

P 15 Diagnostik 2; Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 5; Plasma-Wand Wechselwirkung 1

Zeit: Dienstag 17:00–19:00

Raum: Flure

P 15.1 Di 17:00 Flure

Temperaturbestimmung aus optisch dicken Linien — ●H. SCHNEIDENBACH und ST. FRANKE — Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik, Friedrich-Ludwig-Jahn Str. 19, 17489 Greifswald

Die Temperaturbestimmung aus optisch dicken Linien mit Selbstumkehr stellt eine Standardmethode der Diagnostik von Hochdruck-Lampenplasmen dar. Zwei Verfahren kommen im allgemeinen zur Anwendung. Das ist zum einen die Bartels-Methode, die ein Plasma im lokalen thermodynamischen Gleichgewicht (LTG) voraussetzt, und zum anderen die auf der Ein-Parameter-Näherung von Cowan und Dieke [1] basierende Karabourniotis-Methode [2]. Letztere arbeitet mit stärkeren Vereinfachungen als die Bartels-Methode und benötigt mehr experimentelle Informationen, ihre Anwendung ist aber nicht auf LTG-Plasmen beschränkt. Die Ein-Parameter-Näherung sowie die Bestimmung des darin enthaltenen sogenannten Inhomogenitätsparameters nach Karabourniotis werden analysiert. Es wird im numerischen Experiment gezeigt, daß die Energie des unteren Linienniveaus entscheidend die Abweichung der extrahierten Temperaturen von den exakten Werten beeinflusst. Beträchtliche Abweichungen treten bei Linien mit niedriger Niveauenergie auf. Dies schränkt den Anwendungsbereich der Methode insbesondere bezüglich LTG-Untersuchungen ein.

[1] R. D. Cowan, G. H. Dieke 1948 Rev. Mod. Phys. 20 418-55

[2] D. Karabourniotis 1983 J. Phys. D: Appl. Phys. 16 1267-81

P 15.2 Di 17:00 Flure

Self-Excited Electron Resonance Spectroscopy in Dual Frequency Capacitively Coupled Plasmas — ●EGMONT SEMMLER, PETER AWAKOWICZ, DENNIS ZIEGLER, THOMAS MUSSENBRÖCK, and RALF PETER BRINKMANN — Center for Plasma Science and Technology CPST, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Self Excited Electron Resonance Spectroscopy (SEERS) as a diagnostic tool is well established in semiconductor industry for nearly ten years. It is used for endpoint detection and process stability control, e.g. in plasma etching applications. In order to cover recent developments the use of SEERS in dual frequency excited capacitive plasma discharges requires the improvement of existing mono frequent models in terms of dual frequency capability. Current research activities within the Center for Plasma Science and Technology (CPST) at Ruhr-Universität Bochum involve the modelling, simulation and verification of a dual frequency RF discharge using SEERS diagnostics. The proposed model is capable of calculating RF current signals which can be compared directly to measured signals obtained by a dual frequency capacitively coupled plasma reactor, which is intended for sputter deposition of thin aluminium nitride and magnetic films. In order to compare experimental and theoretical results, parameter studies with varying generator power and chamber pressure are performed.

P 15.3 Di 17:00 Flure

Ortsaufgelöste H_{α} -Dopplerspektroskopie an einem Wasserstoffstrahl aus einer negativen Ionenquelle — ●A. LÜMKEMANN, A. LORENZ, U. FANTZ, H.-D. FALTER, P. FRANZEN und E. SPETH — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Eine induktiv gekoppelte Ionenquelle zur Erzeugung negativer Wasserstoffionen für die Plasmaheizung des internationalen Fusionsreaktors ITER mit energiereichen Neutralteilchen wird zurzeit am IPP in Garching entwickelt. Die Strahlextraktion findet in zwei Beschleunigungsstufen mit einem Dreigittersystem statt. Im Extraktionsbereich können Stöße der negativen Ionen mit dem thermischen Neutralgas dazu führen, dass sie ihr Elektron verlieren und dadurch nicht die volle Beschleunigung erfahren. Messungen dieser Strippingverluste mittels H_{α} -Dopplerspektroskopie am Ionenstrahl liefern einen Strippinganteil von weniger als 10 % bei einem Quelledruck von unter 0.5 Pa. Die Verbreiterung der dopplerverschobenen ($\Delta\lambda = 2.5$ nm) H_{α} -Linie der voll beschleunigten Ionen korreliert mit der Strahldivergenz und damit mit der Ionendichte vor dem Extraktionsgitter. Erste Ergebnisse einer ortsaufgelösten Messung mit 13 vertikalen und 7 horizontalen Sichtlinien werden vorgestellt. Mit der Verteilung der Halbwertsbreiten der einzelnen Spektren lassen sich Aussagen über die Homogenität des extrahierten

Ionenstroms bzw. der Ionendichte vor dem Extraktionsbereich machen.

P 15.4 Di 17:00 Flure

PLTG Plasmaspektroskopie im Kathodenbereich eines freibrennenden Lichtbogens — ●GERRIT KÜHN^{1,2}, JENS REICHE² und MANFRED KOCK¹ — ¹Institut für Atom- & Molekülphysik, Abteilung Plasmaphysik, Callinstraße 38, 30167 Hannover — ²Zentrum für Gravitationsphysik, Callinstraße 38, 30167 Hannover

Lichtbögen zeigen insbesondere in der Nähe der Kathode deutliche Abweichungen vom lokalen thermodynamischen Gleichgewicht (LTG). Zur Beschreibung des Plasmazustandes wird daher das Konzept des partiellen LTG (pLTG) eingesetzt, das als zusätzliche Plasmamparameter den Quotienten zwischen der Elektronentemperatur T_e und der Gastemperatur T_g sowie den Unterbesetzungsfaktor b enthält. Wir bestimmen Elektronendichten und -temperaturen mit klassischer Emissionsspektroskopie. Der Quotient $\beta := T_e/T_g$ wird mit Hilfe eines Relaxationsexperimentes ermittelt. Die drei gemessenen Plasmamparameter erlauben die vollständige Bestimmung des pLTG-Modells. Als Detektoren kommen verschiedene CCD-Kameras zum Einsatz, die in side-on Konfiguration betrieben werden und so nach einer Abel-Inversion 3d-aufgelöste Meßdaten liefern. Bei der Entladung handelt es sich um einen freibrennenden Niederstrom-Lichtbogen in Argon unter Atmosphärendruck, der als Modell für HID-Entladungslampen entwickelt wurde. Eine Ortsauflösung von $5 \cdot 10^{-5}$ m erlaubt Einblicke in Ursachen und Auswirkungen des pLTG in Kathodennähe.

P 15.5 Di 17:00 Flure

Messung der Rotationstemperatur von CF_2 in fluorkohlenstoffhaltigen RF-Plasmen — ●SERGEY STEPANOV¹, ONNO GABRIEL², MILENA PFAFFEROTT¹ und JÜRGEN MEICHSNER¹ — ¹Institut für Physik, Universität Greifswald, Domstraße 10a, D 17489, Greifswald, Deutschland — ²ETP group, Technische Universiteit Eindhoven, NL

Die Radikale CF , CF_2 und CF_3 als Dissoziationsprodukte von CF_4 spielen eine wichtige Rolle bei der Bildung größerer Moleküle sowie bei der Wechselwirkung mit Oberflächen. Zur Bestimmung absoluter Radikaldichten und Untersuchung ihrer Kinetik wurde die hochauflösende IR-Absorptionsspektroskopie mit durchstimmbaren Diodenlasern (IR-TDLAS) eingesetzt. Unter Voraussetzung eines thermodynamischen Gleichgewichtes und Kenntnis der Rotationstemperatur kann die sichtlinienintegrierte absolute Teilchendichte aus der Linienstärke eines Rotations-Vibrationsübergangs berechnet werden. Es wurden zwei verschiedene Methoden (Boltzmann-Plot, Temperaturabhängigkeit der Linienstärke) zur Bestimmung der Rotationstemperatur herangezogen. Das zeitliche Verhalten der Rotationstemperatur und der CF_2 -Dichte in gepulsten fluorkohlenstoffhaltigen RF-Plasmen (13,56 MHz, CCP) wurde studiert. Dabei wurde eine Erhöhung der Rotationstemperatur während des Plasmapulses bis etwa 700K mit Zeitkonstanten im ms-Bereich gemessen. Die Untersuchungen werden durch die DFG im SFB-Transregio 24 "Grundlagen komplexer Plasmen" gefördert.

P 15.6 Di 17:00 Flure

Pulsed Quantum Cascade Lasers as a Light Source for Cavity Ring-Down Spectroscopy — ●ST. WELZEL¹, G. LOMBARDI², R. ENGELN³, F. HEMPEL¹, S. GLITSCH¹, D. C. SCHRAM³, P. B. DAVIES⁴, and J. RÖPCKE¹ — ¹INP Greifswald, Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald, Germany — ²CNRS LIMHP, Université Paris XIII, 99, av. J.B. Clément, 93430 Villetaneuse, France — ³Department of Applied Physics, Eindhoven University of Technology, P.O. Box 51, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands — ⁴University of Cambridge, Department of Chemistry, Lensfield Road, Cambridge CB21EW, Great Britain

Since more than 10 years cavity ring-down spectroscopy (CRDS) has been applied as a highly sensitive absorption technique in the visible spectral range. Short laser pulses which are injected into a cavity, formed by highly reflecting mirrors, allow for absorption lengths of hundreds of metres. However, due to a lack of suitable light sources this measurement concept has been hardly used in the mid infrared spectral range (MIR). Particularly, this "fingerprint range" is of special interest for the investigation of stable and unstable molecules in reactive plasmas.

In the last years a new light source in the MIR became available: pulsed quantum cascade lasers (QCLs). Operating at room temperature, QCLs

also exhibit a higher output power compared to other semiconductor based lasers in the MIR. A custom made compact quantum cascade laser measurement and control system (Q-MACS) combined with a pulsed QCL and ZnSe mirrors ($R = 99.7\%$) were used for CRDS in the MIR. The first measurements demonstrated the potential of this approach to become an extremely sensitive absorption technique in the MIR.

P 15.7 Di 17:00 Flure

Some experiments on sequential fitting of line profiles in crowded spectra — ●ZELJKO ANDREIĆ and INDRAMANI SHARMA — Institute of Mathematics, Informatics and Drawing Geometry, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia

Experimental spectra of hot plasmas were decomposed to individual lines by sequential numerical fitting of individual profiles to the corresponding lines. The best fit criteria was the minimum sum of differences between the experimental spectrum and the spectrum calculated by superposition of all profiles obtained by the fitting procedure. Results and tools for such procedures are presented and discussed, with a short comparison to parallel fitting procedures.

This work is supported by the Croatian ministry of science and technology (project no. 0195052), and by the Alexander von Humboldt foundation.

P 15.8 Di 17:00 Flure

Zeitaufgelöste Spektroskopie und Pyrometrie an Hochdruckgasentladungslampen — ●JENS REINELT, OLIVER LANGENSCHIEDT, JÜRGEN MENTEL und PETER AWAKOWICZ — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Universitätsstrasse 150, D-44780 Bochum

Schon seit einigen Jahren werden in der BOCHUMER MODELL-LAMPE die Elektroden von Hochdruckgasentladungslampen untersucht. Dabei kommen verschiedene Messverfahren, vor allem optische Verfahren wie Spektroskopie und Pyrometrie zu Einsatz. Ziel ist es, eine möglichst vollständige und genaue Beschreibung von Elektroden und deren Plasmarandschichten im Wechselstrom-Betrieb zu erlangen.

Zur Bestimmung der in die Randschichten eingekoppelten Leistung wird der Temperaturverlauf entlang der gesamten Elektrode benötigt. Dieser wird im oberen Teil der Elektrode durch zeit- und orts aufgelöste spektroskopische Messung der Temperaturstrahlung und im unteren Teil durch eine an die Messwerte angepasste Simulation ermittelt. Aus den bekannten Temperaturverteilungen wird die in die Elektrode eingekoppelte Leistung phasenaufgelöst berechnet.

Vorgestellt wird das Messverfahren, sowie Messergebnisse und Simulationen für verschiedene Betriebsarten der Elektroden im Wechselstrom-Betrieb, sowohl für die Modell-Lampe, als auch für reale Lampen. Gefördert durch das DFG-Graduiertenkolleg - 1051

P 15.9 Di 17:00 Flure

Aktive Resonanzspektroskopie für Niedertemperaturplasmen — ●MARTIN LAPKE, THOMAS MUSSENBROCK und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Center for Plasma Science and Technology, Ruhr-Universität Bochum, D-44870 Bochum

Die in der Halbleitertechnologie eingesetzten Plasmadiagnostikmethoden müssen besondere Kriterien erfüllen: sie müssen schnell und preisgünstig sein, und darüber hinaus dürfen sie sowohl elektrisch als auch chemisch nur extrem schwach auf das Plasma zurückwirken, um Verunreinigungen zu minimieren und somit den Prozess Erfolg nicht zu gefährden. Eine Technik, die die genannten Kriterien in großem Maße erfüllt und die bereits mit Erfolg eingesetzt wird, basiert auf der Auswertung von Frequenz und Dämpfung der in kapazitiven HF-Entladungen selbsterregten Plasma-Serienresonanz [1,2]. Eine weitere viel versprechende Methode, die zuerst von H. Sugai [3] vorgeschlagen wurde, basiert auf der Auswertung bestimmter Resonanzen, welche durch Einkopplung kleiner hochfrequenter Signale angeregt werden. Dieser Beitrag widmet sich auf Basis eines konsistenten, vollständig analytischen Modells der theoretischen Untersuchung der in Niedertemperaturplasmen angeregten Resonanzen. Die Interpretation erfolgt in Hinblick auf Nutzung dieser Resonanzen als Kern einer robusten, industriell einsetzbaren Plasmadiagnostik.

[1] E. Semmler et al., Beitrag auf dieser Tagung

[2] T. Mussenbrock, Dissertation, Ruhr-Universität Bochum, 2004

[3] Sugai et al., Jpn. J. Appl. Phys., **38** (1999)

P 15.10 Di 17:00 Flure

A collisional radiative model for argon and the simulation of Laser Induced Fluorescence measurements — ●TILMANN LUNT — Humboldt-Universität zu Berlin

In order to compute the visible spectra by means of a collisional radiative model it is necessary to have detailed knowledge of atomic data. In particular the rate coefficients for collisional transitions are difficult to find. A model for argon which only takes into account electron impact excitation rate coefficients for optically allowed transitions approximated by Seaton and Regemorters formula, in addition to those for ionization and recombination, is presented here. The comparison with absolutely calibrated spectra measured in PSI-2 is already satisfactory: The total intensity of the 20 strongest lines is of the same order of magnitude with the relative intensities deviating by less than 20%.

With the help of the model an optimal pair of transitions for Laser Induced Fluorescence can be found. Furthermore repopulation times of the (metastable) initial levels are obtained.

P 15.11 Di 17:00 Flure

Ein analytisches Modell der selbsterregten Elektronenresonanzen in kapazitiven RF-Entladungen — ●UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, CPST, Ruhr University Bochum, Germany

Selbsterregte Resonanzen werden in kapazitiven RF-Entladungen als hochfrequente Schwingungen, die dem üblichen RF-Strom überlagert sind, beobachtet. Der hochfrequente Anteil des Stroms entsteht durch eine Serienresonanz, die durch die kapazitiven Randschicht und dem induktiven bzw. ohmschen Bulk gebildet wird. Das nichtlineare Verhalten der Randschicht führt zu einer komplexen Dynamik. Kommerziell wird die Messung dieser Resonanzen als passive Diagnostik in Ätzreaktoren eingesetzt. Die Auswertung geschieht dort durch ein numerisches Modell. Hier wird ein einfaches analytisches Modell vorgestellt. Zur analytischen Lösung der nichtlinearen Gleichungen wird eine Reihe von Näherungen gemacht, die allerdings die wesentlichen Aspekte der bestimmenden Physik erhalten. Es ergeben sich damit explizite Näherungsformeln für den Stromverlauf und die Resonanzfrequenzen. Insbesondere wird die Abhängigkeit von den Plasma- und Entladungsparametern deutlich. Der Vergleich der analytischen mit den numerischen Lösungen zeigt gute Übereinstimmung.

P 15.12 Di 17:00 Flure

Subthreshold Defect Generation by intense Electron Beams in Semiconductors — ●MAHMOUD GHORANNEVISS¹, AMIR H. SARI¹, MAHMOUD R. HANTEHZADEH¹, HEINRICH HORA², and REINHARD HOEPFL³ — ¹Plasma Physics Res. Ctr., Free Islamic Univ., Tehran — ²Theor. Physics, Univ. NSW, Sydney, Australia — ³FH Deggendorf

Against the knowledge that electrons of at least 200 keV energy are necessary to remove a silicon atom from its position in a crystal, high intensity electron beams of 50 and 75 keV energy were able to produce p-n junctions in silicon crystals. This subthreshold electron generation of crystal defects has been confirmed in different ways but the application to produce solar cells was never possible before. The development of a new type of an electron gun for very high beam currents at energies of 40 keV and above was performed at the PPRC [1] and applied to produce the very first silicon solar cells by this purely plasma technology avoiding the chemical method of the junction generation. This is important also for producing diodes and transistors in nano-technology for the size below the optical limit. Further work is reported about the use of organic semiconductors instead of silicon and similar single crystals. [1] A.H. Sari, et al. Laser and Particle Beams 23, 467-473 (2005)

P 15.13 Di 17:00 Flure

Optische Emission von atomarem Sauerstoff vor der gespeicherten Elektrode einer kapazitiv gekoppelten RF-Entladung — ●KRISTIAN DITTMANN und JÜRGEN MEICHSNER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Domstr. 10a, 17489 Greifswald

Es wurde die optische Emission einer kapazitiv gekoppelten Hochfrequenzentladung (13,56 MHz) in Sauerstoff im Bereich der RF-Randschicht und dem elektrodennahen Plasma untersucht. Die zeitlich gemittelte Emission des atomaren Sauerstoff bei 844 ($3p^3P \rightarrow 3s^3S$) und 777 nm ($3p^5P \rightarrow 3s^5S$) wurde hinsichtlich ihrer axialen Abhängigkeit untersucht. Weiterhin erfolgten orts-zeitaufgelöste Messungen der Emissionsintensitäten für die RF-Phase (74 ns) und für eine gepulste RF-Entladung (ms-Bereich). Die axial ortsaufgelösten Messungen der Emis-

sionsintensitäten zeigen, dass die Anregung hauptsächlich in zwei Bereichen erfolgt, in einem räumlich schmalen Bereich unmittelbar vor der RF-Elektrode und im Übergangsbereich Plasmagrenzschicht/Bulkplasma. Die zugrunde liegenden Anregungsmechanismen beruhen auf Schwereteilchenstöße vor der RF-Elektrode und Elektronenstöße infolge der Plasmagrenzschichtdynamik.

P 15.14 Di 17:00 Flure

HF-Entladungplasma mit statischem Quadrupolfeld — •TESKE CHRISTIAN, IBERLER MARCUS und JAKOBY JOACHIM — Universität Frankfurt, Institut für Angewandte Physik

Am IAP in Frankfurt wird ein neuartiges Konzept zum magnetischen Einschluss einer HF-Entladung untersucht. Hierbei handelt es sich um ein HF-angeregtes Argon-Plasma, das durch ein zeitlich homogenes magnetisches Quadrupolfeld eingeschlossen wird. Generiert wird das Plasma über eine Induktionsspule, unter Verwendung eines abstimmbaren HF-Generators mit einer maximalen Ausgangsleistung von 300W. Zielsetzung der Messreihe ist es, die Güte des magnetischen Einschlussverfahrens über die erzielte Elektronendichte n_e und Elektronentemperatur T_e zu quantifizieren. Die Determination der Plasmamaparameter n_e und T_e erfolgt hierbei über spektroskopische Untersuchungen der Emissionslinien. Erste Messergebnisse ergaben Plasmadichten von 10^{14}cm^{-3} und Elektronentemperaturen von 1.2eV bei einem Gasdruck von 2Pa.

P 15.15 Di 17:00 Flure

Simulation der Cäsiumdynamik in negativen Ionenquellen (H^-) zur Neutralteilchenheizung — •D. WÜNDERLICH, U. FANTZ und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

In Niedertemperaturplasmen entstehen negative Wasserstoffionen sowohl im Plasmavolumen als auch an den Oberflächen. In der Entwicklung von negativen Ionenquellen für die Neutralteilchenheizung von ITER wird Cäsium verwendet, um die Ausbeute des Oberflächenprozesses zu maximieren. Bei der optimalen Schichtdicke ($\approx 1 \text{ ML}$) wird die Austrittsarbeit einer Molybdänoberfläche auf $\approx 2 \text{ eV}$ abgesenkt. Um dies zu erreichen, wird Cäsium lokal in der Ionenquelle ($T_e \approx 1-2 \text{ eV}$, $n_e \approx 10^{17} \text{ m}^{-3}$, $p < 0.5 \text{ Pa}$) verdampft und verteilt sich in dieser. Eine optimale Produktion der Ionen nahe am Extraktionsbereich, also auf dem Plasmagitter, ist wünschenswert, da im Volumen effektive Verlustprozesse stattfinden (Elektronenabstreifung, gegenseitige Neutralisation mit H_x^+). Eine Optimierung der H^- -Produktion setzt also die Optimierung der Bedeckung des Gitters mit Cäsium voraus. Dazu ist neben der Diagnostik am Experiment eine theoretische Beschreibung mittels Modellen nötig. Grundlage dazu ist die Charakterisierung der Cäsiumdynamik in der komplexen Experimentgeometrie. Speziell für diese Problemstellung wird ein flexibler Monte-Carlo-Transportcode entwickelt. Neben Resultaten von Rechnungen zur Randschicht werden erste Ergebnisse zur Ausbreitung von Cäsium in der Plasmaquelle vorgestellt.

P 15.16 Di 17:00 Flure

Globales Modell eines induktiv gekoppelten Sauerstoff-Plasmas — •GEORGE-FELIX LEU, ALBRECHT BROCKHAUS und JÜRGEN ENGEMANN — Forschungszentrum für Mikrostrukturtechnik - fnt, Bergische Universität Wuppertal, Rainer Gruenterstr. 21, 42119, Wuppertal

Trotz ihrer technologischen Bedeutung sind Sauerstoff-Plasmen noch nicht befriedigend verstanden. Die Gründe liegen einerseits in dem Mangel an Kenntnissen über die Wechselwirkungsquerschnitte und andererseits in den inhärenten Problemen eines vollkommenen selbstkonsistenten Modells der Plasma-Feld-Wechselwirkung. Um ein solches reaktives Plasma zu analysieren, haben wir ein vereinfachtes, nulldimensionales Modell verwendet. Das Ziel besteht darin, die wesentlichen Prozessschritte zu identifizieren und den Einfluss der äußeren Parameter, wie Leistung, Druck, etc., auf die inneren Plasmamaparameter, wie Teilchendichte, Flüsse, etc. zu verstehen. Der Druck der Entladung liegt im Bereich 1 - 100 Pa und die Leistung im Bereich 100 - 1000 W. Eine komplexe Chemie mit vielen unterschiedlichen Teilchensorten (O_2 , O, O_3 , metastabile Spezies und positive und negative Ionen) wurde in dem Modell berücksichtigt. Das Modell beruht auf Energie- und Teilchen-Erhaltungsgleichungen. Die Stabilität der stationären Lösung gegenüber den Anfangsbedingungen wurde untersucht. Als Ergebnis werden die Dichten der Plasma-Komponenten als eine Funktion von Druck und Leistung dargestellt und die Hauptreaktionskanäle diskutiert. Es zeigt sich, dass die Koeffizienten der Plasma-Wand Reaktionen eine große Rolle für die Prozessdynamik spielen.

P 15.17 Di 17:00 Flure

Nichtlokale Elektronenkinetik im Afterglowplasma bei niedrigem Druck — •DETLEF LOFFHAGEN, SERGEY GORCHAKOV und DIRK UHRLANDT — INP Greifswald, F.-L.-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald

Gepulste Niederdruckplasmen finden Anwendung sowohl als Lichtquellen als auch in der Plasmaprozesstechnik. Ihre Charakteristika werden erheblich auch durch Prozesse im Afterglow nach Abschalten der Leistungszufuhr beeinflusst. Bei niedrigem Druck bestimmt das Verhalten der Elektronenkomponente im Wesentlichen die Eigenschaften des Plasmas. Im Rahmen dieses Beitrags werden theoretische Untersuchungen zur Elektronenkinetik in der Afterglowphase einer induktiv gekoppelten Entladung vorgestellt. Zur Beschreibung des abklingenden Plasmas wurde ein selbstkonsistentes Modell entwickelt, das auf der nicht-lokalen Näherung der kinetischen Gleichung der Elektronen basiert. Es berücksichtigt die Vielfalt der möglichen Stoßprozesse zwischen Elektronen und Neutralgaskomponenten, die Interelektronenwechselwirkung, die Kühlung der Elektronen im Raumladungsfeld und die Chemoionisation. Einer der Schwerpunkte der Untersuchungen war die Bestimmung des stationären Zustandes der RF-Entladung, aus dem die Afterglowphase startet. Erste Ergebnisse für Argon bei einem Druck um 2 Pa werden präsentiert. Das zeitliche Verhalten der isotropen Komponente der Elektronen-Geschwindigkeitsverteilungsfunktion, der Dichte und mittleren Energie der Elektronen sowie des Wandpotenzials werden im Vergleich mit experimentellen Daten diskutiert. Gefördert durch die DFG (Projekt Uh 106/2-1).

P 15.18 Di 17:00 Flure

Transitions from uniform state to regular patterns in DC gas discharge with resistive cathode at low temperature — •WEIFENG SHANG and HANS-GEORG PURWINS — Institut für Angewandte Physik, Universität Münster, Corrensstr. 2-4, 48149 Münster

By using a resistive cathode in a planar gas discharge system consisting of a gap of the order of 1 mm filled with Nitrogen or Argon of a few hundred hPa, a uniform discharge covering the whole surface of the cathode can be obtained after the electrical breakdown of the gas. An increase of the current density will destabilize the spatially uniform state of the current flow through the gas. Under proper conditions regular patterns, i.e. hexagonal lattice and stripes, can arise out of the uniform background. The specific resistivity of the cathode consisting of a Si(Zn) wafer cooled down to about 130 K can be varied through illumination. The transitions from the uniform state to the patterned state are investigated at various inter-electrode distances between 0.5 mm and 1.5 mm and gas pressures between 50 and 300 hPa. The observed transitions are compared with Turing bifurcations in chemical reaction-diffusion systems.

P 15.19 Di 17:00 Flure

Numerische Simulation der Extraktion negativer Wasserstoffionen — •R. GUTSER¹, D. WÜNDERLICH², H.D. FALTER² und U. FANTZ² — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Quellen für negative Ionen (H^- , D^-) sind für die Neutralteilchenheizung von Fusionsexperimenten von hoher Relevanz. Unter Verwendung des Kobra3D Inp[1]-Codes wurden Rechnungen zur Geometrie des Extraktionssystems (drei Gitter) und zur Strahloptik für die Quellen am IPP durchgeführt. Dieser selbstkonsistente Code löst zunächst die durch die Elektrodengeometrie bestimmte Laplace-Gleichung. Zusammen mit einem vorgegebenen magnetischen Feld ist es nun möglich, in einem Ray-Tracing Verfahren die Bahnen der einzelnen Ionen numerisch zu integrieren. Die gewonnenen Bahndaten werden verwendet, um aus der Raumladung der Teilchen die Ladungsverteilung für den nächsten Zyklus zu bestimmen. Das Lösen der damit erhaltenen Poisson-Gleichung (Ladungsverteilung und Elektroden) ermöglicht die erneute Berechnung der Trajektorien. Dieser Zyklus wird wiederholt, bis Selbstkonsistenz erreicht ist. Der Kobra-Code soll mit einer Particle-In-Cell Simulation der Plasmaquelle kombiniert werden. Es werden mögliche Optimierungen der Geometrie des Extraktionssystems betrachtet (Anordnung der drei Gitter im Hinblick auf die Minimierung der ko-extrahierten Elektronen bei optimierter Strahloptik für H^- Teilchen).

[1] P.Spädtke and S.Wipf, KOBRA3-a Code for the Calculation of Space Charge Influenced Trajectories in 3 Dimensions, GSI 89-09 (1989)

P 15.20 Di 17:00 Flure

Abtrag von Polymerschichten mittels eines gleichspannungsgetriebenen Atmosphärendruck-Plasma-Jets — ●DAMIAN DÜDEK, ALBRECHT BROCKHAUS und JÜRGEN ENGEMANN — Forschungszentrum für Mikrostrukturtechnik - fnt, Bergische Universität Wuppertal, Rainer-Gruenter-Str. 21, 42119 Wuppertal

Eine Atmosphärendruck-Plasma-Jet (APJ) Quelle wurde entwickelt, die sich in Umgebungsluft mit Gleichspannung betreiben lässt und ein Niedertemperaturplasma fern vom thermischen Gleichgewicht erzeugt. Der Durchmesser des austretenden Plasma-Jets liegt in der Größenordnung von einigen hundert Mikrometern bei einer Länge von bis zu zwei Zentimetern. Hiermit ist es möglich, eng lokalisierte, punktuelle Behandlungen von Materialoberflächen zu realisieren. Als Beispiel zeigt dieser Beitrag, wie Polymerschichten an definierten Stellen von einem Siliziumsubstrat entfernt werden. Dabei wurde die Abtragseffizienz durch Leistungseinkopplung in das Plasma variiert und durch Wägeteile des Substrates ermittelt.

Eine erste Charakterisierung der Plasmaentladung erfolgte mittels optischer Emissionsspektroskopie. Es zeigt sich, dass das Spektrum des Luftplasmas im Wesentlichen aus Emissionsbanden des neutralen und ionisierten Stickstoffmoleküls besteht. Ferner ist die Rotationstemperatur von Interesse, um Rückschlüsse auf die Art des Ätzangriffes auf das Polymer zu ziehen.

Die Arbeiten werden durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) im Rahmen des Graduiertenkollegs 1051 gefördert.

P 15.21 Di 17:00 Flure

Behandlung von Ruß durch dielektrisch behinderte Entladungen in Luft — ●JENS GRUNDMANN, SIEGFRIED MÜLLER, ROLF-JÜRGEN ZAHN, HARTMUT STEFFEN und ANTJE QUADE — Inst. für Niedertemperatur-Plasmaphysik, Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald

Die Zersetzung von Ruß durch dielektrisch behinderte Entladungen (DBE) in Sauerstoff und Luft wurde mittels FTIR und XPS analysiert. Die Ergebnisse zur Rußzersetzung weisen auf einen Zersetzungsmechanismus durch langlebige Spezies wie Ozon hin. Die Zersetzung erfolgt mit Ozon in einem dreistufigen Prozeß, während Reaktionen mit Stickstoffdioxid sehr langsam verlaufen.

Die Messergebnisse der Behandlung in einer Entladung und mit extern erzeugtem Ozon weisen eine starke Abhängigkeit der Zersetzungsraten von der Temperatur auf.

P 15.22 Di 17:00 Flure

Plasmaverfahren zur Behandlung von Aerosolen und Gerüchen — ●ROLF-JÜRGEN ZAHN, SIEGFRIED MÜLLER und JENS GRUNDMANN — Inst. für Niedertemperatur-Plasmaphysik, Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald

Zur Behandlung der Aerosole und Gerüche wurden spezielle Plasmareaktoren auf der Basis von Barrierentladungen entwickelt. In den Untersuchungen wurden Aldehyde als wesentliche Geruchsbestandteile identifiziert. Bestandteile der Aerosole waren Pflanzenöle und Ruß. Bei der Behandlung der Abluft wurden folgende Ergebnisse erhalten:

- Zersetzung von Aerosolen
- Abbau von VOC
- eine fast vollständige Reduzierung der Gerüche (Olfaktometrie)
- der Abbau erfolgt über Oxidations- und Zersetzungsprozesse
- es wird eine relativ geringe elektrische Leistung benötigt

Das Verfahren trägt zur Verbesserung der Luftqualität, insbesondere im Bereich der Lebensmittelzubereitung, bei.

P 15.23 Di 17:00 Flure

Abscheidung von siliziumhaltigen Schichten auf Mikroteilchen in dielektrisch behinderten Plasmen unter Atmosphärendruck — ●MARCEL HÄHNEL, VOLKER BRÜSER und HOLGER KERSTEN — INP Greifswald, F.-L.-Jahn Straße 19, 17489 Greifswald

Die vorliegende Studie befaßt sich mit der Abscheidung von homogenen und geschlossenen SiO₂-haltigen Schichten auf Mikroteilchen. Diese Schichten wurden aus Hexamethyldisiloxan (HMDSO) und Tetraethylorthosilicat (TEOS) unter Bemischung verschiedener Gaszusammensetzungen deponiert. Die Untersuchungen zur Abscheidung solcher SiO₂-haltigen Schichten erfolgte auf Kaliumbromidpulver in der Größenordnung von 10 bis 80 Mikrometer. Für die Beschichtung wurde eine dielektrisch behinderte Oberflächenentladung verwendet, die durch Modifikationen auch für eine kontinuierliche Arbeitsweise

geeignet ist. Die Entladung wurde gepulst mit Spitzenspannungen von 14 kV bei einer Puls wiederholrate von 10 kHz betrieben. Als Spannungsquelle diente ein Fourier-Synthese Impuls generator mit einer Ausgangskapazität von 200 pF.

Die Bewertung der Schichten erfolgte durch Oberflächenanalytik (FTIR, REM), sowie makroskopischer Tests zur Bestimmung der physikalisch-chemischen Eigenschaften.

P 15.24 Di 17:00 Flure

Optimierung der VUV-Strahlungscharakteristik von He-Xe-Niederdrucklampen — ●DETLEF LOFFHAGEN, RENE BUSSIAHN, SERGEY GORCHAKOV, HARTMUT LANGE und DIRK UHRLANDT — INP Greifswald, F.-L.-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald

He-Xe-Niederdrucklampen finden Anwendung als quecksilberfreie Lichtquellen in der Lichtwettbewerbbranche. Die Optimierung solcher Lampen erfordert die Bestimmung geeigneter Entladungsparameter, wie z.B. der Betriebsweise. Im Rahmen dieses Beitrags werden Ergebnisse der Untersuchungen zur VUV-Strahlungscharakteristik von Gleichstrom-, Wechselstrom- und gepulsten Entladungen präsentiert. Die Analyse erfolgte mittels selbstkonsistenter Modellierung des Entladungplasmas und Vergleich mit experimentellen Resultaten. Die Modellierung erfolgte durch die gekoppelte Lösung eines Systems von Ratengleichungen für die wesentlichen Schwerteilchenkomponenten, von Gleichungen für den äußeren elektrischen Stromkreis und der zeitabhängigen Boltzmann-Gleichung zur Bestimmung der elektronenkinetischen Größen. Die experimentellen Abhängigkeiten der Ausbeute und Effizienz der Erzeugung der Resonanzstrahlung wurden aus gemessenen Dichten und Lebensdauern der Xenon-Resonanzatome sowie aus Direktmessungen der Strahlungsintensität gewonnen. Basierend auf den guten wechselseitigen Übereinstimmung von experimentellen und theoretischen Ergebnissen wurden optimale Bedingungen hinsichtlich der VUV-Strahlungscharakteristik ermittelt und bewertet.

Gefördert durch das BMBF (FKZ: 13N8153)

P 15.25 Di 17:00 Flure

Analyse der raumzeitlichen Dynamik von Säulenplasmen in Glimmentladungen mittels einer Hybridmethode — ●DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, F.-L.-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald

Säulenplasmen in Glimmentladungen bilden eine wichtige Plasmakonfiguration hinsichtlich der Strahlungs- und Lichterzeugung im Niederdruckbereich. Große Anstrengungen wurden in den letzten Jahren unternommen, um ein tieferes Verständnis der zeitlichen und räumlichen Dynamik dieser Nichtgleichgewichtsplasmen zu erzielen. Dieser Beitrag stellt eine neue selbstkonsistente Hybridmethode zur Analyse des raum- und zeitabhängigen Verhaltens im zylindrischen, axial homogenen Säulenplasma von Glimmentladungen vor. Die Methode basiert auf der Lösung des nichtlinearen Systems bestehend aus hydrodynamischen Gleichungen für die geladenen und neutralen Plasmakomponenten, der Poisson-Gleichung für das radiale Raumladungspotenzial, der Strombilanzgleichung zur Bestimmung des axialen elektrischen Feldes und der zeitabhängigen, räumlich inhomogenen Boltzmann-Gleichung, deren Lösung u.a. die eingehenden Transport- und Ratenkoeffizienten der Elektronen liefert. Erste Ergebnisse der raumzeitlichen Entwicklung von typischen He-Xe-Lampenplasmen werden für vorgegebenes Zeitverhalten des Entladungsstroms diskutiert. Ausgehend von einer homogenen und feldfreien Anfangssituation wird das Transientverhalten zum stationären Zustand einer Entladung bei einem Druck von 2.5 Torr und einem Strom von 60 mA betrachtet, das starke strukturelle Änderungen der Komponenten des elektrischen Feldes sowie der Teilchen- und Stromdichten der verschiedenen Plasmakomponenten aufweist.

P 15.26 Di 17:00 Flure

Untersuchungen von Hochstrom-Niederdruckentladungen in Edelgasen — ●DETLEF LOFFHAGEN, SERGEY GORCHAKOV, ECKHARD KINDEL, HARTMUT LANGE und SERGEY STAROSTIN — INP Greifswald, F.-L.-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald

Niederdruckentladungen in Edelgasgemischen sind eine mögliche Alternative zu quecksilberhaltigen Lichtquellen. Der wesentliche Nachteil solcher Entladungen ist ihre niedrigere Effizienz der Strahlungserzeugung. Die Verbesserung der Effizienz kann durch die Auswahl geeigneter Entladungsparameter und Betriebsweisen erreicht werden. Elektrodenlose Entladungen haben Vorteile, wie längere Lebensdauer und höhere Stromdichten. Im Rahmen dieses Beitrags werden Ergebnisse von experimentellen und theoretischen Untersuchungen einer induktiv gekoppelten Entladung, aufbauähnlich zur Endura-/Icetron-Lampe, in He-Xe-

Gemischen präsentiert. Die Diagnostik des Entladungsplasmas umfasste Messungen der elektrischen Feldstärke und die Bestimmung der Besetzungsdichten des untersten metastabilen und resonanten Xenon-Niveaus mittels Haken-Methode bzw. Diodenlaser-Absorptionsspektroskopie. Die selbstkonsistente Modellierung des Plasmas erfolgte durch die gekoppelte Lösung der Strombilanzgleichung, eines Systems von Gleichungen für die wesentlichen Schwerteilchenkomponenten und der Boltzmann-Gleichung zur Bestimmung der elektronenkinetischen Größen. Erste Ergebnisse der Modellrechnungen werden mit den Daten der Messungen verglichen und diskutiert.

P 15.27 Di 17:00 Flure

Assessment of Emission Spectroscopy for the Reconstruction of the Electron Temperature — ●DIRK DODT¹, ANDREAS DINKLAGE¹, and RAINER FISCHER² — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Teilinstitut Garching

The line emission from the plasma in a neon glow discharge is investigated. Since electron collisions are the main excitation mechanism, the measured intensities of the spectral lines give information about the electron energy distribution function (EEDF).

In a first step, a stationary collisional-radiative model is used to fit the electron temperature to the measured line emissions. The fit is performed by means of Bayesian data analysis [1], which involves the description of the error statistics of all input parameters and measured quantities.

[1] R.Fischer, V.Dose, Plasma Phys. Contr. Fusion 41, p. 1109 (1999)

P 15.28 Di 17:00 Flure

Analysis of the chemistry in methane discharges by means of tunable diode laser absorption spectroscopy — ●ANNA SERDYUCHENKO, IVONNE MÖLLER, and HENNING SOLTWISCH — Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany

The chemical composition in a methane discharge is strongly influenced by the electron impact dissociation rate coefficients, which are directly dependent on the electron energy distribution function (EEDF). Unfortunately the direct measurement of the EEDF is hampered by the reactivity of the plasma and relatively low electron densities.

In this work we try to estimate the rate coefficients of several dissociation reactions from relatively simple rate equations for the main plasma species (CH₄, CH₃, C₂H₂, C₂H₄ and C₂H₆), which have been measured by tunable diode laser spectroscopy. By comparing these rate coefficients with calculated values resulting from appropriately chosen EEDFs, the mean energy for different plasma conditions can be evaluated. The various loss channels (pumping, dissociation, chemical reactions) have been investigated under different flow conditions. Simple analytical approximations for the dominant plasma species allow us to find out the main reaction channels.

P 15.29 Di 17:00 Flure

Time-resolved measurements of transient and stable species in argon/methane pulsed ICP discharges — ●V. VARTOLOMEI, T. SCHWARZ-SELINGER, and W. JACOB — Max-Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching, Germany

The aim of this study is to identify elementary reaction mechanisms in methane plasmas. A description of this system is, however, very complicated due to the complexity of the reactions in the plasma volume and at the surface, and the interplay between both. Inductively coupled plasma (ICP) discharges in argon, methane, and methane/argon mixtures are investigated for continuous and pulsed operation. Neutral species are sampled with molecular-beam mass spectrometry at the chamber wall and ion fluxes are measured with energy-resolved mass spectrometry and a retarding field energy analyser at the substrate position. We focus here on the plasma volume reactions. To reduce the system complexity for the methane discharge, chemical reactions must be limited. This is performed by adding argon and by reducing the average dissipated energy per molecule in the discharge (E_{mean}). This is achieved by varying experimental parameters such as power, residence time, and pulse parameters. As a first step, basic characteristics of the discharge and the analysis methods are characterised by pure argon discharges. As a second step increasing amounts of methane are added to the discharge. We observed that the pulse-averaged species concentration is determined by E_{mean} only. Time-resolved measurements show that some species are produced in the pulse-on phase while others are depleted and vice-versa.

P 15.30 Di 17:00 Flure

Absolute Atomic Oxygen Density Measurements in the Effluent of an Atmospheric Pressure Plasma Jet (APPJ) by Two-Photon Laser-induced Fluorescence Spectroscopy — ●ST. REUTER, K. NIEMI, V. SCHULZ-VON DER GATHEN, and H.F. DÖBELE — Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Physik, D-45141 Essen

The 13.56 MHz RF-excited plasma jet used in this work generates a homogeneous plasma in helium or argon with small admixtures (about 1 vol.-%) of oxygen. The temperature of the effluent is well below 100°C. The jet operates at ambient conditions. Absolute concentrations of atomic oxygen have been measured in the effluent of the plasma jet by two-photon laser-induced fluorescence (TALIF). Even at several centimetre distance from the nozzle still there is 1% of the initial atomic oxygen density of 10¹⁶ cm⁻³ present [1]. The jet has been set up in a planar and a concentric version; both were compared by means of TALIF measurements. Emission spectroscopic measurements in the spectral range down to 110 nm have been carried out. Strong emission lines e.g. of atomic oxygen at 130 nm are observed up to a few centimetre outside the discharge. First investigations in changing the wetting behaviour of polymer Petri dishes have been carried out. The wettability could be adjusted in a wide range (wetting angle from 60° to below 10°).

This work was supported by the "Ministerium für Wissenschaft und Forschung NRW" in the frame of the "Verbund plasmagestützte Oberflächenmodifikation von medizin- und biotechnischer Bedeutung".

[1] K. Niemi, S. Reuter, V. Schulz-von der Gathen, and H.F. Döbele, Plasma Sources Sci. Technol. 14 (2005) 375

P 15.31 Di 17:00 Flure

Orts- und zeitaufgelöste optische Emissionsspektroskopie an einer großflächigen Quelle für negative Wasserstoffionen — ●S. HILBERT¹, U. FANTZ^{1,2} und NNBI-TEAM² — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Das IPP Garching hat eine großflächige HF-Quelle für negative Wasserstoffionen entwickelt, um die ITER-Relevanz des Quellenkonzeptes zu demonstrieren. Die optische Emissionsspektroskopie spielt für die Plasmacharakterisierung eine Schlüsselrolle, da sie als nicht-invasive Diagnostik den Plasmazustand nicht stört, und zudem auch von Störquellen wie HF- oder Magnetfeldern unbeeinflusst bleibt. Um dabei die zeitliche Dynamik des Plasmas zu erfassen, ist eine zeitaufgelöste Messung notwendig. Zur Vorbereitung der großflächigen Extraktion von negativen Wasserstoffionen muss zudem die Homogenität der Plasmaparameter über dem 80x70 cm² großen Extraktionsgitter nachgewiesen werden. Dies erfordert neben der Zeitauflösung des gepulsten Plasmas auch simultane, ortsaufgelöste Messungen, welche durch die Verwendung von sehr empfindlichen 3 Kanal-Übersichtsspektrometern (200-870nm) erreicht werden können. Erste Ergebnisse zur Anwendung dieser Systeme für die ortsaufgelöste Plasmacharakterisierung im Echtzeitmonitoring (ms-Bereich) werden vorgestellt.

P 15.32 Di 17:00 Flure

Langmuir-Sonden Messungen am Niederdruckplasma zur Behandlung von medizinischen Implantaten — ●HELMUT HALFMANN und PETER AWAKOWICZ — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Universitätsstrasse 150, 44780 Bochum

In einem doppelt induktiv gekoppelten Niederdruckplasma (DICP) werden verschiedene Materialien aus dem Bereich der Implantologie behandelt. Dies führt zur Sterilisation und Modifikation der Oberfläche. Zur Untersuchung der unterschiedlichen Wirkmechanismen werden verschiedene Diagnostiken (Langmuir-Sonden Messung, optische Emissionsspektroskopie, Energie-Massen-Spektroskopie) angewendet. Die Messung und Auswertung der Sondenkennlinie nach Langmuir liefert ortsabhängige Informationen zur Charakteristik der Entladung bei unterschiedlichen Kombinationen von Druck, Gasgemisch, Gasflüssen und eingekoppelter Leistung. Für die Anwendung wichtig ist die Erkenntnis, dass sich die Parameter der Entladung im ausgedehnten Teilvolumen des Reaktors nur gering ändern. Daraus folgt, dass auch größere Implantate behandelt werden können, ohne Qualitätsverluste hinnehmen zu müssen.

P 15.33 Di 17:00 Flure

Investigations on an inductively coupled radio-frequency magnetic neutral loop discharge — ●D.L. CRINTEA¹, D. O'CONNELL¹, S. NAKAO², M. BRENNSCHEIDT¹, T. GANS¹, and U. CZARNETZKI¹ — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, CPST, Ruhr-University Bochum, Germany — ²Department of Electrical Engineering and Computer Science, Nagoya University, Japan

An inductively coupled magnetic neutral loop discharge (NLD) was designed and has been investigated using various diagnostic techniques. Three coaxial coils are used to generate an inhomogeneous magnetic field that vanishes along a ring in the discharge - the so called Neutral Loop (NL). The plasma is generated by applying an oscillating radio-frequency (rf) electric field along the NL through a four turn planar antenna operated at 13.56 MHz. Collisionless electron heating in the NL allows plasma operation at low pressures, down to 0.01 Pa. This pressure regime provides ideal conditions for anisotropic etching. Plasma characteristics, such as electron density and temperature have been investigated by Thomson scattering and Langmuir probe. These reveal densities up to 10^{12} cm^{-3} and electron temperatures up to 10 eV in the NL region. This is in good agreement with global model predictions. Spatially resolved Langmuir probe measurements show that the electron temperature peaks in the NL while the maximum of the electron density is shifted radially inwards due to diffusion. Phase resolved optical emission spectroscopy (PROES) allows one to distinguish between different power coupling mechanisms and provides insight into the electron dynamics in the discharge. Supported by: SFB 591, GK 1051

P 15.34 Di 17:00 Flure

Investigation of the dynamics of the E to H mode transition in inductively coupled argon plasmas — ●PHILIPP KEMPKES¹, CARSTEN PARGMANN¹, S. VIKRAM SINGH², VIKTOR GORSHELEV¹, and HENNING SOLTWISCH¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum, Institut für Experimentalphysik V, Universitätsstr. 150, 44780 Bochum, Germany — ²TU Eindhoven, 5612 AZ Eindhoven, Netherlands

Inductively coupled plasmas (ICPs) can be operated at two different modes corresponding to two different schemes of power coupling. The so-called E mode (at low input power) is maintained by the electrostatic field over the induction coil while the so-called H mode (at higher input power) is maintained by the electric field which is induced by the coil's magnetic field. The long-term aim of this work is to gain additional control of the electron energy distribution function - which strongly depends on the power coupling - by fast switching between the two modes via amplitude modulation of the input power. To investigate the transition dynamics, time-resolved measurements of the total light emission intensity, the electron density, the floating potential and the current and voltage in the induction coil have been performed. Various effects, which have not been reported in the literature so far, have been observed, indicating a two-step process of the E to H mode transition at rectangular-shaped amplitude modulation. A non-continuous behaviour in the H mode, close to the H to E mode transition at continuous (triangular) modulation was observed as well.

P 15.35 Di 17:00 Flure

Hochfrequenzabsorption und Elektronenheizung an einer Hochfrequenzelektrode in einem Helikontargetplasma — ●BERND CLARENBACH und MICHAEL KRÄMER — Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum

Untersucht wird die Leistungsabsorption und Elektronenheizung an einer HF-Elektrode ($P_{max} \approx 500 \text{ W}$, Durchmesser = 150 mm), die sich im Zentrum einer großvolumigen Diffusionskammer mit magnetischem Multipolfeldeinschluss befindet. In die Kammer diffundiert das gepulste Argonplasma ($\tau_{pulse} = 3 - 8 \text{ ms}$, $f_{pulse} = 25/50 \text{ Hz}$, $P_{RF} < 2 \text{ kW}$, $f_{RF} = 13.56 \text{ MHz}$, $n_e \approx 10^{18} \text{ m}^{-3}$, $T_e \approx 2 \text{ eV}$) einer Helikontentladung. Für die Messung der zeitlichen und räumlichen Elektronendichte und -temperatur bzw. Elektronenenergieverteilungsfunktion (EEVF) wird ein Imm-Interferometer und eine passiv kompenzierte Langmuirsonde eingesetzt. Spektroskopische Messungen der Argonlinienstrahlung in Kombination mit einem Stoß-Strahlungsmodell erlauben den Nachweis schneller Änderungen der EEVF. Über einen weiten Bereich der HF-Leistung und der Gasdichte wird untersucht, inwieweit die Elektronenheizung stochastisch ist. Darüber soll insbesondere auch der zeitliche Verlauf von Strom und Spannung an der HF-Elektrode, der mit einem HF-Messkopf gemessen wird, Aufschluss geben.

Gefördert von der DFG (SFB 591, Projekt A7)

P 15.36 Di 17:00 Flure

Messungen zur Photoeffizienz von CH und C₂ im Divertor von ASDEX Upgrade — ●A. MANHARD^{1,2}, U. FANTZ^{1,2}, R. DUX², A. KALLENBACH² und ASDEX UPGRADE TEAM² — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Die chemische Erosion von Kohlenstoff im Divertor eines Fusionsexperiments kann mit optischer Emissionsspektroskopie bestimmt werden. Um die Teilchenflüsse von der Wand ins Plasma zu erhalten, muss die (inverse) Photoeffizienz D/X_B für die wichtigsten Erosionsprodukte (CH_4 , C_2H_y) bekannt sein. Diese Photoeffizienz ist zum Einen über Modellierungen zugänglich, aber auch durch spektroskopische Messungen an kalibrierten Gasflüssen. Durch Verwendung eines hochauflösenden Echelle-Übersichtsspektrometers ist es möglich, die Strahlungsintensität verschiedener Dissoziationsprodukte (und damit auch deren Photoeffizienz) gleichzeitig während einer Plasmaentladung zu messen, wodurch Fehlerquellen im Zusammenhang mit der Reproduzierbarkeit der Entladungen ausgeschlossen werden. Das gesamte optische System (Linsenköpfe, Lichtleiter, Spektrometer) ist absolut kalibriert. Messungen für die verschiedenen Ausgangsspezies werden zudem bei unterschiedlichen Plasmaparametern (Elektronendichte und -temperatur) durchgeführt. Erste Ergebnisse werden vorgestellt.

P 15.37 Di 17:00 Flure

Kohlenwasserstoffzusammensetzung in Wasserstoff-Plasmen mit Methananteil — ●PATRICK STARKE und URSEL FANTZ — Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

Kohlenstoffmaterialien werden in Fusionsexperimenten als Wandmaterial eingesetzt. In Wechselwirkung mit Wasserstoffplasmen wird deren Oberfläche jedoch unter Bildung von Kohlenwasserstoffen stark erodiert. Systematische Untersuchungen zu deren Entstehung beim Erosionsprozess werden mit Hilfe eines energieauflösenden Massenspektrometers in einem induktiv gekoppelten HF-Wasserstoffplasma durchgeführt, in dem sich eine Kohlenstoffoberfläche befindet. Es werden die Zusammensetzungen der C_1 - und C_2 -Gruppen von Neutralen und Ionen ermittelt. Durch Anlegen einer Vorspannung an die Probe kann die Energie der auf die Oberfläche treffenden Ionen im Bereich von 5 eV bis 30 eV variiert werden. Die Ergebnisse werden mit Messungen von Plasmen ohne zusätzliche Oberfläche, aber mit Beimischung von CH_4 bzw. C_2H_y verglichen, um Aussagen über die Bildung der C_xH_y beim Erosionsprozess treffen zu können.

P 15.38 Di 17:00 Flure

Untersuchung der Zersetzung von Kohlenwasserstoffen in einer Plasmaanlage mittels Massenspektrometrie und Infrarotspektroskopie — ●MANDY BAUDACH¹ und STEFAN WELZEL² — ¹Institut für Physik der Humboldt Universität zu Berlin — ²INP Greifswald

In Fusionsanlagen entstehen durch die chemische Zerstäubung von Graphit zahlreiche Kohlenwasserstoffmoleküle und -radikale, die zur Schichtbildung auf den Wänden beitragen. Wegen des hiermit verbundenen erhöhten Tritiuminventars kommen den entsprechenden Untersuchungen zur Schichtbildung und Fragmentierung im Plasma eine große Bedeutung zu. An dem linearen Plasmagenerator PSI-2 wurden aus diesem Grund systematische Untersuchungen von verschiedenen Kohlenwasserstoffen bei unterschiedlichen Plasmaparametern und Arbeitsgasen durchgeführt. Hierzu wurden verschiedene Gase (CH_4 , C_2H_6 , C_2H_4 , C_2H_2) in Argon- und Wasserstoffplasmen eingeblasen und einige der hierbei sich bildenden Zersetzungsmoleküle mit Hilfe von Infrarotspektroskopie und Massenspektrometrie nachgewiesen. Die ersten Ergebnisse beider Diagnostiken werden vergleichend vorgestellt.

P 15.39 Di 17:00 Flure

Behavior of Fe and Cu in ASDEX Upgrade Discharge — ●IGOR RADIVOJEVIC, THOMAS PÜTTERICH, RUDOLF NEU, ARNE KALLENBACH, and RALPH DUX — IPP, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching bei München

The tokamak ASDEX Upgrade (AUG) is moving to a fully tungsten device. Still, some parts of vessel wall structure and different diagnostic systems inside the vessel candidates as sources of other metallic impurities, iron and copper at the first place. Indeed, different spectroscopic signals indicate pollution of plasma core with those elements during various discharge scenarios. Furthermore, simple calculations on radiation losses and change of Z_{eff} show that their impact on plasma performance

can not be neglected. This work presents the investigations of Fe and Cu in AUG plasma using emission lines from soft x-ray spectroscopic region. The diagnostics are established, based on measured line intensities and available atomic data, and capable for routine monitoring of Fe and Cu concentrations. The possible sources and impurity production mechanisms are discussed. With help of laser blow-off injection system, defined amounts of Fe and Cu particles were introduced in different plasma discharges and quantities describing the penetration, transport and exhaust are determined. The behavior of Fe and Cu impurities in characteristic discharge scenarios are observed and compared to some extent with the behavior of W. At the end of the work correlation between impurity concentration and other plasma parameter are made.

P 15.40 Di 17:00 Flure

A remote ellipsometer for TEXTOR — •TIMO DITTMAR¹, ACHIM VON KEUDELL¹, and ARKADI KRETER² — ¹Ruhr Universität Bochum — ²Forschungszentrum Jülich

Deposition and erosion of plasma faced surfaces inside fusion reactors are a key issue for the estimation of the life time of the first wall in present and future fusion devices. In-situ measurements of erosion rates or changes in composition and texture of the deposited layer are currently not possible. Ellipsometry seems to be a proper technique for this kind of measurements. It offers mono layer film thickness resolution and allows the precise and sensitive determination of the optical properties of thin films high sensitivity. Therefore it is feasible to study processes at the plasma-wall interface in real time and with high accuracy. Since the optical constants of a material are closely linked with its stoichiometry it is possible to correlate them with the composition. Nevertheless conventional ellipsometric instruments are not suitable in the Tokamak environment due to the Faraday-Effect in the retarding elements and problems with optical access in the divertor region. The limitations of conventional Ellipsometry can overcome with the constructing of an in-situ reverse ellipsometry probe head using a four diode stokesmeter. On this poster we present the first results during testing and calibration of an miniature ellipsometric probe head on an ICP reactor.

P 15.41 Di 17:00 Flure

Untersuchungen von Anoden für Hochdruckgasentladungslampen — •O. LANGENSCHIEDT, L. DABRINGHAUSEN, M. REDWITZ, J. MENDEL und P. AWAKOWICZ — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Universitätsstrasse 150, D-44780 Bochum

Zur Optimierung von Elektroden für Hochdruckgasentladungslampen (HID) Lampen wird ein detailliertes physikalisches Verständnis der Interaktion zwischen dem Bogenplasma und den Elektroden benötigt. In der Bochumer Modelllampe wird das anodische Verhalten von Elektroden für HID Lampen durch pyrometrische, elektrische und spektroskopische Messungen charakterisiert. Die Lampe wird mit Strömen zwischen 0,5 bis 10A, in reinen Edelgasen mit Drücken bis zu 10bar und reinen bzw. dotierten Wolfram Elektroden betrieben. Die Temperatur und die Verlustleistung der Anode wird pyrometrisch, der Anodenfall mittels Sondenmessungen bestimmt. Ortsaufgelöste spektroskopische Messungen liefern die Verteilung der Elektronentemperatur und Elektronendichte vor der Anode. Die Untersuchungen zeigen, dass das Plasma vor der Anode aus einer Kontraktionszone mit erhöhtem Leistungseintrag besteht an die sich eine Anodenrandschicht anschließt, in der thermische Energie in elektrische Energie umgewandelt wird. Weiterhin zeigt die Temperatur der Anode im Vergleich zur Kathode eine stärkere Abhängigkeit vom Bogenstrom. Daher ist es im Wechselstrombetrieb möglich, die Elektrode während der anodischen Phase für die kathodische Phase vorzuheizen und somit den nachfolgenden kathodischen Bogenansatz zu beeinflussen. Gefördert durch das BMBF (FKZ: 13N7763)