

## P 27: Diagnostics II

Zeit: Donnerstag 14:00–15:45

Raum: HZO 30

**Hauptvortrag** P 27.1 Do 14:00 HZO 30  
**Kalorimetrische Sonden und Kraftsonden zur Plasmadiagnostik** — ●THOMAS TROTTEBERG — Universität Kiel

In diesem Beitrag wird ein Überblick über den Stand der Entwicklung der nichtelektrostatischen Sondendiagnostiken für Plasmen an der Universität Kiel gegeben. Es handelt sich zum einen um passive und aktive kalorimetrische Verfahren, und zum anderen um Techniken, mit denen Kräfte der Größenordnung von Mikronewton gemessen werden können, die auf eine ein Plasma begrenzende Wand ausgeübt werden. Diese eher unkonventionellen Verfahren messen letztendlich im Vergleich zu elektrische Ströme messenden Sonden höhere Momente von Geschwindigkeitsverteilungen, nämlich Energie- und Impulsströme. Bei elektrischen Verfahren (Langmuir-Sonde, Faraday Cup, ...) treten Nebeneffekte wie die Erzeugung von Sekundärelektronen auf, die verstanden und beherrscht werden müssen, wenn es als quantitative Diagnostik verwendet werden soll. Entsprechende Effekte gibt auch bei den hier vorgestellten Sonden, wobei insbesondere Sputtern, Schichtbildungen und chemische Reaktionen zu nennen sind, die zur Energie- und Impulsbilanz beitragen. Anwendungsbereiche, Nutzen und Grenzen der kalorimetrischen und kraftmessenden Diagnostiken werden diskutiert.

P 27.2 Do 14:00 HZO 30

**Investigations on the Bohm criterion in two-component plasmas** — ●TSANKO VASKOV TSANKOV and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum, 44780 Germany

Despite the long history of the field of plasma physics and the ubiquitous investigations and application of plasmas with multiple ion species, the fundamental problem about the Bohm criterion [1-3] in such plasmas remains unsatisfactory resolved. The generalisation of the well-known Bohm criterion for more than one species of ions gives only a general relation between the velocities of the various ion species at the sheath edge but does not specify them uniquely. Theoretical works [1,2] suggest different possibilities for fixing the velocities of the ions entering the sheath. Laser induced measurements [3], however, at somewhat untypical conditions seem to support one of the theories.

In this work we employ a different experimental approach to the problem. By combining information about the spatial distributions of the plasma parameters and the mass-resolved energy distributions of the ions reaching the walls we shed some light on the problem in a more typical plasma configuration. The results seem to disagree both with the main theories [1,2] and the previous measurements [3].

[1] R N Franklin, *J. Phys. D: Appl. Phys.* **33** (2000) 3186[2] S D Baalrud, C C Hegna, *Phys. Plasmas* **18** (2011) 023505[3] N Hershkovitz, C-S Yip, G D Severn, *Ibid.* 057102

P 27.3 Do 14:15 HZO 30

**Robustheit der in-situ Größenbestimmung von a:C-H Nanostaub mittels Mie-Ellipsometrie** — ●SEBASTIAN GROTH, FRANK GREINER und ALEXANDER PIEL — IEAP, Christian-Albrechts-Universität, Kiel, Germany

Das Wachstum von Nanopartikeln und die Dynamik von Nanostaubwolken in einem Argon-Acetylen Plasma werden mit kinetischer Mie-Ellipsometrie in-situ untersucht. Dabei werden mittels entsprechender Ellipsometer-Aufbauten die ellipsometrischen Winkel  $\Psi$  und  $\Delta$  bestimmt und aus diesen mit Hilfe der Mie-Theorie der Größenparameter  $x(t)$  sowie der komplexe Brechungsindex  $N$  der Partikel. Die Bestimmung von  $x(t)$  aus  $\Psi(t)$  und  $\Delta(t)$  erfolgt in der Regel mittels gausscher Fehlerminimierung. Dabei muss neben dem Einfluss der Signal-Rausch-Verhältnisse zusätzlich die Fehleranfälligkeit der Radiusbestimmung im Bezug auf den Brechungsindex betrachtet werden. Es werden ellipsometrische Messungen von Partikelwachstum im Bereich 100-200 nm in einem Argon-Acetylen-Plasma in einer Hochfrequenz-Parallelplatten-Entladung präsentiert und die Stabilität und Qualität der verwendeten Datenanalyse, bezogen auf die oben genannten Aspekte, untersucht. Die ermittelten Wachstumskurven werden mit ex-situ SEM-Messungen überprüft.

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im SFB-TR24, Projekt A2.

P 27.4 Do 14:30 HZO 30

**In-situ Bestimmung der orts- und zeitaufgelöste Verteilungsfunktion von a:C-H Nanostaub in einem Argon-Acetylen-Plasma** — ●FRANK GREINER, FRANK WIEBEN, SEBASTIAN GROTH und ALEXANDER PIEL — IEAP, Christian-Albrechts-Universität, Kiel

In einem Argon Plasma, dem ein circa zwanzig prozentiger Anteil Acetylen zugegeben wird, wachsen Staubteilchen von molekularer Ebene bis zu einigen hundert Nanometern Radius heran. Die Plasmabedingungen bewirken ein im wesentlichen monodisperses Wachstum von nahezu sphärischen Nanopartikeln aus amorphem, hydrogeniertem Kohlenstoff. Methoden der bildgebenden Mie-Ellipsometrie [1] erlauben es, zweidimensionale, zeitaufgelöste Untersuchungen der Größenverteilung der Nanoteilchen in-situ durchzuführen. Der Größenbereich in dem dies möglich ist, beginnt derzeit bei etwa 80 nm Radius und ist prinzipiell nur durch die technischen Gegebenheiten begrenzt. Die Methode eignet sich sowohl zur Überwachung des monodispersen Wachstums, als auch zur Untersuchung dynamischer Phänomene, wie zum Beispiel dem Einfluss von Plasma-Filamenten auf das Teilchenwachstum.

Gefördert durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft im Projekt A2 des SFB-TR24.

[1] F. Greiner et al.; *Plasma Sources Science and Technology*; 11/2012; 21(6):065005.

P 27.5 Do 14:45 HZO 30

**Analytic Investigation of the Resonance Frequencies of the Curling Probe** — ●ALI ARSHADI and RALF PETER BRINKMANN — Institute for Theoretical Electrical Engineering Ruhr University Bochum, D-44780 Bochum, Germany

The term active plasma resonance spectroscopy (APRS) denotes a class of plasma diagnostic methods which utilizes the natural ability of plasmas to resonate on or near the electron plasma frequency  $\omega_{pe}$ : An electrical radio frequent signal (in the GHz range) is coupled into the chamber via an antenna or probe, the spectral response is recorded, and a mathematical model is used to determine plasma parameters such as the plasma density or the electron temperature. The curling probe [1], is a novel realization of APRS which has many practical advantages. Especially, it can be miniaturized and flatly embedded into the wall of a plasma reactor.

Physically, the curling probe can be understood as a "curled" form of the hairpin probe [2]. Assuming that the spiralization has little electrical effect, this presentation investigates the characteristics of a "straightened" curling probe by modeling it as an infinite slot-type resonator which is in direct contact with the plasma. The diffraction of an incident plane wave at the slot is calculated by solving the cold plasma model and Maxwell's equations simultaneously. The resonance frequencies of the probe are derived and good agreement with the numerical results of the probe inventors is demonstrated.

[1] I. Liang et. al., *Appl. Phys. Express* **4** (2011) 066101.[2] R. L. Stenzel, *Rev. Sci. Instrum.* **47** (1976) 603.

P 27.6 Do 15:00 HZO 30

**Diagnostiken mit hoher zeitlicher Auflösung zur Untersuchung der Teilchendynamik in HiPIMS Plasmen** — ●WOLFGANG BREILMANN<sup>1</sup>, FELIX MITSCHKER<sup>2</sup>, KATHARINA GROSSE<sup>1</sup>, CHRISTIAN MASZL<sup>1</sup>, JAN BENEDIKT<sup>1</sup> und ACHIM VON KEUDEL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum, Institute for Experimental Physics II, 44780 Bochum, Germany — <sup>2</sup>Ruhr-Universität Bochum, AEPT, 44780 Bochum, Germany

High Power Magnetron Sputtering (HiPIMS) Plasmen erzeugen Beschichtungen mit vorteilhaften mechanischen Eigenschaften, weisen jedoch verringerte Beschichtungsraten auf verglichen mit dcMS Plasmen. Aus diesem Grund werden große Anstrengungen unternommen die Dynamiken von HiPIMS Plasmen zu verstehen. Da typische Entladungsdauern im Bereich von  $5\mu\text{s}$  bis  $400\mu\text{s}$  liegen, werden Diagnostiken mit ausreichend hoher Zeitauflösung benötigt. Es werden drei Diagnostiken erläutert.

Die Methode des rotierenden Shutters erzeugt ein zeitlich aufgelöstes Profil des Schichtwachstums am Substrat (Auflösung  $25\mu\text{s}$ ), welches mittels Profilometrie analysiert werden kann. Die Verwendung eines Massenspektrometers mit einem Transientenrekorder liefert energie-, zeit- und massenaufgelöste Ionenenergieverteilungen und Ionenflüsse mit einer zeitlichen Auflösung von 100 ns. Mit Phase Resolved Op-

tical Emission Spectroscopy (PROES) Messungen kann die Emission verschiedener Spezies zeit- und orts aufgelöst im Mikrosekunden Bereich beobachtet werden. Besprochen werden die Vor- und Nachteile der einzelnen Methoden anhand von Ergebnissen aus Messungen.

P 27.7 Do 15:15 HZO 30

**Absolute VUV and UV measurements in a low pressure DICP in different gas mixtures for biological applications** —

•MARCEL FIEBRANDT, NIKITA BIBINOV, BENJAMIN DENIS, KATHARINA STAPELMANN, and PETER AWAKOWICZ — Ruhr University Bochum, Institute for Electrical Engineering and Plasma Technology, Bochum, 44801, Germany

VUV and UV spectra are measured in the range of 130 nm to 400 nm in different argon, hydrogen, nitrogen, and oxygen mixtures in a double inductively coupled plasma reactor (DICP) at 10 Pa. Measurements are performed with a monochromator in the VUV and a broadband echelle spectrometer in the UV. The relative VUV spectra are fitted to the absolutely calibrated spectra in the UV. Thereby, it is possible to obtain absolutely calibrated VUV spectra, thus enabling to determine quantitatively the VUV and UV dose applied to biological samples. Combined with biological experiments, the effectiveness of the VUV dose depending of the wavelength can be studied.

P 27.8 Do 15:30 HZO 30

**Experimental Plasma Diagnostics at JLU Giessen** —

•SLOBODAN MITIC and JULIAN KAUPE — I. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität Giessen, Germany

Experimental Plasma Diagnostics at JL University in Giessen is new research group focusing on development and integration of different plasma diagnostic techniques into the existing research activities. For this purpose different diagnostics approaches are being developed targeting low temperature plasmas, complex plasmas, ion thrusters plasmas and ion beams, processing plasmas, atmospheric plasmas

Depending on the targeted plasma species and plasma conditions different optical and electrical measurements and models are used. Models for optical emission diagnostics are developed for group of monoatomic and molecular gasses. This models were used for monitoring the plasma in complex plasma experiments and during nanowire growth.

Laser induced fluorescence and laser absorption techniques are used for spatial and time resolved monitoring of xenon plasmas under different experimental conditions (LTP, complex plasma, thrusters).

Electrical diagnostics was used for diagnostics of plasma densities and temperatures. Langmuir probes and retarding field analyzer were used for monitoring electron and ion energies and densities in LTP and processing plasmas.

Along this activities Experimental Plasma Diagnostic group is also active in development and diagnostics of plasma sources for atmospheric plasma material processing and medical applications.