

P 10 Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 3

Zeit: Dienstag 11:15–13:00

Raum: 1002

Fachvortrag

P 10.1 Di 11:15 1002

Propagation niederfrequenter Wellen in amplitudenmodulierten Helikonplasmen — ●ALBRECHT STARK, OLAF GRULKE und THOMAS KLINGER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Greifswald, EURATOM Assoziation, 17491 Greifswald

In der Plasmadynamik spielt das Phänomen der nichtlinearen Wellenkopplung eine wichtige Rolle. Ein Beispiel hierfür ist die Dreiwellenkopplung. Sie beruht darauf, daß durch Kopplung zweier Wellen eine dritte Welle erzeugt wird. Wellenzahl und Frequenz der resultierenden nichtlinearen Welle sind dabei durch die Bedingungen $\omega = \omega_1 + \omega_2$ und $k = k_1 + k_2$ gegeben. Dieser Kopplungsmechanismus wird in astrophysikalischen Plasmen zur Beschreibung von nichtlinearen Wellenphänomenen herangezogen.

In dem linear magnetisierten Experiment VINETA werden in Helikonplasmen niederfrequente Wellen alfvénischer Natur beobachtet, wenn die Plasmaquelle mit amplitudenmodulierter RF betrieben wird. Die Wellen werden mit Hilfe elektrischer und magnetischer Sonden detektiert. Die Dispersion der Wellen ist stark nichtlinear und wechselt bei hohen Magnetfeldstärken von normaler zu anormaler Dispersion. Dieses läßt auf eine Kopplung zwischen Helikonwellen und einer weiteren Welle, vermutlich stark gedämpften X-Welle, schließen. Der alfvénische Charakter macht diese Wellen gerade in Hinblick auf die Ionendynamik interessant. Diese wird mit laserinduzierter Fluoreszenz zeitaufgelöst über einer Phase der angetriebenen Welle betrachtet.

P 10.2 Di 11:45 1002

Numerical analyses and studies of electron temperature and density distributions in a capacitive coupled neutral loop discharge plasma (CCP-NLD) via PIC Simulation — ●MURAT VURAL and RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität-Bochum, D-44780 Bochum, Germany

Plasma etching technologies for fabrication of ultra-large scale integrated circuits (ULSI) require uniformity over large wafer sizes. In order to maximize the etching uniformity, a few years ago, magnetic neutral loop discharges (NLD), a new plasma source to realize very uniform processing with a plasma ring was presented and a preliminary experiment demonstrated the usefulness of NLD for etching process.

Three magnetic coils placed coaxially outside the cylindrical vacuum chamber are used to produce a neutral loop (NL) inside the chamber. The CCP-NLD plasma is generated by applying an RF electric field vertical to direction across the magnetic neutral loop. In this work, particle-in-cell (PIC) simulation results of CCP-NLD plasma are presented. The PIC code is used to investigate spatially and temporally resolved simulation results of the electron density and energy distribution for different gas pressures and external magnetic fields.

P 10.3 Di 12:00 1002

Kinetische Modellierung der Ionisationsschicht thermischer Plasmen mit Hilfe von Hermite-Polynomen — ●FRANK H SCHARF und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Dieser Beitrag befasst sich mit der Ionisationsschicht thermischer Plasmen, wie sie z.B. in so genannten high intensity discharge (HID) Lampen vorkommen. Diese Ionisationsschicht ist für die Eigenschaften solcher Lampen von großer Bedeutung, dementsprechend groß ist das Interesse an einer Charakterisierung der Ionisationsschicht.

Da Experimente aus verschiedensten Gründen (z.B. Störungen durch den Quarzmantel der Lampe) vergleichsweise zeit- und kostenintensiv sind, besteht Bedarf an Modellen und Simulationen der Ionisationsschicht. Bisher vorgestellte Modelle (z.B. M S Benilov) basieren auf fluid-dynamischen Betrachtungen und sind nicht in der Lage, alle Effekte der Schicht zufriedenstellend wieder zu geben. Die Notwendigkeit eines kinetischen Modells ist somit gegeben.

Wir stellen eine Modellierung der Ionisationsschicht mit Hilfe von Hermite-Polynomen vor. Diese sind auf Grund der Gewichtsfunktion in ihrer Orthogonalitätsrelation gut geeignet. Zudem verschiebt sich im hier behandelten Regime die Verteilungsfunktion im Geschwindigkeitsraum nur minimal vom Nullpunkt, so dass eine Entwicklung aller Verteilungsfunktionen um den Nullpunkt vorgenommen werden kann. Die durchschnittliche Teilchengeschwindigkeit ergibt sich somit aus dem Modell durch entsprechende Momentenbildung und muss nicht zuvor geschätzt

werden.

P 10.4 Di 12:15 1002

Modelling of a water plasma flow: various effects — ●PAVEL KOTALIK and DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, F.-L.-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald

Plasma spraying with the so-called water stabilized plasma torch led to attempts to increase the velocity of the water plasma by suitable nozzle shapes and lengths of the water-vortex stabilized part of the electric arc. Results of the numerical solution of one-fluid MHD equations for the axisymmetric, atmospheric pressure plasma flow inside and outside the discharge chamber of the torch are presented for two conical nozzles made of copper. It is shown that these nozzles do not increase substantially the gas velocity and that comparable or better results can be obtained with converging-diverging nozzles of smaller diameter. A variation of the length of the vortex surrounding the arc between 5.5 and 6 cm has little effect on the exit velocity and temperature as well. Narrower copper-made nozzles need an efficient cooling, however. For the heat fluxes estimated by means of the fluid model, the heat transfer equation is solved inside copper and its surrounding materials for different designs of the nozzles in order to estimate the temperature of nylon parts of the surrounding material that might be damaged if not cooled properly. High risk of melting of the downstream nozzle edges is predicted and confirmed experimentally. Based on the numerical predictions, some of the newly designed nozzles had to be modified or excluded from use at all.

P 10.5 Di 12:30 1002

Analytische Untersuchungen der Schwerteilchen-Transporteigenschaften in Niedertemperatur-Niederdruck-Plasmen — ●THOMAS SENEGA und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Die Grundlage zur Untersuchung der Transporteigenschaften im Bulk eines Niedertemperatur-Niederdruck-Plasmas bildet das von uns entwickelte Schwerteilchenmodell. Obwohl das betrachtete Regime fern eines thermischen und chemischen Gleichgewichtes ist, beschreiben die Schwerteilchen ein lokales thermisches Gleichgewicht und werden deshalb fluid-dynamisch modelliert. Dabei wird das Impuls- und Energiegleichgewicht der Gesamtheit der Schwerteilchen als ein Hintergrund aufgefaßt, vor dem sich Drift-, Diffusions- und Wärmediffusionsprozesse abspielen. Die individuellen Eigenschaften der verschiedenen Schwerteilchensorten werden dabei durch Teilchenbilanzgleichungen und durch die Darstellung der Transporteigenschaften über die Entwicklung der Schwerteilchenverteilungsfunktionen in Hermit-Polynome realisiert. Da sich die Elektronen in diesem Regime nahezu isotrop verhalten, vervollständigt eine kinetische Beschreibung der Elektronen das Modell.

Anhand eines stark vereinfachten Beispiels mit nur zwei Schwerteilchensorten (Ar , Ar^+), werden mit dem vorgestellten Modell die Transporteigenschaften der Schwerteilchen im Plasma-Bulk auf analytischer Basis untersucht. Durch einen Vergleich mit Messungen und etablierten theoretischen Beschreibungen wird das hergeleitete Transportmodell verifiziert. Ein abschließender Überblick zeigt die Vorteile unseres Modells gegenüber bisher verwendeten Modellen in diesem Regime auf.

P 10.6 Di 12:45 1002

Comparison between the vacuum ultraviolet emission from microhollow cathode discharge and capillary tube discharge — ●BYUNG-JOON LEE¹, ISFRIED PETZENHAUSER¹, JOHN MCGURK¹, KLAUS FRANK¹, and KONSTANTINOS P GIAPIS² — ¹Physics Department I, University of Erlangen-Nuremberg, D-91058 Erlangen, Germany — ²Division of Chemistry and Chemical Engineering California Institute of Technology, Pasadena, California 91125

Recently, there are considerable investigations in the area of microplasmas at atmospheric pressure. Microplasmas have a scale from 10 μm to 200 μm and produce stable nonequilibrium gas discharges. Such small scale plasmas are predicted to have applications in various areas including remediation of gaseous pollutants, lab-on-a-chip, nanoparticle synthesis and vacuum ultraviolet light sources. We investigated two concepts of microplasmas i.e. microhollow cathode discharge (MHCD) and capillary tube discharge in order to generate intense vacuum ultraviolet (VUV) emission in xenon gas. Both microplasmas can be operated not only in D.C. mode but also in pulse mode by applying high voltages for

several tens of nanoseconds. The generation of VUV emission from two microplasmas are compared in D.C. modes as a function of pressure, current and gas flowing rates as well as in pulse mode with changing pulse duration.