

## P 19: Poster: Low Temperature Plasmas II

Time: Thursday 16:00–18:00

Location: Lichthof

P 19.1 Th 16:00 Lichthof

**Theoretical studies of pulsed xenon glow discharges at medium pressure** — ●MYKHAYLO GNYBIDA, DIRK UHRLANDT, and DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Pulsed medium-pressure glow discharges in xenon have been investigated by means of a time-dependent, spatially one-dimensional fluid model. The model consists of the coupled solution of the balance equations for the charge carrier and neutral species densities, the mean electron energy and the gas temperature in the plasma. The space-charge potential of the radially inhomogeneous plasma and the axial electric field are determined by solving the Poisson equation and a current balance, respectively. The electron transport and rate coefficients are adapted as functions of the mean electron energy, gas temperature and ionization degree. They were obtained from the solution of the steady-state, spatially homogeneous electron Boltzmann equation including electron-electron collisions. The analysis has been performed for xenon plasmas in a discharge tube with an inner diameter of 6.5 mm at currents between 60 and 150 mA and pressures from 10 to 50 Torr. Main features of the spatiotemporal evolution of the pulsed xenon discharges are discussed. The comparison of the model predictions with experimental results generally shows good agreement. The model results reproduce the significant increase of the low-lying (metastable and resonance) atomic state densities in the early afterglow phase of the pulse, which has also been observed in the experiments.

The work was supported by the DFG within SFB-TR 24.

P 19.2 Th 16:00 Lichthof

**On the hysteresis transition between diffuse and constricted modes of glow discharges in argon** — ●MYKHAYLO GNYBIDA, DIRK UHRLANDT, and DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

The transition of the diffuse glow discharge to a contracted state in argon plasmas has been studied by means of a time- and radial-dependent fluid model. The self-consistent model comprises the particle balance equations for electrons, atomic and molecular ions, three excited atomic and two excited molecular states, the balance equation of the mean electron energy and of the heavy particle temperature in the plasma, Poisson's equation for the space-charge potential, and the external circuit equation determining the axial electric field and the discharge current. The transport and rate coefficients of the electrons are obtained from the solution of the 0D Boltzmann equation for the electron velocity distribution function. The investigations have been performed for plasmas in a discharge tube with a radius of 1 cm at pressures from 100 to 500 Torr. The results show the classical hysteresis effect: the transition from glow to constricted mode at increasing current and the opposite transition at decreasing current occur at different values of discharge parameters. The predicted voltage-current characteristics are compared with available experimental data. Good agreement is found in general.

The work was supported by the DFG within SFB-TR 24.

P 19.3 Th 16:00 Lichthof

**Net emission coefficients for argon-iron plasmas with Stark broadening scaled to experiments** — MARTIN WENDT, MARIE-EMILIE ROUFFET, HEINZ SCHÖPP, and ●DIRK UHRLANDT — INP Greifswald e.V., Felix-Hausdorff-Str 2, 17489 Greifswald

This work presents values of the net emission coefficient for argon-iron plasmas at a pressure of 1 bar, temperatures from 1 to 30 kK and iron fractions from 0 to 100 %. The linewidths of electron Stark broadening, which is the dominant broadening mechanism at higher temperatures, are calculated according to Griem and then scaled to widths measured on a pulsed argon-iron welding arc. The net emission coefficient may be used as an approximation of the energy transport by radiation, which plays a decisive role in the formation of the temperature profile of free-burning, atmospheric arcs. The net emission coefficient circumvents the computational costs of ray tracing calculations, which are particularly high for welding arcs containing iron because it shows several thousand radiative transitions. The presented net emission coefficients take into account line emission, bound-free and free-free continua and they are compared with literature values. The line profile functions obey natural, resonance, Doppler, van der Waals, and electron and ion

Stark broadening.

P 19.4 Th 16:00 Lichthof

**Untersuchung atomarer Sauerstoff-Dichteverteilungen im freien Effluenten eines Mikro-Plasmajets vor einer Oberfläche** — ●DANIEL SCHRÖDER, NIKOLAS KNAKE und VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Die untersuchte Entladung ist ein kapazitiv-gekoppelter Mikro-Plasmajet ( $\mu$ -APPJ), welcher bei Atmosphärendruck arbeitet. Getrieben wird der Jet bei einer Frequenz von 13,56 MHz mit einer Leistung von ca. 12 Watt. Die Gasmischung besteht aus dem für die Produktion von atomarem Sauerstoff optimalen Verhältnis von 1,5 slm Helium und 9 sccm molekularem Sauerstoff [1].

Der  $\mu$ -APPJ ist optimiert für optische, insbesondere lasergestützte Diagnostikverfahren im Kern und im Effluenten der Entladung.

Absolute atomare Sauerstoffdichteverteilungen wurden bereits mittels TALIF unter vereinfachten Bedingungen in einer He/02 Atmosphäre gemessen [1]. Gegenstand dieser Arbeit ist nun die Messung der Sauerstoffverteilungen im freien Effluenten, wenn der Jet in Wechselwirkung mit einer Oberfläche steht. Effekte wie Turbulenzen und Rückstau werden an Hand von Temperaturverteilungen, Verläufen von ausgewählten Emissionslinien und Dichteverteilungen des atomaren Sauerstoffs diskutiert.

Diese Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes A1 der Forschergruppe FOR1123 der DFG im Research Department Plasma durchgeführt.

[1] N.Knake et al. J.Phys.D: 41 (2008) 194-006

P 19.5 Th 16:00 Lichthof

**Numerische Simulation eines RF-Mikroplasma-Jets bei Atmosphärendruck** — ●TORBEN HEMKE, ALEXANDER WOLLNY, MARKUS GEBHARDT, RALF PETER BRINKMANN und THOMAS MUSSENBRÖCK — Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

In den letzten Jahren wurde eine wachsende Anzahl an Mikroplasma-Quellen entwickelt. Diese unterscheiden sich in der zugrunde liegenden Anwendung, wodurch es eine Vielzahl an Geometrien, verwendeter Chemie und sowohl DC, als auch RF-Entladungen gibt.

Dieser Beitrag fokussiert sich auf die Simulation eines Hochfrequenz-getriebenen Mikroplasma-Jets, dem sogenannten  $\mu$ -APPJ. Der Jet, bestehend aus koplanaren Elektroden mit dem Abstand 1 mm, wird typischerweise bei einer Frequenz von 13.56 MHz (bei in etwa 10 W) betrieben. Das typische Gasgemisch besteht aus 1 slm Helium und einer geringen Beimischung von molekularem Sauerstoff.

Anhand der Simulation soll ein prinzipielles physikalisches Verständnis der Entladung erarbeitet werden. Weiterhin werden die Ergebnisse der Simulation mit den experimentell gewonnenen Daten verglichen.

Diese Arbeit wird von der DFG im Rahmen der Forschergruppe FOR1123 unterstützt.

P 19.6 Th 16:00 Lichthof

**Vergleich der Anregungscharakteristik von Mikro-Entladungen auf Polymer oder Silizium basierten Trägern** — ●ARTHUR GREB, HENRIK BÖTTNER und VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Mikro-Entladungen genießen seit kurzem große Aufmerksamkeit aufgrund ihres hohen Anwendungspotenzials. Dennoch ist das grundlegende Wissen z.B. über ihre Zündparameter und Transportmechanismen bisher nur rudimentär. Die hier untersuchten Mikro-Entladungen haben typische Abmessungen im Bereich von  $50\mu\text{m}$  und sind als Array oder Mikro-Kanal konfiguriert (Quelle: J.G. Eden, UIUC). Sie werden in Edelgasen (hier: Argon, Neon) betrieben, wobei die Anregungsfrequenzen in der Größenordnung von einigen kHz liegen und die angelegte Spannung 800Vp-p nicht übersteigt. Über die gemessenen Strom-Spannungskennlinien kann der Arbeitsbereich unter Parameterveränderung bestimmt werden. Bei angelegter Dreieckspannung zeigt sich ein Zündverhalten vergleichbar mit einer Townsend-Entladung, während gleichzeitig ein 'Selbst-Pulsen' ähnlich dem homogener, dielektrisch behinderter Entladungen beobachtet wird. Ergänzend werden mit Hilfe einer bildverstärkten CCD Kamera phasenaufgelöste emissionspektroskopische Untersuchungen (PROES) durchgeführt. Erste

Messungen zeigen reproduzierbare, zeitlich und räumlich variierende Emissionsstrukturen.

Diese Untersuchungen wurden im Rahmen des Projektes A1 der Forschergruppe FOR1123 der DFG durchgeführt.

P 19.7 Th 16:00 Lichthof

**Numerische Simulation eines Mikroplasma-Array bei Atmosphärendruck** — ●ALEXANDER WOLLNY, MARKUS GEBHARDT, TORBEN HEMKE, RALF PETER BRINKMANN und THOMAS MUSSENBRÖCK — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Eine neue Atmosphärendruck-Plasma-Quelle stellen Mikroplasma-Arrays dar, welche von der Gruppe von J.G. Eden an der Universität von Illinois entwickelt wurden.

Bei diesen Entladungen handelt es sich um eine Matrix von dielektrisch behinderten Hohlkathodenentladungen mit Abmessungen von einigen  $10\ \mu\text{m}$ . Dabei bildet ein Siliziumsubstrat mit pyramidenförmigen Vertiefungen ein Elektrode. Auf diese ist dielektrische getrennt eine zweite Elektrode in Form eines Gitters aufgebracht. Diese Entladung wird mit einer Frequenz im Bereich von 10-100kHz in einer Argon-Atmosphäre betrieben.

Einen Einblick in die Wechselwirkungen den Mikroplasmen untereinander soll mit Simulationen gewonnen werden und mit experimentell gewonnenen Daten verglichen werden.

Diese Arbeit wird von der DFG im Rahmen der Forschergruppe FOR1123 unterstützt.

P 19.8 Th 16:00 Lichthof

**Analyse von Schichtstrukturen in dielektrisch behinderten Mikroentladungen** — ●MARKUS M. BECKER, RONNY BRANDENBURG, HELGE GROSCH, TOMAS HODER, CHRISTIAN WILKE und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

Das Verständnis der Stabilität dielektrisch behinderter Entladungen (DBE) bei Atmosphärendruck ist aufgrund ihres breiten Anwendungsspektrums von großem Interesse. Bei Untersuchungen von Mikroentladungen in asymmetrischen DBE mit einseitigem Dielektrikum in Argon wurden Schichtstrukturen beobachtet, die ähnlich zu den bekannten Relaxationsstrukturen in Niederdruckglimmentladungen sind. Um die experimentellen Untersuchungen dieser Schichtstrukturen zu unterstützen und zum Verständnis der inhärenten Prozesse beizutragen, wurden Modellrechnungen zum raumzeitlichen Verhalten einer Mikroentladung durchgeführt. Im Rahmen der hydrodynamischen Beschreibung werden die Teilchenbilanzgleichungen von Elektronen,  $\text{Ar}^+$ - und  $\text{Ar}_2^+$ -Ionen sowie 11 angeregten Argonzuständen gekoppelt mit der Energiebilanzgleichung der Elektronen und der Poisson-Gleichung bei vorgegebener Entladungsspannung gelöst. Das Dielektrikum wird unter Berücksichtigung der Aufladung der dielektrischen Elektrode mittels Hinzunahme des Gaußschen Gesetzes der Elektrostatik beschrieben. Erste Ergebnisse der Modellierung werden präsentiert und mit experimentellen Resultaten verglichen. Wesentliche Prozesse der Ionisations- und Rekombinationskinetik sowie des Energiehaushalts der Elektronen werden diskutiert.

P 19.9 Th 16:00 Lichthof

**Milieu alterations of biological surfaces by non-thermal plasma at atmospheric pressure** — ●ANDREAS HELMKE<sup>1</sup>, DENNIS

HOFFMEISTER<sup>1</sup>, NINA MERTENS<sup>1</sup>, JAN SCHUETTE<sup>2</sup>, and WOLFGANG VIÖL<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Department of Sciences and Technology, University of Applied Sciences and Arts, Von-Ossietzky-Str. 99, 37085 Goettingen, Germany — <sup>2</sup>Laser Laboratorium Goettingen e.V., Hans-Adolf-Krebs-Weg 1, 37077 Goettingen, Germany

Although cold atmospheric plasmas (CAP) have proven their efficacy in biomedical fields like decontamination, coagulation, and wound healing, the mechanisms of interaction between plasma constituents and biological matter are still uncertain. The arrangements are often operated with ambient air due to its overall disposability and manifold reactivity. Clinical research revealed elevated pH values in chronic wounds thus leading to distorted resident microbial flora resulting in vulnerability to pathogens and inflammation which inherently prevents healing of the wound. To escape from this circle, pH-targeted therapies to affect microbial growth have been proposed.

In a general approach, we studied the acidifying efficiency of a CAP treatment and ambient air as a working gas on lipid films. Acidification of a thin water film could be observed on plasma-treated surfaces of wool wax, pork sebum and human lipid layers. This pH shift was partly attributable to NO<sub>x</sub> species and to the formation of nitric acid in the upper layers of the substrates. The acidic compounds on the lipid surfaces resulted in pH shifts for up to 2 h after plasma exposure, which might be beneficial for pH-targeted therapies in dermatology.

P 19.10 Th 16:00 Lichthof

**Plasma chemical reactions of hydrocarbons in an atmospheric pressure dielectric barrier discharge** — ●THEJASWINI H.C., ABHIJIT MAJUMDAR, and RAINER HIPPLER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 6, 17487 Greifswald

The plasma chemical reactions of  $\text{C}_2\text{H}_4/\text{N}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_6/\text{N}_2$ ,  $\text{C}_2\text{H}_4/\text{Ar}$  and  $\text{C}_2\text{H}_6/\text{Ar}$  have been investigated through mass spectroscopy in a laboratory dielectric barrier discharge at an atmospheric pressure of 300 mbar. In this work, we investigate the possible plasma chemical reactions playing a role in Titan's atmosphere. The main results that we have obtained so far are related to the production of  $\text{H}_2$ , formation of higher order hydrocarbons such as  $\text{C}_n\text{H}_m$  with  $n \leq 12$ , and the formation of CN films on the electrodes by the fragmentation of  $\text{C}_2\text{H}_4/\text{N}_2$  and  $\text{C}_2\text{H}_6/\text{N}_2$  gases.

P 19.11 Th 16:00 Lichthof

**Two-dimensional modelling of a waveguide-based microwave plasma source** — ●MARGARITA BAEVA, ANDRE BOESEL, JÖRG EHLBECK, and DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Germany

The electromagnetic field distribution inside a waveguide-based microwave plasma source operated at 2.45 GHz and used for atomic emission spectroscopy of gaseous species is presented. Equations for determining the electromagnetic field are derived from Maxwell's equations and are solved for given smooth spatial profile of the plasma density estimated from experimental findings in argon and helium at atmospheric pressure. The model implies a two-dimensional and time-harmonic description yielding the average microwave power absorbed by the plasma which is compared with measured values. It enables the variation of the plasma size and position as well as of the electron density maxima. Simulations in the absence of plasma are performed to study the electric field strength built in the ceramic discharge tube which is important for the discharge ignition.