology, China — ³Research Institute for Solid State Physics and Optics, Hungarian Academy of Sciences — ⁴Max Planck Institute for Extraterrestrial Physics, Garching

Capacitively coupled radio frequency discharges are of paramount importance in etching and deposition processes. In these applications, gases revealing a complex chemistry, e.g. including several ion species, are often used. Here, separate control of ion energy and ion flux at the processing surfaces is the key to optimizations. This can be achieved via the Electrical Asymmetry Effect (EAE). The symmetry of the discharge and, therefore, the ion energies at the electrodes are controlled via the phase angle between the fundamental frequency and its second harmonic, which are applied to the discharge. However, all investigations of the EAE have been restricted to argon discharges up to now. Here, an electrically asymmetric electronegative discharge is set up experimentally and in a PIC/MCC simulation. The results include the dc self bias, the discharge current and the spatial density profiles of positive and negative ions and electrons. They show that the effect works well in oxygen, although some deviations compared to electropositive (argon) plasmas are found, especially in the high pressure regime at about 100 Pa. An analytical model is used to explain the results.

P 16.3 Mi 16:30 Foyer

Messung und Modellierung von Ionendichten in HF-angeregten Wasserstoff- und Deuteriumplasmen — ●DAVID ERTL¹, DIRK WÜNDERLICH² und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

In einem planar induktiv gekoppelten HF-Plasmaexperiment (Frequenz: 27,12 MHz) werden mittels optischer Emissionsspektrometrie, energieauflösender Massenspektrometrie und Langmuirsondenmessungen Plasmaparameter und absolute Ionendichten in Wasserstoff- und Deuteriumplasmen bestimmt. In einem ersten Schritt werden experimentelle Ergebnisse für H₂-Plasmen zusammen mit modellierten Werten aus dem Dissoziations-/Ionisationsmodell Yacora für Wasserstoff vergleichend diskutiert. Für das Modell nötige Inputparameter (z.B. Elektronendichte und -temperatur) wurden experimentell bestimmt. Zielsetzung ist die Überprüfung der Validität des theoretischen Modells und die Identifikation der die Ionenverteilung bestimmenden Prozesse. Im zweiten Schritt erfolgt dann anhand eines Vergleichs modellierter Ionendichten mit in D₂-Plasmen gemessenen Werten eine Diskussion von Isotopeneffekten von D₂ gegenüber H₂. Es werden Ergebnisse in einem Druckbereich von 4 Pa bis 20 Pa bei verschiedenen Einkopplungsleistungen vorgestellt.

P 16.4 Mi 16:30 Foyer

Bestimmung der Plasmaparameter von Niederdruckentladungen mit InBr mittels optischer Diagnostikmethoden — ●STEFAN BRIEF¹ und URSEL FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

In herkömmlichen Leuchtstofflampen wird Quecksilber zur Erzeugung der Strahlung eingesetzt. Wegen der Umweltbelastung von Hg werden Alternativstoffe gesucht, die im nahen UV-Bereich intensiv strahlen. Dabei werden Metallhalogenide (insbesondere InBr) diskutiert, da sie im Bereich zwischen 300 und 420 nm ein breites und intensives Bandenspektrum besitzen. In heizbaren, abgeschlossenen Glasröhren mit definiertem Inhalt (Edelgas und Metallhalogenid) wurden induktiv gekoppelte Plasmen (HF-Frequenz 13,56 MHz) erzeugt und untersucht. Als diagnostische Methoden kommen die optische Emissionsspektroskopie sowie Weiklicht-Absorptionsspektroskopie zum Einsatz. Da die Edelgasemission bei höheren Metallhalogenid-Dichten im Plasma verschwindet, kann diese dann nicht mehr zur Diagnostik verwendet werden. Die Elektronendichte und -temperatur geht daher aus einem erweiterten Koronamodell der Indium-Strahlung hervor, während die Vibrations- und Rotationstemperatur des Metallhalogenid-Moleküls mittels einer Simulation der relativen Bandenemission bestimmt werden. Die ermittelten Plasmaparameter erlauben ein Verständnis der Besetzungsmechanismen, was eine gezielte Optimierung der Effizienz der Molekülemission ermöglicht.

P 16.5 Mi 16:30 Foyer

Einfluss eines magnetischen Filterfeldes auf die Plasmahomogenität in großflächigen Ionenquellen — ●BENJAMIN RUF, DIRK WÜNDERLICH, LOÏC SCHIESKO, URSEL FANTZ und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

In den IPP Prototypquellen (Höhe × Breite Querkörper = 59 cm × 32 cm, $A_{\text{extr}} = 63 \text{ cm}^2$) für die ITER NNBI zur Erzeugung und Extraktion negativer Wasserstoffionen an einem cäsiumbeschichteten Gitter wird ein magnetisches Filterfeld (Feldstärke im Bereich mehrerer mT) zur Absenkung der Elektronentemperatur zwischen den Bereichen der Plasmaerzeugung und der Ionenproduktion eingesetzt. Dadurch wird die Zerstörungsrate negativer Ionen durch Elektronenstoß minimiert.

Das magnetische Filterfeld beeinflusst neben der Elektronentemperatur die gesamten Plasmaparameter in der Quelle, wie zum Beispiel Plasmapotential, Ionen- und Elektronendichte. Weiterhin verursacht das Magnetfeld zusammen mit elektrischen Feldern im Plasma eine Drift und hat somit Auswirkungen auf die Plasmahomogenität und die Cäsiumverteilung im Bereich der Extraktion.

Es wurden Messungen mit der optischen Emissionsspektroskopie, kombiniert mit Langmuirsonden durchgeführt, um die Homogenität von Plasma und Cäsium zu untersuchen. In der vorgestellten Messkampagne wird das magnetische Filterfeld in seiner Stärke, Polarität und Position variiert, um so Korrelationen herauszuarbeiten.

P 16.6 Mi 16:30 Foyer

Experimentelle Untersuchungen zur Plasmadynamik am magnetischen Nullpunkt — ●ADRIAN VON STECHOW¹, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst Moritz Arndt-Universität Greifswald

Nullringentladungen (Neutral Loop Discharges, NLDs) sind Entladungen in Magnetfeldkonfigurationen, in denen die magnetische Feldstärke entlang eines Kreises verschwindet. In bisherigen Untersuchungen wurden unterschiedliche Heizprozesse nahe des Nullrings identifiziert, die zu einer Erhöhung der Plasmadichte und Elektronentemperatur führen können. Dazu zählen stoßfreie Heizung aufgrund ergodischer Teilchenbahnen im inhomogenen Magnetfeld, induktiver Stromtrieb im Nullring und Wellenheizung. Bisher wurde das Plasma nahe des Nullrings erzeugt, was die Trennung von Heizung durch direkte Leistungseinkopplung von weiteren Heizmechanismen erschwert. Im linearen Plasmaexperiment VINETA wurden unterschiedliche RF-Antennengeometrien in einer Nullringkonfiguration verwendet, um diese Effekte getrennt voneinander zu untersuchen. Dazu wurden mit Langmuirsonden Profile der Elektronentemperatur, des Potentials und der Plasmadichte aufgenommen, die mit Ergebnissen einer

3D-Einzelteilchensimulation verglichen wurden. Im Einzelteilchenbild kommt es bereits ohne Berücksichtigung elektrischer Felder zu komplexen Bahnen, bei denen vor allem die irreguläre Bewegung aufgrund der Nichtlinearität der Bewegungsgleichungen, sowie Spiegeleffekte in den starken Feldgradienten zu lokal überhöhten Profilen führen.

P 16.7 Mi 16:30 Foyer

Raumzeitliche Untersuchungen von Alfvénwellen mittels eines \hat{B} -Sondenarrays — ●FALK BRAUNMÜLLER^{1,2}, OLAF GRULKE^{1,3} und THOMAS KLINGER^{1,3} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg — ³Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

Alfvénwellen sind elektromagnetische Fluktuationen in magnetisierten Plasmen mit Frequenzen unterhalb der Ionenzyklotronfrequenz ω_{ci} . Untersuchungen in Laborexperimenten erfordern hohe Plasmadichten, die im linearen Experiment VINETA mittels Helikontladung erreicht werden. Die Alfvénwellen werden mit einer Antenne angeregt mit typischen relativen Magnetfeldamplituden von $\hat{B}/B_0 \leq 5\%$. Im Gegensatz zu vorherigen Untersuchungen wird das Wellenfeld zweidimensional mittels eines Arrays von \hat{B} -Sonden detektiert. Der Aufbau und die Kalibration des Arrays werden vorgestellt. Aus den zeitlich aufgelösten 2D-Magnetfeldmessungen können die fluktuierenden Ströme rekonstruiert und die Dispersion der propagierenden Alfvénwellen bestimmt werden. Die Ergebnisse werden mit Dispersionsbetrachtungen basierend auf einem resistiven MHD-Modell verglichen.

P 16.8 Mi 16:30 Foyer

Kinetic damping of shear Alfvén waves — ●THOMAS WINDISCH¹, OLAF GRULKE^{1,2}, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, 17491 Greifswald, Germany — ²Ernst-Moritz Arndt University, 17489 Greifswald, Germany

Alfvén waves are low-frequency ($\omega \ll \omega_{ci}$) magnetic field perturbations which propagate with the Alfvén velocity v_a along the ambient magnetic field B_0 . Besides collisional damping Alfvén waves are damped by kinetic effects, i.e. ion cyclotron and Landau damping, which are important for the heating of the corona and can be utilized as plasma heating mechanism in fusion devices. The cyclotron damping occurs if the wave frequency approaches the resonance at the ion cyclotron frequency ω_{ci} . Ions resonate with the wave and are heated by absorbing the wave energy. Wave-particle interaction via Landau damping becomes important if the phase velocity gets close to the electron thermal velocity v_e . In the linearly magnetized VINETA experiment Alfvén waves are excited using a Helmholtz antenna. The magnetic field fluctuations are measured with a three-axis miniaturized \hat{B} -probe, which allows to characterize the polarization of the wave. A gradient of the ambient magnetic field is used to produce a narrow axial region, in which the frequency of the waves matches the local ion cyclotron frequency. The same mechanism is used to produce an axial decrease of the plasma density, such that $v_a \sim 1/\sqrt{n}$ approaches v_e . The experimental findings are compared with estimates of the kinetic dispersion relation.

P 16.9 Mi 16:30 Foyer

Ion acoustic wave dispersion measurement using Laser Induced Fluorescence. — ●DAMIEN NIEMCZYK¹, OLAF GRULKE^{1,2}, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹Max-Planck-Institute for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt University, Greifswald

Laser induced fluorescence (LIF) provides a non-intrusive diagnostic method to determine the ion energy distribution function (IEDF) and its perturbations by electromagnetic fields of wave phenomena. Thus, measurements of the IEDF yield the wave's dispersion relation. This method is demonstrated for an electrostatic ion acoustic wave in the experiment VINETA. The used LIF scheme consists of a diode laser with a center wavelength of 668.61nm, a tuning range of 30pm, and CW operation power of 40mW. Temporal resolution can be achieved by using a digital lock in amplifier, which discriminates the induced fluorescence signal with respect to the phase of the wave. Inversion of the Vlasov equation then yields the wave's electric field. For the presented experiment $T_e \gg T_i$ holds and in the low frequency limit ($k^2 \lambda_{De}^2 \ll 1$) the phase velocity of this wave is given by the ion sound velocity.

P 16.10 Mi 16:30 Foyer

Experimentelle Untersuchungen der Ionenkinetik um sphärische Objekte in magnetisierten Plasmen — ●JAKOB BRUNNER^{1,3}, OLAF GRULKE^{1,2} und THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI für

Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald — ³Universität Rostock

Die Untersuchung des Einflusses materieller Objekte auf die Plasmadynamik ist in vielerlei Hinsicht von großem Interesse. Als Beispiele lassen sich hierfür Sondentechniken, besonders der Bereich der Machsonden, sowie die Aufladung mesoskopischer Partikel in staubigen Plasmen anführen. Es hat sich gezeigt, dass die Dynamik dabei stark von den Plasmametern abhängt. Die vorliegende Arbeit untersucht auf experimenteller Basis die Ionenkinetik um makroskopische Objekte variierender Größe und unterschiedlichen Materials. Das Plasma wird in seiner Kollisionalität und paralleler Ionendrift variiert. Die Experimente wurden an der linearen Anlage VINETA durchgeführt. Dabei wurden verschiedene Messmethoden verwendet und kombiniert, allen voran die laserinduzierte Fluoreszenz in Kombination mit emissiven und kompensierten Langmuirsonden, wodurch eine direkte Messung der Ionenenergieverteilungsfunktion und der Gradienten der Plasmaparameter ermöglicht wird. Die Resultate werden mit Ergebnissen aus elektrostatischen PIC Simulationen verglichen.

P 16.11 Mi 16:30 Foyer

Experimental Device for Magnetic Reconnection Studies — ●HANNES BOHLIN¹, OLAF GRULKE^{1,2}, and THOMAS KLINGER^{1,2} — ¹MPI for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald — ²Ernst-Moritz-Arndt University, Greifswald

Magnetic reconnection is the topological rearrangement of magnetic fields through the breaking and reconnection of magnetic field lines. It plays an important role in many space plasmas, such as solar flares, as well as in some laboratory processes. Though extensive theoretical and experimental research has been carried out on magnetic reconnection, the mechanism behind the process is still not fully understood.

A review of the planned upgrade to the linearly magnetized plasma device VINETA is presented. The current setup will be modified by adding a new module, whose larger dimensions will allow for the study of the plasma dynamics of driven magnetic reconnection. A guide field will be used to confine the plasma and the reconnection will be driven by passing a current through two parallel conductors placed inside the new module. Besides the standard Langmuir probes, the main diagnostics will consist of a B-dot probe array for reconstructing the magnetic field and Laser Induced Fluorescence (LIF) for determining the ion energy distribution function near the X-point. The role of axial boundaries is discussed in detail.

P 16.12 Mi 16:30 Foyer

Investigation of the spatial, spectral and temporal Development of an intermittent negative DC Corona Discharge — ●TORSTEN GERLING, RENÉ BUSSIAHN, TOMAS HODER, ECKHARD KINDEL, KLAUS-DIETER WELTMANN, and RONNY BRANDENBURG — Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP Greifswald), 17489 Greifswald, Germany

A characterisation with respect towards temporal, spectral and spatial development of an intermittent negative DC corona discharge device will be presented. The source is driven with argon, flowing into ambient air. Typical current pulses of this device have a FWHM of 10 ns and amplitudes up to 1,5 A. Despite the self pulsing behaviour of the plasma, the discharge was investigated by means of cross correlation spectroscopy. A spatial resolution of 100 μm , a spectral resolution of 0,1 nm and a temporal resolution of 70ps were achieved. The discharge develops in five steps, with a cathode and anode directed ionisation front during the ignition phase. Starting nearly simultaneous, both ionisation fronts show velocities between $1 \dots 10 \cdot 10^5 \text{ m/s}$. They initiate a glow phase, characterized by spectral emission of highly excited species (e.g. first negative system of nitrogen).

P 16.13 Mi 16:30 Foyer

Eine kontinuierlich arbeitende Sonde zur Messung des Energieeintrages bei plasmatechnologischen Prozessen — ●RUBEN WIESE¹ und HOLGER KERSTEN² — ¹Institut für Plasmaphysik und Technologie Greifswald — ²Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Kiel

Fast alle plasmatechnologischen Anwendungen basieren auf der Plasma-Wand-Wechselwirkung, die u.a. mit kalorimetrischen Thermosonden zur Messung des Energieeintrages aus dem Plasma charakterisiert werden kann. Bekannt sind passive Sonden, die auf dem Prinzip basieren, den Temperaturverlauf beim Aufheiz- und Abkühlvorgang aufzunehmen und daraus den Energieeintrag zu berechnen. Eine kontinuierliche Messung ist mit diesen Sonde nicht möglich. Weiterhin sind

aktive Sonden bekannt, bei denen der Energieeintrag durch Messung eines Temperaturgefälles bestimmt wird. Die Temperatur dieser herkömmlichen aktiven als auch passiven Sonden ist nicht frei wählbar und eine Kalibrierung vor dem Messvorgang notwendig.

Eine nach einem anderen Prinzip kontinuierlich arbeitende aktive Sonde wird vorgestellt, bei der keine Kalibrierung notwendig ist und die Wärmeableitung durch die Halterung der Sonde sowie die Umgebungseinflüsse kompensiert werden. Die bei Beschichtung sich ändernde Wärmekapazität der Sonde ist ebenfalls ohne Einfluss auf den Messwert.

P 16.14 Mi 16:30 Foyer

CC-RF discharge in CF_4/H_2 : Simulation and experiment
— •GUNNAR STOPPA^{1,2}, SERGEY STEPANOV¹, RALF SCHNEIDER¹, and JÜRGEN MEICHNER¹ — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität, Greifswald, Germany — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald, Germany

CC-RF discharges in a CF_4 -hydrogen mixture are studied experimentally and with simulations. Measurements of transient and stable neutral species were performed using in-situ IR-TDLAS and FTIR-spectroscopy. Extensions of the experimental setup are planned to obtain informations on electrons (microwave interferometry, PROES) and ions (energy-resolved mass spectrometry). To understand the reaction dynamics in the discharge a 0D-code including 40 species with over 200 reactions was developed. Sensitivity studies using Monte Carlo techniques are done to analyse the dominant reaction pathes and error propagation of atomic and molecular data. Due to the importance of wall processes additional Molecular Dynamics studies for the interaction of neutral and ion species with deposited C-H-F films using a REBO-potential are performed. We expect to obtain better understanding of the fundamental interaction of plasma and wall, including break up patterns, reflection and sticking coefficients. Depending on the ability of experimental characterisation development of a PIC plasma model is envisaged.