

P 10: Poster: Theory/Modelling I

Time: Tuesday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 10.1 Tu 16:00 Lichthof

Einfluss von Modellvereinfachungen bei der Modellierung von Gasentladungsplasmen — ●MARKUS M. BECKER und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Zur Beschreibung des raumzeitlichen Verhaltens von Gasentladungen wurde ein hydrodynamisches Modell adaptiert, das die zeitabhängigen Teilchen-, Impuls- und Energiebilanzgleichungen für die Elektronen, die zeitabhängigen Teilchen- und Impulsbilanzgleichungen für die positiven und negativen Ionen, die Teilchenbilanzgleichungen für die Neutralteilchen und die Poisson-Gleichung zur Bestimmung des elektrischen Potentials umfasst. Das Modell wird eingesetzt, um den Einfluss üblicher Modellvereinfachungen am Beispiel von Niederdruckglimmentladungen in Argon zu diskutieren. Dazu wird eine detaillierte Reaktionskinetik mit sieben angeregten Argonatomzuständen und entsprechenden Stoßprozessen zwischen den Spezies verwendet, wobei die Ratenkoeffizienten der Elektronenstoßprozesse in Abhängigkeit von der mittleren Energie der Elektronen bestimmt werden. Der Vergleich mit Resultaten von Hybrid-Modellierungen und Experimenten [1] zeigt, dass die Genauigkeit von Fluid-Modellen wesentlich verbessert werden kann, wenn insbesondere anstelle einer vereinfachten eine detaillierte Reaktionskinetik für die Spezies im Plasma verwendet wird und wenn die Teilchenströme der geladenen Teilchen konsistent und nicht mittels Drift-Diffusionsnäherung beschrieben werden.

[1] A. Derzsi et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.* **42** (2009) 225204

P 10.2 Tu 16:00 Lichthof

Two-temperature modeling of DC and ICP plasma torches in argon at atmospheric pressure — ●MARGARITA BAEVA, DIRK UHRLANDT, and DETLEF LOFFHAGEN — INPGreifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

DC arc plasma devices and inductively coupled plasma (ICP) torches have been used over the years as an effective tool in various industrial applications. Magnetically rotating arcs have been increasingly adopted in DC arc plasma devices for diagnostics and material processing, modern circuit breakers, etc. In this work, we present self-consistent calculations of the plasma parameters of atmospheric pressure DC and ICP plasma torches based on MHD models including a two-temperature description (different electron and heavy particles temperature). The results obtained are compared with those from local thermal equilibrium (LTE) models. In an LTE model the plasma composition and the transport and thermodynamic properties are calculated in advance as a function of the gas temperature at constant pressure. Models based on the LTE assumption yield narrower and shorter high temperature region as compared to the non-LTE model. The presence of external magnetic field in the DC torch yields to stronger deviations from LTE. As a result, electron and heavy particle temperatures differ in the arc core in about 10 % underscoring the need for a two-temperature treatment. Deviations from rotational symmetry are observed in both ICP and DC plasma torches indicating the need for a three-dimensional description.

P 10.3 Tu 16:00 Lichthof

The ion energy distribution in dual radio frequency collisionless CCPs — ●MOHAMMED SHIHAB, THOMAS MUSSENBRÖCK, and RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-University Bochum, Institute for Theoretical Electrical Engineering, D-44780 Bochum, Germany

Low pressure capacitively coupled plasmas (CCPs) are widely used for etching and deposition of thin films in semiconductor manufacturing and processing. Although dual frequency systems were introduced in the early 1990s, there has been recently an increase interest for studying these systems due to the ability of independent control of the ion

flux and ion bombardment energy. In this contribution, a Monte Carlo method is developed and applied for collisionless plasma sheath to calculate the energy distribution of bombarding ions with electrode. The ions are treated one by one from the bulk to the wall through a potential matrix, which is a two dimensional grid matrix in time and distance. The electric field effects on the ion is calculated by the gradient of the potential in each cell. The main goal of this work is to provide a fast, flexible, and also simple code for calculating reliable ion energy distribution on substrates which allows the implementation in grid computing structures. Financial support from the Federal Ministry of Education and Research within the frame of the project "Plasma Technology Grid" is gratefully acknowledged.

P 10.4 Tu 16:00 Lichthof

Die Darwin-Approximation für technische Plasmen — ●DENIS EREMIN, MARTIN LAPKE, THOMAS MUSSENBRÖCK und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Seit geraumer Zeit herrscht bei kapazitiv gekoppelten Plasmen – getrieben durch Anwendungen wie Mikroelektronik und Photovoltaik – ein Trend zu immer größeren Anlagen und höheren Betriebsfrequenzen. Mit beiden Parametern steigt der Einfluss elektromagnetischer Effekte auf die Plasmadynamik und die übliche elektrostatische Näherung bricht zusammen. Die numerische Simulation des elektromagnetischen Regimes auf Basis der vollen Maxwell-Gleichungen ist sehr aufwendig und nur unter einschränkenden Annahmen möglich. Dieser Beitrag zeigt, dass es jedoch in nahezu allen praktischen Fällen ausreicht, die einfachere Darwin-Approximation zu verwenden: Zwar sind die Anlagen nicht mehr klein gegen die Skintiefe des Plasmas, aber immer noch klein gegen die Vakuumwellenlänge der eingekoppelten Hochfrequenz. Zur Begründung dieser Aussage wird ein vollständig elektromagnetisches Modell mit realistischen Randbedingungen aufgestellt und einer systematischen Skalenganalyse unterworfen. Ferner werden erste Ergebnisse eines Particle-in-Cell-Codes unter Verwendung der Darwin-Approximation präsentiert.

P 10.5 Tu 16:00 Lichthof

Modellierung der nichtlinearen Elektronenresonanzheizung in asymmetrischen kapazitiv gekoppelten Hochfrequenzentladungen — ●MAX ENGELHARDT, THOMAS MUSSENBRÖCK und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr Universität Bochum

In technischen Plasmen wird stets versucht die in die Entladung eingekoppelte Leistung zu optimieren. Neben den bekannten Heizmechanismen eines Plasma, der stochastischen und der Ohmschen Heizung, spielt in asymmetrischen Entladungen die Elektronenresonanzheizung eine wichtige Rolle. Dieser Heizmechanismus kann mithilfe eines nichtlinearen globalen Modells beschrieben werden.[1,2] In der Praxis ist es möglich den Elektroden Impedanz Effekt durch ein vorgeschaltetes, äußeres Netzwerk zu beeinflussen.[3,4] Das Ziel dieser Arbeit ist es, diesen Effekt in einem Modell zu beschreiben und erfolgreich zu simulieren. Das Plasma wird dabei durch ein elektrisches Ersatzschaltbild beschrieben. Zusätzlich wird das vorgeschaltete Netzwerk betrachtet, welches die Serienresonanzfrequenz des Plasmas beeinflusst. Durch die gezielte Anregung gewisser harmonischer Oberwellen des Plasma-Stroms kann eine höhere Leistung im Plasmabulk umgesetzt werden, dies resultiert direkt in einer höheren Elektronendichte. Die Ergebnisse dieser Arbeit spiegeln die experimentellen Ergebnisse sehr gut wieder.

[1] T. Mussenbrock et al., *Appl. Phys. Lett* **88**, 151503 (2006). [2] T. Mussenbrock et al., *Phys. Rev. Lett* **101**, 085004 (2008). [3] Y. Yamazawa et al., *Jpn. J. Appl. Phys.* **46**, 7453 (2007). [4] Y. Yamazawa, *Appl. Phys. Lett* **95**, 191504 (2009).