

P 7: Niedertemperaturplasmen I

Zeit: Dienstag 16:30–18:40

Raum: HS 3

Hauptvortrag

P 7.1 Di 16:30 HS 3

Puls aufgelöste schnelle Messungen der Wachstumsrate in HIPIMS-Plasmen — FELIX MITSCHKER, MARINA PRENZEL, JAN BENEDIKT, •CHRISTIAN MASZL und ACHIM VON KEUDELL — Research Department Plasmas with Complex Interactions, Ruhr-Universität Bochum, Institute for Experimental Physics II, 44780 Bochum, Germany

Mit dem entwickelten Shutter-Konzept können Wachstumsraten während high power pulsed magnetron sputtering (HIPIMS) mit einer zeitlichen Auflösung von 25 μ s gemessen werden. Dabei wird ein Schlitz mit einer Breite von 200 μ m synchron mit dem HIPIMS-Puls über ein Substrat bewegt und der ankommende Teilchenfluß daher lateral über das Substrat verteilt. Profilometermessungen erlauben anschließend die zeitliche Veränderung der Wachstumsraten in den einzelnen Phasen der Entladung zu bestimmen. Zeitlich aufgelöste Wachstumsraten wurden für 0.25 Pa, 0.5 Pa und 1 Pa, sowie für Pulsdauern von 50 μ s, 200 μ s und 400 μ s bei einer durchschnittlichen Leistung von 100 W gemessen. Die einzelnen Phasen des HIPIMS-Pulses, wie in der Literatur beschrieben, können klar unterschieden werden. Das Maximum der Wachstumsrate wird erst nach der Verarmung des Neutralgases durch das expandierende Plasma ("gas rarefaction") erreicht. Nach Ende des Pulses, im "afterglow", nimmt die Wachstumsrate in einem Zeitraum von ~ 100 μ s sehr rasch ab, gefolgt von einer Phase von einigen ms in der die Wachstumsrate signifikant langsamer abnimmt. Der absolute Vergleich zwischen den einzelnen Entladungen zeigt, dass für sehr kurze Entladungen die Effizienz der Beschichtung auf 30 % abnimmt.

P 7.2 Di 17:00 HS 3

Electron heating mechanisms in electrically asymmetric capacitively hydrogen/silane discharges - A parameter study — •SEBASTIAN MOHR, EDMUND SCHÜNGEL, JULIAN SCHULZE, and UWE CZARNETZKI — Ruhr - Universität Bochum

We investigate capacitively coupled electrically asymmetric dual frequency hydrogen - diluted silane discharges. In electrically asymmetric discharges, a fundamental frequency and its second harmonic are used to generate a DC self bias on the blocking capacitor. The value of this DC self bias depends on the phase angle between the two frequencies. This is used to control the ion energy at surfaces independently from the ion fluxes. Depending on gas pressure and the silane concentration, different electron heating mechanisms occur in these discharges. This is related to the variable densities of negative ions and dust particles. At low concentrations of these particles, the electron heating is dominated by the sheath motion via the sheath expansion and field reversals. Higher concentrations reduce the electron density in the bulk and induce a high electric field and electron heating inside the bulk. We will present a parameter study of electrically asymmetric hydrogen - diluted silane discharges combining experiments with computer simulations and discuss the impact of the different heating mechanisms on the DC self bias.

P 7.3 Di 17:15 HS 3

Einfluss der O₂-Konzentration auf den Durchbruch von dielektrisch behinderten Entladungen im gepulsten Betrieb — •HANS HÖFT, MANFRED KETTLITZ, TOMAS HODER, RONNY BRANDENBURG und KLAUS-DIETER WELTMANN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Straße 2, 17489 Greifswald

Es werden Experimente zum Einfluss der O₂-Konzentration auf die raum-zeitliche Entwicklung und die Durchbruchstatistik filamentierter Mikroentladungen in N₂-O₂-Gemischen bei Atmosphärendruck vorgestellt. Die untersuchte symmetrische, dielektrisch behinderte Entladung wird gepulst betrieben (unipolare Rechteckspannung mit 10 kV Pulsamplitude (≈ 250 V/ns Anstieg) bei 10 kHz Wiederholfrequenz; Elektrodenabstand 1 mm). Die O₂-Zusammensetzung wird von 0,1 Vol.-% bis 20 Vol.-% O₂ in N₂ variiert. Die Aufnahme der raum-zeitlichen Mikroentladungsentwicklung erfolgt simultan mit Hilfe einer schnellen iCCD-sowie einer Streakkamera ($\Delta t \geq 2$ ns bzw. ≥ 50 ps). Außerdem werden elektrische Größen zur Charakterisierung der Mikroentladung mit schnellen Sonden gemessen. Das O₂/N₂-Verhältnis hat signifikanten Einfluss auf das Entladungsverhalten; eine höhere O₂-Konzentration führt u. a. zu einer Entladungsdauerverkürzung, einer Durchbruchverzögerung, einer höheren Geschwindigkeit des kathodengerichteten Streamers, einer Vergrößerung des Entladungsdurchmessers sowie zu höheren elektrischen Durchbruchfeldstärken im Entladungsspalt. Diese

Veränderungen können durch die Elektronegativität und die effektive Stoßabregung von O₂ in Kombination mit der steilen Anstiegsflanke der Pulsspannung erklärt werden.

P 7.4 Di 17:30 HS 3

The effect of powder formation on the electron dynamics and discharge symmetry in single and dual frequency hydrogen/silane plasmas — •EDMUND SCHÜNGEL, SEBASTIAN MOHR, SHINYA IWASHITA, JULIAN SCHULZE, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum

Highly diluted SiH₄ plasmas are used in the silicon thin film industry as well as for fundamental investigations of dusty plasmas. Nevertheless, the basic mechanisms in these plasmas are not fully understood yet. In particular, the formation of powder can have a dramatic impact on the discharge properties. We investigate capacitively coupled hydrogen/silane discharges at pressures above 100 Pa and show, that the spatial distribution of the dust particles strongly affects the symmetry of the discharge. This can be understood based on the electron dynamics. Similar to electronegative discharges, the electron heating and, thus, the spatial ionization profile is mainly determined by the distribution of the heavy negatively charged species. Therefore, the ion density profile is changed. The mechanisms described above are investigated in single and electrically asymmetric dual frequency discharges and the consequences of the powder formation on the Electrical Asymmetry Effect, which allows the control of the discharge symmetry by tuning the symmetry of the applied voltage waveform, are examined.

P 7.5 Di 17:45 HS 3

Optische Charakterisierung einer kombinierten Elektronenstrahl- und Mikrowellenentladung — •THOMAS DANDL¹, MAXIMILIAN GRABNER¹, ANDREAS HIMPSL¹, JOCHEN WIESER² und ANDREAS ULRICH¹ — ¹Physik Department E12, Technische Universität München, James-Frank-Str. 1, 85748 Garching — ²Optimare Analytik GmbH & Co KG, Emsstr. 20, 26382 Wilhelmshaven

Ein Elektronenstrahl mit einer Teilchenenergie von 12 keV wird durch eine sehr dünne Siliziumnitridmembran in ein Edelgastarget eingeschossen. Dabei werden die Elektronen bei Atmosphärendruck in einem Volumen von etwa 1 Kubikmillimeter gestoppt. Dies führt zu einer Anregung und Ionisierung der Targetgasatome. Durch die Vorionisierung kann auch bei hohen Drücken zusätzlich Leistung durch eine Mikrowellenanregung (2,45 GHz) in das Gas eingekoppelt werden. Dies reicht von einer kombinierten Anregung bis hin zur Zündung einer selbstständig brennenden Mikrowellenentladung. Es werden optische Emissionsspektren in einem weiten Wellenlängenbereich von etwa 100-1000 nm aufgenommen. In dem Vortrag werden die hier verwendete Technik sowie die unterschiedlichen spektralen Charakteristiken der Entladung bei den verschiedenen Anregungsmethoden beschrieben. Erste Messungen zur räumlichen Verteilung sowie zum zeitlichen Verhalten der Entladung im Pulsbetrieb werden dargestellt.

Gefördert durch BMBF Förderkennzeichen 13N9528 und 13N11376.

P 7.6 Di 18:00 HS 3

The effect of structured electrodes on the electron heating in capacitively coupled radio frequency plasmas — •NICO SCHMIDT¹, JULIAN SCHULZE¹, EDMUND SCHÜNGEL¹, JAN TRIESCHMANN², THOMAS MUSSENBRÖCK², and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Lehrstuhl für Plasma- und Atomphysik, Ruhr-Universität Bochum — ²Lehrstuhl für theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

We investigate the effect of structured electrodes with different surface topologies on the electron heating dynamics in low pressure capacitively coupled radio frequency plasmas by a synergistic combination of experiments and numerical simulations. Linear trenches are formed between two metal blocks on the powered electrode. Various trench cross sections are realized, e.g. rectangular or triangular. The discharge is operated in the GEC reference cell with an excitation frequency of 13.56 MHz. Neon is utilized for its favourable spectroscopic properties. 2D phase resolved optical emission spectroscopy with the line of sight along these trench-like structures is applied to gain lateral access to the dynamics of highly energetic electrons. The plasma density is measured radially resolved above the structured electrode. We find that the plasma density is significantly enhanced by the presence of structured electrodes due to (i) a cross-firing of energetic electron beams due to

sheath expansion from tilted surfaces and (ii) electron confinement inside the structures. This fundamental understanding is used to design specific radial-symmetric electrode topologies yielding a radially homogeneous plasma density at specific heights above the electrode via its effects on the electron heating dynamics.

Fachvortrag

P 7.7 Di 18:15 HS 3

Mode transitions in low pressure discharges. — ●CHRISTIAN KÜLLIG, KRISTIAN DITTMANN, THOMAS WEGNER, and JÜRGEN MEICHSNER — Institute of Physics, University of Greifswald, 17489 Greifswald

This contribution is addressed to mode transitions in inductively (ICRF) and capacitively coupled radio frequency (CCRF) discharges. In the CCRF oxygen discharge it is measured the transition from the α to γ -mode by means of spatio-temporal pattern of the excitation rates by means of PROES. Here an additional pattern appears by transi-

tion into the γ -mode, which is due to the secondary electron emission. Moreover, the transition is measured as changes in the line integrated electron and negative ion density as well as in its ratio (electron negativity), by means of microwave interferometry (MWI) and simultaneously laser photodetachment. Here the α to γ mode transition causes a change from a strongly high electronegative to low electronegative mode. Especially, this mode transition have strong influence on the temporal behaviour of the discharge, e.g., the afterglow behaviour. A different kind of mode transition will be presented for the ICRF discharge, the E to H mode transition, which is measured as change in the ion saturation current by means of Langmuir probe diagnostics (LPD) and the line integrated electron density by MWI. Moreover, the LPD reveals different spatially (axial, radial) resolved ion saturation current profiles for each mode. Especially the question of the appearance of a hysteresis is not yet clarified in literature and will also concern this contribution.// Funded by the DFG CRC/Transregio 24, project B5.