

P 7: Diagnostik (von Niedertemperaturplasmen)

Time: Tuesday 10:30–12:30

Location: V57.01

Invited Talk

Implanted noble gas atoms as a tool for structure determination of plasma-deposited thin films using X-ray photoelectron spectroscopy — •TERESA DE LOS ARCOS, ANDREAS WILL, MARINA PRENZEL, ACHIM VON KEUDELL, and JÖRG WINTER — Ruhr-Universität Bochum

Most plasma-based thin film deposition methods employ noble gases, either pure or in mixtures with reactive components. As a consequence, some amount of gas is often implanted within the deposited thin film. Although noble gases will not form chemical bonds with the host matrix atoms, their electronic shells can nevertheless react to their environment according to different effects (compression of electronic orbitals, shielding by conduction band electrons in the host, etc.). We have initiated [1] a systematic study of Ar implanted within different matrix materials (metals, semiconductors and oxides), that shows how the precise determination and correct interpretation of the binding energy levels of core electrons from the implanted gas atoms can provide information about their local environment using X-ray photoelectron spectroscopy (XPS). An application of particular interest is the ability to distinguish the presence of crystalline or amorphous structure in thin Al₂O₃ deposited by magnetron sputtering. This work is funded by the DFG within the framework of the SFB-TR 87.

[1] A. Rastgoo Lahrood, T. de los Arcos, M. Prenzel, A. von Keudell, and J. Winter, *Thin Solid Films* 520, 1625 (2011)

P 7.2 Tue 11:00 V57.01

Quantitative determination of ion densities in hydrogen-nitrogen-argon low-temperature plasmas — •MAIK SODE¹, THOMAS SCHWARZ-SELINGER¹, WOLFGANG JACOB¹, and HOLGER KERSTEN² — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr.2, D-85748 Garching, Germany — ²Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24098 Kiel

Hydrogen-nitrogen-argon discharges are of interest for radiative cooling in fusion edge plasmas with metal walls. Furthermore, they are also suitable for technical processes such as plasma nitriding or passivation of metal surfaces. Ion densities are quantified in a hydrogen-nitrogen-argon admixed ICP plasma by energy-dispersive mass spectrometry. For 1.5 Pa and 200 W the nitrogen fraction is increased while the hydrogen fraction is decreased correspondingly. The argon content is fixed at 1 %. For N₂ fractions between 5 % and 60 % the species with the highest ion densities are NH₃⁺, NH₄⁺ and N₂H⁺. The density of primary source gas ions such as N₂⁺, Ar⁺ or H_x⁺ are at least one order of magnitude lower. The experimental data are compared to results from a rate equation model. Input parameters are rate coefficients for 29 species, losses to the wall, n_e from Langmuir probe measurements and the neutral ammonia content from molecular beam mass spectrometry.

P 7.3 Tue 11:15 V57.01

Electron kinetics in 10 Hz pulsed cc-rf plasmas studied by 160 GHz Gaussian beam microwave interferometry — •CHRISTIAN KÜLLIG, KRISTIAN DITTMANN, and JÜRGEN MEICHSNER — Institute of Physics, University of Greifswald

The line integrated electron density was measured in the bulk plasma of a 10 Hz (50% duty cycle) pulsed cc-rf plasma in argon and oxygen by means of 160 GHz Gaussian beam microwave interferometry. The on-phase electron density is between 10¹⁵ and 3 × 10¹⁶ m⁻² in argon and is significantly higher compared with the electron density in oxygen which is between 10¹⁴ and 10¹⁶ m⁻². In the oxygen plasma it was observed an overshoot of electron density in the early afterglow phase for low rf power over a wide pressure range from 20 to 100 Pa. In this case it is important to note that the electron density is nearly the same as the density of negative atomic oxygen ions, which was measured by simultaneous laser photodetachment. A 0D model for the afterglow phase was applied considering particle balance equations for six species (O₂⁺, O₂⁻, O⁻, e, O₂(a¹Δg), O) and eight elementary reactions. The measured steady state density of negative ions and electrons as well as plausible assumptions concerning the density of atomic oxygen and metastables are taken into account as initial conditions. The model fits very well the measured temporal behaviour of the electron density. A main result from the model is that the O₂(a¹Δg) are the

dominant species for detachment of the negative oxygen ions and electron production in the afterglow. //Funded by the DFG Collaborative Research Centre TRR24, project B5.

P 7.4 Tue 11:30 V57.01

Wechselwirkung zwischen Staubdichtewellen und Plasma — •TIM BOCKWOLDT, KRISTOFFER OLE MENZEL, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU Kiel, D-24098

Im staubigen Plasma einer Hochfrequenzentladung entstehen bei niedrigen Neutralgasdrücken und ausreichend hohen Staubdichten selbst-erregte Staubdichtewellen. Kann der Einfluss der Gravitation auf den Staub vernachlässigt werden, wie zum Beispiel unter Schwerelosigkeit auf Parabelflügen, bildet sich ein zentraler staubfreier Bereich (Void) mit einem diesen umgebenden Wellenfeld [1]. Die raum-zeitliche Dynamik der Staubdichte wird mittels Videomikroskopie analysiert. Durch Verwendung zweier synchronisierter Kameras mit dem gleichen Beobachtungsfeld kann simultan zur Staubdichte das Plasmaleuchten aufgezeichnet werden. Letzteres gilt als Indikator für Schwankungen der Elektronendichte und -temperatur [2]. Mit Hilfe dieser Diagnostik wurde kürzlich eine Wechselwirkung zwischen Staubdichtewellen und dem Plasma gefunden [3]. In diesem Beitrag werden neue Ergebnisse aus Messungen unter Schwerelosigkeit vorgestellt, die die vorhergehenden erweitern. Durch eine verbesserte raum-zeitliche Auflösung wird eine komplexere Wechselwirkung zwischen den Staubdichtewellen und dem Plasma erkennbar. Wir präsentieren die gefundenen Zusammenhänge und geben Erklärungsansätze. Gefördert durch das DLR unter 50WM1139.

[1] A. Piel et al., *Phys. Rev. Lett.* **97**, 205009 (2006).

[2] D. Samsonov and J. Goree, *Phys. Rev. E* **59**, 1047 (1999).

[3] O. Arp et al., *IEEE Transactions on Plasma Sci.* **38**, 842 (2010).

P 7.5 Tue 11:45 V57.01

Stereoskopie an kleinen Staubwolken vor einer Pixelelektrode in einer Hochfrequenzentladung — •CHRISTIAN SCHMIDT, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts Universität, 24098 Kiel

In einer Parallelplatten-Hochfrequenz-Entladung wird durch eine zusätzliche "Pixel"-Elektrode ein sekundäres Plasma erzeugt. Diese wird dazu mit einer Gleichspannung positiv vorgespannt und wirkt somit als zusätzliche Anode. Das sekundäre Plasma ist als sphärische Leuchterscheinung mit einem Durchmesser von wenigen Millimetern unterhalb des primären Plasmas sichtbar. Oberhalb des Pixels können kleine dreidimensionale Staubwolken eingefangen werden. Um die Partikelkoordinaten aller Staubpartikel in der Wolke simultan erfassen zu können, wurde zur Struktur der Partikelwolke eine stereoskopische Video-Diagnostik aufgebaut. Diese besteht aus drei CCD-Kameras, die jeweils orthogonal zueinander angeordnet sind. Erste Beobachtungen werden vorgestellt und diskutiert.

Gefördert durch SFB TR24/A2.

P 7.6 Tue 12:00 V57.01

Phasenübergänge in Yukawa-Balls — •TOBIAS MIKSCH¹, ANDRÉ SCHELLA¹, JAN SCHABLINSKI², DIETMAR BLOCK² und ANDRÉ MELZER¹ — ¹Universität Greifswald, Institut für Physik, Felix-Hausdorff-Str.6, 17489 Greifswald — ²Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Olshausenstr. 40, 24098 Kiel

Mit Hilfe von elektrostatischen und thermophoretischen Kräften lassen sich in einem staubigen Plasma dreidimensionale, kugelförmige Staubcluster einfangen, so genannte Yukawa-Balls.

Durch die Verwendung zweier Manipulationslaser kann Energie in das System eingebracht werden und die Yukawa-Bälle beginnen zu schmelzen. Da es sich bei dem Cluster um ein finites System handelt, geschieht das Schmelzen als ein kontinuierlicher Übergang.

Zur Charakterisierung dieses Phasenübergangs werden die Interpartikel-Abstands-Fluktuation (IDF) und die Tripel-Korrelationsfunktion (TCF) genutzt.

Diese Arbeit wird gefördert durch den SFB-TR 24, Projekt A3.

P 7.7 Tue 12:15 V57.01

Investigation of Vacuum Arc Thruster properties with an innovative high speed imaging system — MATHIAS PIETZKA,

•MARINA KAUFFELDT, STEFAN KIRNER, and JOCHEN SCHEIN — Universität der Bundeswehr München, Neubiberg, Deutschland

A high speed imaging system was used to investigate the properties of a Vacuum Arc Thruster (VAT). This kind of electric propulsion was designed for the fine positioning of small satellites for which highly defined thrusts in the order of μN are necessary. The VAT consists of an anode and a cathode insulated from each other. The arc is ignited using an inductive energy storage system. By this a plasma plume with a very high inside pressure is formed, resulting in high particle velocities and therefore the required thrust. The optimal cathode erosion and the improvement of the thrust properties are depending on the

electrode and insulator material, the surface texture and the thruster geometry as well as on the applied voltage and the arc current.

An important indicator for the investigation of these matters and the relation between them is the arc spot movement. The high speed imaging system is splendidly qualified for the observation of these arc spots. The essential parts of this diagnostic system are an image intensifier, a CCD camera and a fast rotating mirror. It allows to visualize the dynamic behavior of the arc spots on the surface of the thruster from which the properties of the plasma plume and consequently of the thrust can be concluded. The results of the high-speed imaging correlated with the constructive properties of the VAT are presented and discussed here.