

## P 6: Low Temperature Plasmas I

Time: Tuesday 14:15–16:10

Location: B 305

**Topical Talk**

P 6.1 Tu 14:15 B 305

**Spektrale Intensität der N<sub>2</sub>-Strahlung in einer Argon-Niederdruck-Bogenentladung für den Einsatz als Lichtquelle** — ●ROLAND FRIEDL<sup>1,2</sup>, URSEL FANTZ<sup>1,2</sup> und PATRICK STARKE<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Universität Augsburg, Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, 86135 Augsburg — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Konventionelle Leuchtstofflampen benutzen Quecksilber als UV-Emitter bei 254 nm und konvertieren diese Emission über Leuchtstoffe ins Sichtbare. Als Alternative zum Hg wird Stickstoff diskutiert, dessen Banden sowohl im nahen UV als auch bereits im sichtbaren Spektralbereich emittieren, wodurch geringere Konversionsverluste zu erwarten sind. Für die gezeigten Untersuchungen wurden Niederdruck-Bogenentladungen von Stickstoff im Argon-Hintergrund erzeugt (Durchmesser 26 mm, Elektrodenabstand 26,5 cm) und mittels optischer Emissionsspektroskopie charakterisiert. Von Interesse ist dabei die spektrale Intensität der N<sub>2</sub>-Molekülstrahlung in Abhängigkeit von der Gasmischung (0,1 bis 10 % N<sub>2</sub> in Argon), dem Absolutdruck (10<sup>-1</sup> bis 10<sup>2</sup> mbar) und dem Entladungsstrom (100 bis 500 mA). Des Weiteren wurden die relevanten Besetzungsmechanismen der N<sub>2</sub>-Niveaus mithilfe des Stoßstrahlungsmodells YACORA untersucht. Im Hinblick auf die Anwendung als Lichtquelle wurden zudem die Effizienzen bestimmt, d. h. das Verhältnis aus eingekoppelter elektrischer Leistung und emittierter Strahlungsleistung (im UV, VIS und NIR).

P 6.2 Tu 14:40 B 305

**Time resolved analyses of electron density and instabilities in oxygen rf plasma (CCP) with 160 GHz microwave interferometry** — ●CHRISTIAN KÜLLIG, KRISTIAN DITTMANN, and JÜRGEN MEICHSNER — University of Greifswald, Institute of Physics, Greifswald, Germany

The microwave interferometry compared with probe diagnostic represents a minimal-invasive diagnostics which affords a direct measurement of line integrated electron density by the phase shift of the microwave due to the change of electron density without any model assumptions. The microwave interferometer is a frequency stabilized (PLL) heterodyne system, operating at a frequency of 160.28 GHz ( $\lambda=1.87$  mm). Consequently a quasi-optical setup was designed to guide the microwave with minimum beam radius of 5 mm in the plasma centre. Applying this diagnostics on oxygen rf plasma at 13.56 MHz, it is possible to measure a minimum phase shift of  $\Delta\Phi=0.016^\circ$  and corresponding line integrated electron density down to  $5.3 \cdot 10^{13} \text{ m}^{-2}$  with time resolution of 10  $\mu\text{s}$ . Under these circumstances it is possible to study different temporal phenomena. Firstly, electron peaks were investigated in the afterglow of a pulsed oxygen rf plasma (10 Hz, duty cycle 50 %), which are connected with the detachment of negative ions as a possible production channel for electrons. Secondly, the observed electron density variation in the range of  $0.2 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$  and  $3.5 \cdot 10^{16} \text{ m}^{-3}$  is analysed and is associated with the attachment induced ionization instabilities with frequencies in the range from 100 Hz to 3 kHz.

P 6.3 Tu 14:55 B 305

**The Electrical Asymmetry Effect in geometrically asymmetric capacitively coupled radio frequency discharges** — ●EDMUND SCHÜNGEL, JULIAN SCHULZE, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum

If the voltage waveform applied to a capacitively coupled radio frequency discharge contains a fundamental frequency and its second harmonic (13.56MHz + 27.12MHz), the discharge symmetry can be adjusted by the phase angle between these two frequencies. Recent results have shown that this Electrical Asymmetry Effect (EAE) provides the opportunity to control the ion energy and the ion flux on a surface separately in a geometrically symmetric discharge. In this work, the EAE is investigated experimentally in a geometrically asymmetric discharge, i.e. the bottom powered electrode surface area is smaller than the grounded (top electrode and side walls) surface area. The geometrical asymmetry is varied by changing the electrode gap in a GEC reference cell. The voltage drops across the sheaths can be manipulated via the EAE. In particular, high voltage drops across the sheath adjacent to grounded surfaces are generated for the first time in such strongly geometrically asymmetric discharges. Consequently, ions

hit the grounded chamber walls at high energies. This might allow a more effective wall cleaning by highly energetic ion bombardment also in geometrically asymmetric discharges instead of chemical methods. Measurements in an argon discharge at low pressures are performed, and the opportunities and limitations of the EAE in a geometrically asymmetric discharge are discussed.

P 6.4 Tu 15:10 B 305

**Excitation dynamics in electrically asymmetric capacitively coupled radio frequency discharges - Experiment, simulation, and model** — ●JULIAN SCHULZE<sup>1</sup>, EDMUND SCHÜNGEL<sup>1</sup>, ZOLTAN DONKO<sup>2</sup>, and UWE CZARNETZKI<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum — <sup>2</sup>Hungarian Academy of Science

The symmetry of capacitively coupled radio frequency (CCRF) discharges can be controlled electrically by applying a fundamental frequency and its second harmonic with fixed but adjustable phase shift  $\theta$  between the driving voltages. In such a discharge a variable DC self bias is generated as an almost linear function of  $\theta$  for  $0^\circ < \theta < 90^\circ$ . This Electrical Asymmetry Effect allows separate control of ion energy and flux at the electrodes. Here electron dynamics in electrically asymmetric geometrically symmetric dual frequency discharges operated in argon at 13.56MHz and 27.12MHz is investigated experimentally, by a PIC simulation, and by an analytical model. At high pressures the excitation dynamics works differently compared to conventional CCRF discharges: Unlike classical discharges the time modulated fractions of the maximum excitation rates adjacent to each electrode within one low frequency period will be similar (symmetric excitation), if the DC self bias is strong ( $\theta=0^\circ, 90^\circ$ ) and significantly different (asymm. exc.), if the bias vanishes ( $\theta=45^\circ$ ). At low pressures the excitation dynamics works similar to classical discharges, i.e. the excitation will be asymmetric, if the bias is strong, and symmetric, if the bias vanishes. This dynamics is understood in the frame of an analytical model, which could be applied to other types of CCRF discharges as well.

P 6.5 Tu 15:25 B 305

**Experimentelle Untersuchung zur Entstehung von Doppelschichten in divergierenden Magnetfeldern** — ●TIMO SCHRÖDER<sup>1,2</sup>, OLAF GRULKE<sup>1,2</sup> und THOMAS KLINGER<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>EMA Universität Greifswald — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald

Doppelschichten (DS), d.h. lokalisierte Grenzsichten zwischen Plasmaregionen mit signifikanten Unterschieden des Plasmopotentials  $\Delta\Phi > k_B T_e / e$  ( $T_e$ : Elektronentemperatur), weisen große stabile elektrische Felder auf. Man unterscheidet hierbei zwischen stromtreibende und stromfreie DS. Letztere sind noch nicht vollständig verstanden, können aber bereits experimentell nachgewiesen werden. Die meisten Experimente nutzen hierfür den Einfluss divergierender Magnetfelder welche häufig an geometrische Übergänge geknüpft sind. In diesem Beitrag wird das Plasmaverhalten in Regionen starker MFG in der linere Helikonanlage VINETA untersucht. Durch die spezielle Anordnung der Magnetfeldspulen lassen sich axiale MFG von bis zu 200 T/m an unterschiedlichen axialen Positionen erzeugen. Unter anderem lässt sich hierdurch der Einfluss des Magnetfeldes von den geometrischen Effekten trennen. Mittels Langmuir- und emissiver Sonden wird der axiale Verlauf der Plasmaparameter gemessen und besonderen Augenmerk auf die Voraussetzungen für die Entstehung der DS gelegt.

P 6.6 Tu 15:40 B 305

**Tailored ion bombardment during plasma processing: options and limits** — ●TIM BALONIAK, RÜDIGER REUTER, CHRISTOPH FLÖTGEN, and ACHIM VON KEUDEL — Ruhr-Universität Bochum, AG Reaktive Plasmen, 44780 Bochum, Deutschland

Radio frequency biasing is a technique to control ion bombardment energies during plasma processing. The ion energies are manipulated by external voltages which are applied to the substrate holder. It is desirable to possess a technique to tailor ion energy distributions to the needs of a certain application such as dry etching or thin film deposition. In this contribution, we report about the quantitative measurement of ion velocity distributions at an arbitrarily biased electrode. Variable bias waveforms are applied to this electrode. The electrode voltage is monitored and controlled in the frequency domain using fast Fourier transformation. Ion velocity measurements are performed by

a miniaturized floating retarding field analyzer. A full modulation of the ion velocity distribution is obtained only if sufficiently high sheath voltages are applied. Non-linear sheath behavior is observed for low sheath voltages. This non-linear behavior is visible both in the electrode voltage and in the ion velocity distributions. It is shown that a combined DC and RF biasing is required to gain full control over the ion bombardment of the substrate.

P 6.7 Tu 15:55 B 305

**Modifikation sulfidischer Minerale durch die Behandlung in MW-Plasmen** — •FRANK MAY<sup>1</sup>, VOLKER BRÜSER<sup>1</sup>, EBERHARD GOCK<sup>2</sup> und VOLKER VOGT<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie (INP Greifswald e.V.) — <sup>2</sup>Institut für Aufbereitung, Deponietechnik und Geomechanik, Clausthal-Zellerfeld

Die Benetzbarkeit von Mineraloberflächen ist bei der Trennung von Mineralgemischen durch Flotation von entscheidender Bedeutung. Um selektiv hydrophobe bzw. hydrophile Eigenschaften verschiedener Kom-

ponenten zu erzielen, werden bei konventionellen Verfahren die Gemische chemisch, mit sog. Kollektoren und Drückern, behandelt.

Bei einem neuartigen Verfahren soll, mit Blick auf Umweltverträglichkeit und Kostenersparnissen, versucht werden, die Benetzbarkeit durch Plasmabehandlungen zu beeinflussen. Voraussetzung dafür ist zunächst das Verständnis der Wechselwirkungen zwischen Plasmen und Mineraloberflächen.

In unseren Experimenten wurden dazu Pyrit- ( $\text{FeS}_2$ ), Chalkopyrit- ( $\text{CuFeS}_2$ ) und Chalkosinpulver ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ) unterschiedlicher Korngrößenfraktionen in MW-Plasmen behandelt und anschließend durch XPS und XRD untersucht. Das Arbeitsgas wurde massenspektrometrisch analysiert.

Nach Behandlungen in Ar-O<sub>2</sub>-Plasmen konnte die Bildung von Eisenoxiden ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) auf der Oberfläche nachgewiesen und, durch Bestimmung freigesetzter SO<sub>2</sub>-Volumina, quantitativ ermittelt werden. Abhängig von den Prozessparametern entstehen dabei verschiedene Zwischenprodukte, die auf eine schrittweise Oxidation hindeuten.