

P 9: Simulationsverfahren/Theorie/Modellierung

Time: Tuesday 14:00–16:20

Location: V57.01

Invited Talk

P 9.1 Tue 14:00 V57.01

Kinetische Simulationen von technischen Plasmen — •DENIS EREMIN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstrasse 150, 44801, Bochum

Kinetische Effekte spielen eine sehr wichtige Rolle im Verhalten von vielen technischen Plasmen. Es kommt sehr häufig vor, dass in solchen Plasmen unter bestimmten Voraussetzungen mehrere Gruppen von Elektronen entstehen, die unterschiedliche Energien haben, und die miteinander nur gering wechselwirken. In diesem Fall liegt offensichtlich keine Maxwell'sche Verteilungsfunktion der Elektronen vor. Da fluiddynamische Modelle gerade eine solche Verteilung annehmen, ist eine Modellierung nur im Rahmen eines selbstkonsistenten kinetischen Modells zu behandeln, das gleichzeitig die Dynamik von Feldern und Teilchen beschreibt. Kinetischen Modelle sind allerdings sehr rechenaufwändig.

In diesem Beitrag besprechen wir eine neue Methode, kinetische Simulationen mit Hilfe von Graphics Processing Units (GPUs) zu beschleunigen und dadurch solche Simulationen in die Domäne der herkömmlichen numerischen Werkzeuge aufzunehmen. Anschließend demonstrieren wir in mehreren Beispielen Ergebnisse kinetischer Simulationen von Plasmen aus unterschiedlichen Parameterbereichen, die wesentliche kinetische Effekte aufweisen.

Topical Talk

P 9.2 Tue 14:30 V57.01

Electron surface layer at the interface of a plasma and a dielectric wall — •RAFAEL L. HEINISCH, FRANZ X. BRONOLD, and HOLGER FEHSKE — Institut für Physik, Universität Greifswald

We study the electron adsorbate formed at the interface of a plasma and a dielectric wall. Assuming that electron trapping occurs in the image potential we calculate electron sticking coefficients and desorption times [1]. Moreover, we study the potential and the charge distribution across the interface of a plasma and a dielectric wall [2]. For this purpose, the charge bound to the wall is modelled as a quasi-stationary electron surface layer which satisfies Poisson's equation and minimizes the grand canonical potential of the wall-thermalized excess electrons. Based on an interface model encompassing the image potential and the surface barrier of the dielectric, we calculate the potential and the electron distribution for MgO, SiO₂ and Al₂O₃ surfaces in contact with a helium discharge. Depending on the electron affinity of the surface, we find two vastly different behaviors. For negative electron affinity, electrons do not penetrate into the wall and a quasi-two-dimensional electron gas is formed in the image potential, while for positive electron affinity, electrons penetrate into the wall and a space charge layer develops in the interior of the dielectric. We also investigate how the electron surface layer – which can be understood as the ultimate boundary of a gas discharge – merges with the bulk of the dielectric.

[1] R. L. Heinisch et al., Phys. Rev. B 81, 155420 (2010), ibid 82, 125408 (2010), ibid 83, 195407 (2011) [2] R. L. Heinisch et al., arXiv 1109.5107

Topical Talk

P 9.3 Tue 14:55 V57.01

Modellierung und Simulation von Hochfrequenz-Plasmen bei Atmosphärendruck — •TORBEN HEMKE — Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, Germany

Die Zahl der Anwendungen von Mikroplasmen bei Atmosphärendruck ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Um die grundlegenden Phänomene dieser Plasmen zu verstehen, sind Mikroplasmen auch verstärkt in den Fokus der Forschung gerückt. Ergänzend zu experimentellen Untersuchungen ist für die Erklärung grundlegender Phänomene die Modellierung von Mikroplasmen unerlässlich. Dieser Beitrag fokussiert sich auf Mikroplasmen, die durch eine Hochfrequenz-Anregung erzeugt werden, insbesondere HF-Plasmajets. Anhand von Modellierungsansätzen und Ergebnissen numerischer Simulationen werden grundlegende Plasmaphänomene diskutiert und mit experimentellen Daten verglichen.

Gefördert von der DFG im Rahmen der FOR1123 "Physics of Microplasmas".

P 9.4 Tue 15:20 V57.01

Verhalten von L- und R-Moden in Particle-in-Cell Plasmasimulationen — •CEDRIC SCHREINER, URS GANSE, PATRICK KILIAN

und FELIX SPANIER — Uni Würzburg

Niederfrequente Plasmaoszillationen spielen aufgrund der relativ großen Zeitskala, auf der sie sich abspielen, oftmals nur eine untergeordnete Rolle in numerischen Simulationen kinetischer Plasmen. Dies liegt mitunter auch daran, dass hochfrequente Wellenphänomene mit wesentlich geringerer Rechenzeit zu realisieren sind.

In diesem Vortrag soll es speziell um die Niederfrequenzäste von L- und R-Mode in magnetisierten Plasmen gehen. In Particle-in-Cell (PiC) Plasmasimulationen wurden die thermische Anregung dieser Wellenmoden und deren Polarisierungseigenschaften untersucht. Dabei konnten die theoretisch erwarteten Verläufe der Dispersionsrelationen von L- und R-Mode korrekt reproduziert werden. Dies gelang sowohl in 2D- als auch in 3D-Simulationen gleichermaßen gut. Dies ist ein wichtiges Ergebnis, da die verhältnismäßig lange Rechenzeit, die für die Betrachtung niederfrequenter Moden nötig ist, durch die Verwendung von 2D-PiC-Codes erheblich reduziert werden kann.

P 9.5 Tue 15:35 V57.01

Gitterfreie Tree-Code Simulationen des Plasma-Wand Übergangsbereichs — •BENJAMIN BERBERICH¹, DETLEV REITER¹ und PAUL GIBBON² — ¹Institut für Energie und Klimaforschung-4, Forschungszentrum Juelich, 52428, Germany. — ²Institute for Advanced Simulation, JSC, FZ Juelich.

Die in Laser-Plasma Anwendungen bereits etablierte gitterfreie Methode der Tree-Codes wird hier für spezielle Probleme der Plasma-Wandwechselwirkung umformuliert. Um die selbstkonsistente elektrostatische Schicht vor materiellen Plasmabegrenzungen in die Teilchensimulation einzubeziehen, verwenden wir ein engmaschiges Netz aus unbeweglichen Ladungsträgern zur Beschreibung der Wand. Zur Verifikation des Ansatzes werden kinetische Eigenschaften wie etwa Geschwindigkeitsverteilungen im wandnahen Bereich mit existierenden, analytischen Lösungen verglichen. Das Simulationsmodell wird dann eingesetzt, schichtrelevante Größen wie Wärmetransmissionskoeffizienten und Sputter-Raten zu berechnen. Vergleiche zwischen den so erzielten Ergebnissen und Näherungsmodellen zeigen bereits für 1D Probleme signifikante Abweichungen für normierte Sputter-Raten. Dabei ist der Fokus besonders auf den Temperaturbereich nahe der Schwellenergie für Erosionsprozesse in den hochwärmebelasteten Bauteilen von Fusionsexperimenten gerichtet. Beispielsweise liefert die meist angesetzte verschobene Maxwellverteilung an der Kante der elektrostatischen Schicht für das Wasserstoff-Sputtern auf Beryllium eine um etwa das Doppelte gegenüber der vollkinetischen Simulation überschätzte Rate.

P 9.6 Tue 15:50 V57.01

Electron cooling in afterglow plasmas — •TSANKO VASKOV TSANKOV¹, YUSUF CELIK¹, DIRK LUGGENHÖLSCHER¹, UWE CZARNETZKI¹, MITSUTOSHI ARAMAKI², and SHINJI YOSHIMURA³ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, Ruhr-University Bochum, 44780 Germany — ²Department of Electrical Engineering and Computer Science, Nagoya University, 464-8603, Japan — ³National Institute for Fusion Science, Toki 509-5292, Japan

A number of investigations – both theoretical and experimental – examine the electron temperature drop in the afterglow of low pressure atomic plasmas but a satisfactory self-consistent description of the cooling process is still missing. Here, we present a simple analytical fluid model which provides a consistent description of the diffusional decay of the electron density n_e and temperature T_e . The model predicts not only an exponential behaviour for the inverse of the electron temperature $1/T_e$ but also a drastic change in the cooling process after the electron temperature reaches the gas temperature. These predictions are supported by time-resolved measurements of n_e and T_e and by a 2D simulation for the case of argon afterglow at 1 Pa.

P 9.7 Tue 16:05 V57.01

Ionization by drift and ambipolar electric fields in electronegative capacitive radio frequency plasmas — •JULIAN SCHULZE¹, ARANKA DERZSI², KRISTIAN DITTMANN³, TORBEN HEMKE¹, JÜRGEN MEICHSNER³, ZOLTAN DONKO², and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum — ²Hungarian Academy of Sciences — ³University of Greifswald

Electron heating dynamics in strongly electronegative CF₄ capacitive

radio frequency discharges is investigated by kinetic particle simulations, experimental phase-resolved optical emission spectroscopy, and an analytical model [1]. Unlike α - and γ -mode operation, electrons accelerated by strong drift and ambipolar electric fields in the plasma bulk and at the sheath edges are found to dominate the ionization in such electronegative plasmas under distinct conditions. These fields are caused by a low bulk conductivity and local maxima of the electron density at the sheath edges, respectively. Mode transitions from

this novel Drift-Ambipolar (DA) heating mode into classical heating modes are induced by voltage and pressure variations. Analogies to microscopic atmospheric pressure plasma jets and consequences of the discharge operation in the DA mode on the Electrical Asymmetry Effect are discussed [2].

[1] J. Schulze et al. (2011) Phys. Rev. Lett. accepted for publication [2] J. Schulze et al. (2011) Plasma Sourc. Sci. Technol. 20 045008