

## P 4 Diagnostik 1; Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 2; Magnetischer Einschluß 2

Zeit: Montag 17:00–19:00

Raum: Flure

P 4.1 Mo 17:00 Flure

**Cavity Enhanced Spectroscopy as a Diagnostic for Micro Particles in a Plasma** — ●G. THIEME<sup>1</sup>, R. BASNER<sup>1</sup>, J. EHLBECK<sup>1</sup>, J. RÖPCKE<sup>1</sup>, H. KERSTEN<sup>1</sup>, J.P. REID<sup>2</sup>, and P.B. DAVIES<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik, F.-L.-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald, Germany — <sup>2</sup>School of Chemistry, University of Bristol, Bristol BS8 1TS, UK — <sup>3</sup>Department of Chemistry, University of Cambridge, Lensfield Road, Cambridge CB21EW, UK

Cavity enhanced spectroscopy has been successfully used as a diagnostic for aerosol droplets [1].

We investigate the feasibility of applying this technique to solid micron sized particles levitated in an rf-plasma. A pulsed laser is used to excite whispering gallery modes (cavity resonances) in individual microspheres leading to enhanced Raman scattering at corresponding wavelengths. This non-invasive method gives direct access to the size and also the chemical composition of the microspheres, and is so very interesting for the characterisation of growing layers deposited on micro particles i.e. in molecular plasmas.

We use a capacitively coupled rf-discharge (13,56 MHz) containing an adaptive electrode, above which the micro particles are trapped. The adaptive electrode is divided in ca. 100 square segments which can be biased individually with a DC-voltage allowing specific manipulation of the particle position.

[1] R. Symes, R.M. Sayer, and J.P. Reid, *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 2004, **6**, 474.

P 4.2 Mo 17:00 Flure

**Determination of plasma parameters during deposition of ZnO films with ceramic and metallic targets and correlation with film properties** — ●RUBEN WIESE<sup>1</sup>, HOLGER KERSTEN<sup>1</sup>, FLORIAN RUSKE<sup>2</sup>, VOLKER SITTINGER<sup>2</sup>, and RICHARD MENNER<sup>3</sup> — <sup>1</sup>INP Greifswald — <sup>2</sup>Fraunhofer IST Braunschweig — <sup>3</sup>ZSW Stuttgart

In sputtering of ZnO films the physical properties of the deposited films are essentially determined by the plasma parameters. In the present case the energy flux to the substrate was measured with special thermal probes. A thermally isolated substrate dummy was placed in the magnetron plasma at the substrate position. By the thermal behaviour of the probe one can determine the energy flux to the surface. Furthermore it is possible to apply a substrate bias which allows the estimation of the energy flux by charged particles.

To determine further plasma parameters Langmuir-probes were placed in the substrate region. The probes could be moved across the target axis and thus the distribution of plasma parameters across the target could be determined.

Films were deposited onto stationary substrates at comparable sputter conditions to determine film properties across the target axis. With the deposition rate a key parameter, the energy influx per condensed particle, could be determined and compared to film properties.

The measurements have been carried out on different in-line coaters using both sputtering of ceramic targets and reactive sputtering of metallic targets.

P 4.3 Mo 17:00 Flure

**Untersuchungen an gepulsten reaktiven Magnetron Entladungen für hochpräzise optische Glasbeschichtungen mit Zeitauflösung im Sub-Mikrosekunden Maßstab** — ●SWEN MARKE<sup>1</sup>, TILL WALLENDORF<sup>1</sup> und MICHAEL VERGÖHL<sup>2</sup> — <sup>1</sup>IfU GmbH, G.-Schenker-Str. 18, 09244 Lichtenau — <sup>2</sup>FhG IST, Bienroder Weg 54 E, 38108 Braunschweig

In jüngster Zeit werden reaktive Sputterprozesse zunehmend für hochpräzise optische Glasbeschichtungen angewandt. Im Die Verwendung metallischer Targetmaterialien verspricht niedrigere Targetkosten, deutlich höhere Abscheideraten und einen größeren Bereich zur Beeinflussung der dielektrischen Funktion der abgeschiedenen Schichten. Dafür ist ein erhöhter Aufwand zur schnellen Prozessregelung nötig.

Zeitaufgelöste OES Daten liefern Informationen über Änderungen in der Gasentladung, die u.a. durch Targetabnutzung, Änderungen im Gasfluss oder auch durch die Prozessregelung selbst verursacht werden können. Mit kleiner Zeitauflösung (<1000ns) erhält dynamische Aussa-

gen zu den im Plasma ablaufenden Vorgängen.

Mit Hilfe eines neuartigen AO Spektrometers wurde das Zeitverhalten einer gepulsten Magnetronentladung untersucht. Die exzellente Wellenlängenauflösung von 0.5nm bei 800nm und 0.05nm bei 250nm erlaubt hierbei den Zugriff auf zahlreiche optische Übergänge. Das optische Signal wird mit einem mehrkanaligen Photomultiplier aufgefangen, verstärkt und mit 20ns Zeitschritt aufgezeichnet. Reaktive Entladungen von mehreren Targetmaterialien wurden bei verschiedenen Arbeitspunkten und Plasmaquellenkonfigurationen untersucht.

P 4.4 Mo 17:00 Flure

**Investigation of helium plasma stream parameters in experiments on surface modification** — ●NADIYA SYDORENKO — I.E. Garkusha, A.N. Bandura, A.M. Bovda et al.//Proc. of the 1st International Congress on Radiation Physics, High Current Electronics and Modification of Materials. 5th Conference on Modification of Materials with Particle Beams and Plasma Flows. Tomsk,

Processing of different constructional materials with pulsed plasma streams is one of prospective methods of surface modification. This paper is focused on investigation of helium plasma streams generated by pulsed plasma accelerator (PPA) "Prosvet" [a]. The main objection of this study is adjustment of plasma treatment regimes for different materials that allows achieving optimal thickness of modified layer with simultaneously minimal value of surface roughness. With use of optical spectroscopy, detailed information about the basic plasma parameters - electron density, electron and ion temperatures, plasma stream duration and velocity, was obtained. Integrated spectra of plasma radiation were analyzed. The majority of helium and impurity elements spectral lines were investigated on a subject of Stark broadening. Their full intensities and intensities of continuum were estimated. The obtained results are used in technological applications of pulsed plasma processing.

P 4.5 Mo 17:00 Flure

**A Heavy Ion Beam Probing System for the WEGA Stellara-tor** — ●MARTIN SCHUBERT<sup>1</sup> and ALEXANDER ZHEZHERA<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, Greifswald, Germany — <sup>2</sup>Kharkov Institute of Plasma Physics, Kharkov, Ukraine

In combination with the future WEGA ECRH operation (28 GHz, 20 kW, 0.5 T) a Heavy Ion Beam Probe (HIBP) system is being installed. The principle of this measurement is the perpendicular injection of a primary beam, consisting of singly charged ions, and the detection of a secondary beam, which consists of double or higher charged ions. Ion gyration radii in both the primary and the secondary beam are large compared to the plasma size. Beam geometry and detector aperture determine the spatial resolution, i.e. the size of the primary beam ionisation volume inside the plasma. Analysing the ion energy in the secondary beam yields the electrostatic plasma potential. Taking into account the ionisation cross section and the beam attenuation, the electron density can be calculated. Radial profiles are obtained using electrostatic deflection of the primary beam. For the WEGA stellarator in Greifswald, a system has been designed in collaboration with the Kharkov Institute for Plasma Physics/Ukraine. Presently the system is being assembled. At WEGA, 50 keV Na<sup>+</sup> ions will be injected into H, He and Ar plasma. The spatial resolution is estimated to 1 cm. Plasma potential and density measurements will be cross-checked with Langmuir probe data.

P 4.6 Mo 17:00 Flure

**First approach for a HFS-pellet penetration scaling** — ●T. SZEPESI<sup>1</sup>, E. BELONOHY<sup>1</sup>, K. GAL<sup>1</sup>, S. KALVIN<sup>1</sup>, G. KOCSIS<sup>1</sup>, P.T. LANG<sup>2</sup>, and ASDEX UPGRADE TEAM<sup>2</sup> — <sup>1</sup>KFKI-RMKI, EURATOM Association, P.O. Box 49, H-1525 Budapest-114, Hungary — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching, Germany

The injection of cryogenic deuterium pellets into tokamak plasmas is not only one of the most elaborated fuelling methods, but also used for edge plasma control by ELM triggering. In the study of pellet-plasma interaction it is of primary importance to determine the dependence of the trajectory and penetration depth of the ablating pellet on the plasma and pellet parameters (mainly on pellet velocity, pellet mass and plasma electron temperature), which can be then compared with model calcu-

lations. At ASDEX Upgrade, pellet trajectory and penetration depth are determined using fast digital CCD cameras. The images of ablating pellets obtained for different plasma and pellet parameters will be analysed; these results will be contrasted against time of flight measurements, extending the ASDEX Upgrade High Field Side database for pellet ablation. Our investigations aim at finding a scaling (either empirical or model-based) helping us to predict pellet ablation and penetration depth for future tokamak experiments.

P 4.7 Mo 17:00 Flure

**Ein Hochfrequenz Pellet Injektor zur Kontrolle der ELM-Aktivität in Fusionsplasmen** — ●P.T. LANG<sup>1</sup>, P. CIERPKA<sup>1</sup>, S. KALVIN<sup>2</sup>, G. KOCSIS<sup>2</sup>, T. SZEPESI<sup>2</sup> und C. WITTMANN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching, Germany — <sup>2</sup>KFKI-RMKI, EURATOM Association, P.O. Box 49, H-1525 Budapest-114, Hungary

Für den Fusionsreaktor ITER entpuppt sich die Leistungsabfuhr als das Hauptproblem, da ein signifikanter Teil der aus dem Plasma abfließenden Teilchen und Energie in kurzen transienten Bursts ausgeworfen wird. Diese als ELMs bezeichneten Bursts würden Leistungsdichten über den zulässigen Grenzwerten erreichen. Abhilfe verschafft die Kontrolle der ELM-Aktivität, wobei durch eine Frequenzerhöhung die Spitzenleistungen entsprechend abgemildert werden. Als effiziente Methode zur kontrollierten Auslösung der ELMs wurde an ASDEX Upgrade der Einschuss von kryogenen Pellets aus festem Deuteriumbrennstoff entwickelt. Allerdings waren bislang Pelletinjektoren in ihrer Bauart darauf ausgerichtet, grosse Pellets mit hoher Geschwindigkeit aber moderaten Repetitionsraten zu liefern. Zur ELM-Kontrolle werden jedoch sehr kleine Pellets mit moderater Geschwindigkeit aber hohen Repetitionsraten benötigt. Daher wurde am IPP ein neues, besser adaptiertes System entwickelt basierend auf dem Prinzip des Blasrohres bei dem das Projektil im Gasstrom auf Geschwindigkeiten um 100 m/s beschleunigt wird. Da Nachladen und Abfeuern sequentiell erfolgen kann, wurde ein Konzept angewandt, dass es ermöglicht, diese Sequenzen für zwei Pellets gleichzeitig auszuführen. Damit konnten Repetitionsraten von bis zu über 140 Hz erreicht werden.

P 4.8 Mo 17:00 Flure

**Laserdetachment an einer Quelle für negative Wasserstoffionen** — ●SINA CHRIST<sup>1,2</sup>, URSEL FANTZ<sup>1,2</sup> und NNBI-TEAM<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Für zukünftige Fusionsexperimente werden Neutralteilchenheizungen benötigt, die auf der Basis von negativen Ionen ( $H^-/D^-$ ), die in Niederdruckentladungen erzeugt werden, arbeiten. Am Institut für Plasmaphysik (IPP) werden derzeit Ionenquellen entwickelt, die die benötigten Anforderungen erfüllen sollen ( $j_{D^-} = 20 \text{ mA/cm}^2$  bei 0.3 Pa). Die dazu notwendigen Ionendichten am Plasmagitter sind in der Größenordnung von  $n_{H^-} \approx 10^{17} \text{ m}^{-3}$ . Zur Messung der erreichten negativen Wasserstoffionendichte wird das Laserdetachmentverfahren angewandt, wobei ein gepulster Nd:YAG-Laser mit einer Wellenlänge von  $\lambda = 1064 \text{ nm}$  und einer maximalen Leistung von 50 mJ pro Puls ( $\sim 7 \text{ ns}$ ) verwendet wird. Durch Verfahren der Langmuirsonde lassen sich orts aufgelöste Messungen über dem Extraktionsgitter durchführen. Dabei ergeben sich besondere Anforderungen an den Messaufbau, da es sich um eine HF-Quelle ( $f = 1 \text{ MHz}$ ,  $P_{\text{max}} = 140 \text{ kW}$ ) mit externen Magneten handelt, die zudem auf einem Potential von -20 kV liegt.

Es werden die technische Realisierung des Verfahrens sowie orts aufgelöste relative Dichteverläufe in Wasserstoff- und Deuteriumplasmen bei Variation der HF-Leistung und des Druckes dargestellt und diskutiert.

P 4.9 Mo 17:00 Flure

**Diagnostik der Plasmarandschicht mit Testteilchen als elektrostatische Sonden** — ●RALF BASNER, GABRIELE THIEME, FLORIAN SIGENEGER und HOLGER KERSTEN — Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik, F.-L.-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald

Trotz intensiver Bemühungen gibt es bei der Untersuchung von Plasmarandschichten weiterhin ein hohes Maß an Unsicherheit bezüglich der Schichtstruktur. Aus Untersuchungen an staubigen Plasmen ist bekannt, dass negativ aufgeladene Teilchen in horizontalen Plasmarandschichten eingefangen werden können solange die elektrische Feldkraft ausreicht, um die Gewichtskraft zu kompensieren und weitere Kräfte zu vernachlässigen sind. Für verschiedenen große Mikropartikel ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Masse und negativen Ladung verschiede-

ne charakteristische Gleichgewichtspositionen. Die Anregung vertikaler Schwingungen weist eine spezifische Resonanzfrequenz auf, die selbst eine Funktion von Teilchenladung und elektrischem Feld ist. Durch die Messung von Gleichgewichtsposition und Resonanzfrequenz der Testteilchen werden punktuell die Werte für die elektrische Feldstärke in der Plasmarandschicht bestimmt. Im Gegensatz zu ersten Experimenten über HF-gespeisten Elektroden [1] wurden diese Untersuchungen über der nicht gespeisten Elektrode einer asymmetrischen kapazitiv gekoppelten HF-Entladung in Argon durchgeführt. Die Variation des Druckes im Bereich von 1 bis 10 Pa entsprach, wie mittels energiedispersiver Ionenmassenspektrometrie nachgewiesen, den Bedingungen für den Übergang von der stoßfreien zur stoßbestimmten Randschicht. [1] A.A. Samarian, B.W. James, Pl. Phys. Control. Fusions 47, B629 (2005)

P 4.10 Mo 17:00 Flure

**Super-resolution and its application to Langmuir probe arrays** — ●IULIAN TELIBAN, DIETMAR BLOCK, and ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24340 Kiel, Germany

Common spatio-temporal plasma turbulence diagnostics tools rely on 2D probe array. Its spatial resolution is limited by probe size, number of recording channels and plasma disturbance. Typical resolution of  $10 \times 10$  points, pixels is too poor for advanced turbulence investigations (energy cascade, transport barrier, etc). Although their spatial resolution is very limited the temporal resolution of probe array measurements is in most cases by far sufficient. This contribution describes a superresolution algorithm which uses the high temporal resolution of the system to enhance the spatial resolution. The performance of the algorithm is benchmarked with synthetic data and experimental data obtained from a Langmuir probe array with 63 probes. It is shown that errors in probe size and position requires an array calibration. The result of Super-resolution algorithm for the calibrated probe array shows significant improvements in amplitude, trajectory and shape for simple drift waves and also for turbulent system. The experiments have been performed in KIWI device.

P 4.11 Mo 17:00 Flure

**Zur Modellierung eines Hochfrequenz-angeregten Mikro-Atmosphärendruck-Plasmas** — ●THOMAS MUSSENBRÖCK<sup>1</sup>, TIMO GANS<sup>2</sup> und VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum — <sup>2</sup>Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum — <sup>3</sup>Fachbereich Physik, Universität Duisburg-Essen, D-45117 Essen

Der Mikro-Atmosphärendruck-Plasmajet ( $\mu$ -APPJ) ist eine bei Atmosphärendruck homogen brennende Nichtgleichgewichts-RF-Entladung mit großem Anwendungspotential - dies kann im Bereich der Oberflächenfunktionalisierung, wie zum Beispiel in der Halbleitertechnologie, in der Restaurierung und in der Biomedizin genutzt werden. Der  $\mu$ -APPJ wird mit einem Edelgas (Helium oder Argon) als Trägergas und einem im Prozentbereich beigemischten Molekülgas betrieben. Die Wirkung der Entladung beruht wesentlich auf dem dissoziierten und aktivierten Molekül, das je nach geplanter Anwendung ausgewählt werden kann. Da es sich beim  $\mu$ -APPJ um einen neuartigen Entladungstyp handelt, fehlen bislang sowohl detaillierte experimentelle als auch detaillierte theoretische Untersuchungen der ablaufenden Prozesse und der zu Grunde liegenden Mechanismen. Dieser Beitrag soll einen ersten Einblick in die Modellierung des  $\mu$ -APPJ geben, um somit die elektrische Charakterisierung zu unterstützen.

P 4.12 Mo 17:00 Flure

**Analyse anormaler Glimmentladungen mittels selbstkonsistenter Hybrid-Methode** — ●F. SIGENEGER und D. LOFFHAGEN — INP Greifswald, F.-L.-Jahnstr. 19, 17489 Greifswald

Die axiale Struktur von anormalen Gleichstrom-Glimmentladungen wird mit Hilfe einer selbstkonsistenten Hybrid-Methode analysiert. Die Untersuchungen wurden in planparalleler Geometrie für Edelgasplasmen im Druckbereich von einigen Torr durchgeführt. Das Modell umfasst die gekoppelte Lösung der Poisson-Gleichung, hydrodynamischer Kontinuitätsgleichungen für Elektronen, Ionen und angeregte Atome sowie der axial aufgelösten Boltzmann-Gleichung für die Elektronen. Die kinetische Gleichung der Elektronen wird unter Verwendung des aus der Poisson-Gleichung ermittelten elektrischen Feldes sowie der aus den Kontinuitätsgleichungen berechneten Angeregten-Dichten gelöst. Dieser Zugang vermeidet die oft verwendete künstliche Aufteilung der Elektronen

in langsame und schnelle Gruppen und liefert ortsabhängige Stoßraten- und Transportkoeffizienten der Elektronen. Ausgehend von einem konstanten elektrischen Feld werden der hydrodynamische und kinetische Teil des Modells iterativ gelöst, bis der stationäre Zustand erreicht ist. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Trennung zwischen dem Kathodenfall mit stark fallendem elektrischen Feld und dem negativen Glimmlicht. Das ausgeprägt nichtlokale Verhalten der Elektronen in dem sich stark ändernden Feld äußert sich in einem beträchtlichen Energietransport vom Kathodenfall in das negative Glimmlicht und in deutlichen Abweichungen des kinetisch berechneten ersten Townsend-Koeffizienten von mittels lokaler Näherungen bestimmten Werten.

P 4.13 Mo 17:00 Flure

**Modellbasierte Regelung einer kapazitiv gekoppelten HF-Entladung** — ●DENNIS ZIEGLER, THOMAS MUSSENBRÖCK und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Center for Plasma Science and Technology, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

Ständig steigende Anforderungen an die Produkte der Halbleiterindustrie erfordern in zunehmendem Maße komplexere und gleichzeitig immer genauer arbeitende, plasmabasierte Fertigungsverfahren. Um die Effizienz verfügbarer und zukünftig entwickelter Plasmaprozesse zu optimieren, müssen einfach zu implementierende Steuerungs- und Regelungskonzepte entwickelt werden. Die Zielsetzung dieses Beitrags besteht darin, ein modellbasiertes Regelungskonzept für ein kapazitiv gekoppeltes Niedertemperaturplasma vorzustellen. Unter Ausnutzung des Effekts der selbsterregten Elektronenresonanz, können gemessene HF-Wandströme auf ein nulldimensionales, globales Plasmamodell abgebildet werden, so dass bestimmte Plasmamparameter, wie die räumlich gemittelte Plasmadichte und die effektive Stoßfrequenz (Elektron-Neutralteilchen-Stöße) für die Regelung als bekannt angenommen werden können. Darauf aufbauend kann mittels bestimmter globaler Modellansätze das prinzipielle Verhalten eines Reglers beschrieben werden. Exemplarisch wird dabei auf die Regelung der Plasmadichte mittels PID-Regler eingegangen.

P 4.14 Mo 17:00 Flure

**Characterisation of single and dual frequency capacitively coupled RF plasmas using SEERS and Langmuir probe measurements** — ●EGMONT SEMMLER<sup>1</sup>, MICHAEL KIJOWSKI<sup>1</sup>, PETER AWAKOWICZ<sup>1</sup>, ACHIM VON KEUDEL<sup>2</sup>, and RALF-PETER BRINKMANN<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl AEPT, Universitätsstrasse 150, D-44801 Bochum — <sup>2</sup>Ruhr-Universität Bochum, Arbeitsgruppe AG2, Universitätsstrasse 150, D-44801 Bochum — <sup>3</sup>Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl TET, Universitätsstrasse 150, D-44801 Bochum

Dual frequency capacitively coupled rf plasmas are an increasingly used tool in semiconductor production. The advantage of this kind of discharge is the independent control of the ion flux generated in the plasma bulk and the impact ion energy on the substrate. Furthermore the increased homogeneity of the capacitive geometry itself is a significant advantage compared to inductively coupled plasmas or magnetron cathodes, especially in production of large area flat panel displays.

The measurement setup is a dual-/triple-frequency capacitively coupled plasma chamber and is equipped with the Self Excited Electron Resonance Spectroscopy (SEERS) System Hercules(C) (ASI GmbH, Berlin) and the Langmuir Probe System APS3. All presented measurements were performed for both single and dual frequency plasma operation. The influence of generator power and chamber pressure variation has been studied with SEERS and Langmuir probe diagnostics. In future work the results of both diagnostic tools will be compared to model simulations of dual frequency capacitively coupled rf discharges. This work is supported by the "DFG Sonderforschungsbereich 591" subproject B8.

P 4.15 Mo 17:00 Flure

**Barrierebeschichtung und Sterilisation von PET-Flaschen mit Hilfe eines mikrowellenangeregten Niederdruckplasmas** — ●MICHAEL DEILMANN und PETER AWAKOWICZ — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Universitätsstr. 150, 44780 Bochum deilmann@aept.rub.de

In den letzten Jahren ist der Anteil an Getränken, die in PET-Flaschen abgefüllt werden, stark angestiegen. Der Nachteil bei der Abfüllung sensibler Getränke in Kunststoffflaschen ist jedoch eine geringe Barrierewirkung des Flaschenmaterials gegenüber einer Permeation von Gasen durch die Flaschenwand. Am Lehrstuhl für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik (AEPT) wird ein Verfahren entwickelt, das mit Hilfe eines mikrowellenangeregten Niederdruckplasmas glasartige Schichten auf der

Innenseite einer PET-Flasche abscheidet, um die Barriereigenschaften zu verbessern. Zur Abscheidung wird HMDSO (Hexamethyldisiloxan) in Verbindung mit Argon und Sauerstoff eingesetzt.

Ein weiterer Aspekt der Behandlung von Flaschen vor der Befüllung mit Lebensmitteln ist deren Entkeimung. Herkömmliche Verfahren greifen dazu auf die Benutzung toxischer Flüssigkeiten oder hitzebasierter Methoden zurück. Versuche haben gezeigt, dass Niederdruckplasmen sterilisierende Wirkung aufweisen und sich zur schnellen Sterilisation thermolabiler Materialien eignen. Ergebnisse der Beschichtung und Sterilisation von PET-Flaschen werden vorgestellt.

P 4.16 Mo 17:00 Flure

**Characterisation of thin silicon nitride films deposited by plasma polymerisation** — ●L. STEINER, M. WALKER, J. KRÜGER, A. SCHULZ, and U. STROTH — Universität Stuttgart, Institut für Plasmaforschung, Pfaffenwaldring 31, D- 70569 Stuttgart

Amorphous hydrogenated silicon nitride ( $Si_xN_yH_z$ ) thin films deposited by plasma polymerisation become increasingly important, because of their extended applications in semiconductor industry. They are used as passivation layer, isolator and as coating in other industrial applications due to its chemical resistance and hardness. The chemical composition of the films, mainly the hydrogen content and the silicon nitride bond structure, has an impact on the electronic and optical properties, like for example the refraction index of the film. In consequence, the focal point of this study is to analyse the intensity and the shift of the Si-N and the Si-H band in the FTIR-absorption spectra of the film. All films are obtained in a low pressure plasma reactor, the Plasmodul, where an axially homogeneous plasma around the four parallel Duo-Plasmalines is generated by microwave power. In the experiments, the variation of the external parameters gas mixture, temperature and deposition time has been investigated. It turned out that the total gas flow, the average injected power and the substrate temperature have an important influence on the quality of the film. Based on literature and on the results of this study, a new parameter, the energy per molecule, has been investigated. In this work, a correlation between this parameter and the deposition rate will be presented.

P 4.17 Mo 17:00 Flure

**Characterization of plasma modified membranes for fuel cells** — ●S. ENGE, M. WALKER, A. SCHULZ, and U. STROTH — Universität Stuttgart, Institut für Plasmaforschung, Pfaffenwaldring 31, D-70569 Stuttgart

Fuel cells are providing an efficient way to convert chemical energy into electric energy. For portable applications polymer electrolyte membrane (PEM) fuel cells are the best choice. A direct methanol fuel cell (DMFC) uses methanol instead of hydrogen as fuel. So the energy density of the system is increased. The permeation of methanol through the PEM leads to losses of methanol and to a reduction of the cell voltage. The lack of contact between the membrane and catalyst reduces the achieved cell voltage too. A plasma induced modification of the membrane surface is investigated in terms of methanol permeation and surface energy for Nafion 105 and some new fuel cell membranes. For the plasma induced surface modification, a low pressure microwave plasma source the Duo-Plasmaline powered with  $2 \times 1.2$  kW at 2.45 GHz was used. The modifications were done with  $O_2$ ,  $N_2$  and  $CF_4$  plasmas. Time dependent methanol permeation measurements and simulations were done on Nafion 105 and several crosslinked blend membranes. It could be observed that the diffusion coefficient is exponential dependent on the methanol concentration. The new surface energies are investigated by the sessile drop method, with four test liquids. To investigate the formed molecular groups in the membrane with transmission FTIR, thin films of the polymer were prepared on molybdenum mirrors, improving the ratio of the signal from the surface to signal from the volume.

P 4.18 Mo 17:00 Flure

**Thermische Desorption dünner plasmaabgeschiedener a-Si:H- und a-C:H-Schichten** — ●RAPHAELA WEISS, JANINE-CHRISTINA SCHAUER und JÖRG WINTER — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum

Zur Untersuchung der flüchtigen Komponenten von a-C:H- und a-Si:H-Schichten wurde die thermische Desorptionsspektroskopie verwendet. Die Schichten wurden in Kohlen-Wasserstoff- bzw. Silan-Plasmen bei verschiedenen Parametern auf Siliziumwafern abgeschieden. Danach wurden die Proben in einer selbst entwickelten Desorptionskammer durch Strahlungsheizung bis auf ca. 1000°C aufgeheizt und die flüchtigen Bestandteile

le mithilfe eines Quadrupol-Massenspektrometers detektiert. Durch eine vorherige Absolutierung des Massenspektrometers und eine Temperaturkalibrierung mithilfe eines Teilstrahlungs-pyrometers kann sowohl eine Aussage über die Anzahl der desorbierten Bestandteile, als auch über die charakteristischen Ausdampftemperaturen gemacht werden. Gezeigt werden Ergebnisse dieser Desorptionmessungen, welche auch mit Ergebnissen aus FTIR-Messungen verglichen und diskutiert werden.

P 4.19 Mo 17:00 Flure

**Startverhalten von anormalen Glimmentladungen in Argon** — ●E. CHLECHOWITZ, G.K. GRUBERT, D. LOFFHAGEN und D. UHR-LANDT — INP Greifswald, F.-L.-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald

Zur theoretischen Analyse von anormalen Glimmentladungen in Parallelplattenanordnungen wurde ein eindimensionales, axial inhomogenes Modell verwendet. Diese Beschreibung umfaßt die gekoppelte Lösung der Poisson-Gleichung zur Bestimmung des elektrischen Potentials und der Kontinuitätsgleichungen für die Elektronen und einfach geladenen Ionen unter der Annahme der Drift-Diffusionsnäherung für ihre Teilchenstromdichten. Hierfür fanden Transportkoeffizienten und Townsendsche Ionisationskoeffizienten Verwendung, die von der reduzierten elektrischen Feldstärke abhängen. Ausgehend von einer homogenen, feldfreien Anfangssituation wird das Startverhalten von Argonentladungen bis zum Erreichen des stationären Zustands diskutiert. Ein weiterer Aspekt der Untersuchungen besteht in der Analyse des Durchbruchverhaltens der Entladung. Hierfür erfolgten Parameterstudien bezüglich der angelegten Spannung, des Elektrodenabstandes sowie des Gasdruckes. Das charakteristische Merkmal für eine erfolgreiche Zündung ist die Einstellung einer konstanten, endlichen Stromdichte im stationären Zustand. Die erhaltenen Ergebnisse zeigen eine qualitative Übereinstimmung mit experimentellen und theoretischen Vergleichsdaten.

P 4.20 Mo 17:00 Flure

**Vergleichende numerische und experimentelle Untersuchungen an leistungsreduzierten HID-Lampen** — ●SILKE PETERS<sup>1</sup>, MARTIN WENDT<sup>1</sup>, MILENA PFAFFEROTT<sup>1</sup>, HARTMUT SCHNEIDENBACH<sup>1</sup>, MANFRED KETTLITZ<sup>1</sup> und ANDREAS KLOSS<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik, Friedrich-Ludwig-Jahn Str. 19, 17489 Greifswald — <sup>2</sup>OSRAM GmbH, Hellbrunner Str. 1, 81536 München

Das Verhalten des Plasmas und der Elektroden von HID-Lampen bei verringerter Leistungszufuhr wird mittels Emissionsspektroskopie und numerischer Simulationen an Modelllampen (COST-Programm 529, *Efficient Lighting for the 21<sup>st</sup> century*) untersucht. Diese sind aus Quarzglas gefertigt und mit einer Hg/NaI-Mischung gefüllt. In ihren gestauchten Endräumen erscheinen die Wolframelektroden gut sichtbar, so dass Elektrodentemperaturen pyrometrisch erfasst werden können. Zur Messung des radialen Temperaturprofils im Plasma wird die Hg-Linie bei 546 nm verwendet und mit der Bartelsmethode ausgewertet. Hg- und Na-Partialdruck werden aus den optisch dünnen Linien Hg 577/579 nm bzw. Na 498 nm gewonnen. Temperatur- und Partialdruckbestimmung werden durch Anpassung der spektralen Linienprofile mit Strahlungstransport-Rechnungen für verschiedene side-on Positionen erweitert. Die Anteile von Na- und Hg-Linien an der Gesamtabstrahlung der Lampe variieren stark mit der eingespeisten Leistung. Mittels Energiebilanzrechnungen unter Einbeziehung des Strahlungstransportes werden diese experimentellen Ergebnisse interpretiert.

Das Verbundprojekt wird vom BMBF unter dem Kennzeichen 13N8604-13N8605 gefördert.

P 4.21 Mo 17:00 Flure

**Energiereiche negative Sauerstoffionen in kapazitiv gekoppelten RF-Plasmen** — ●MARTIN POLAK und JÜRGEN MEICHSNER — Institut für Physik, Universität Greifswald, Domstr. 10a, D-17489 Greifswald

An der geerdeten Elektrode einer kapazitiv gekoppelten Hochfrequenzentladung (13,56 MHz) in Sauerstoff wurde die Energieverteilung auffretender negativer Ionen des atomaren und molekularen Sauerstoffs studiert. Die Analyse der zeitlich gemittelten Energieverteilungen erfolgte durch Extraktion der negativen Ionen an der geerdeten Elektrode und Überführung in ein energieselektives Quadrupolmassenspektrometer. Systematische Parameterstudien (Self-Bias-Spannung USB, Totaldruck, Elektrodenabstand) zeigten, dass die Energieverteilung im niederenergetischen Bereich (< 200eV) eine charakteristische Peakstruktur aufweist, während sich für größere Energien ein nahezu unstrukturiertes Plateau bis zur Maximalenergie ( $\sim e^*USB$ ) anschließt. Die gemessenen negativen Ionen werden auf der Oberfläche der gespeisten Elektrode und im Bereich der RF-Randschicht gebildet. Die Energieverteilung lässt auf eine kom-

plexe Kinetik bei der Bildung von negativen Ionen im Randschichtbereich schließen. In einer Wasserstoffentladung wurden dagegen negative Sauerstoffionen nachgewiesen, deren Energieverteilung durch eine einfache Sattelstruktur um  $e^*USB$  charakterisiert ist. Diese Ionen werden unmittelbar an der (oxydierten) Oberfläche der RF-Elektrode gebildet.

P 4.22 Mo 17:00 Flure

**Negative Sauerstoffionen in gepulsten RF-Entladungen** — ●J. A. WAGNER<sup>1</sup>, B. CLARENBACH<sup>2</sup>, H.-M. KATSCH<sup>1</sup> und M. KRÄMER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Fachbereich Physik, D-45117 Essen — <sup>2</sup>Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum

Die zeitliche und räumliche Verteilung der Ladungsträger zweier RF-Entladungen (induktiv betriebene GEC-Referenzzelle und großvolumiges Plasma in einer Diffusionskammer, injiziert aus einer Helikonquelle) wurde gemessen und modelliert. Die Plasmen unterscheiden sich wesentlich in ihrer Einschussdauer. Untersucht wurden Edelgas-Sauerstoff-Plasmen im Druckbereich von 0.5-10 Pa bei verschiedenen Mischungsverhältnissen der Gase. Das Hauptaugenmerk bei den Messungen lag auf den Bildungs- und Verlustprozessen negativer Sauerstoffionen und dem Nachweis der  $O^-$ -Ionen mit Laser induziertem Photodetachment in Verbindung mit einer Langmuir-Sonde. Aus dem zeitlichen Verhalten der positiven und negativen Ladungsträgerdichten im Afterglow konnte durch Vergleich mit Modellrechnungen für beide Plasmen die wechselseitige Neutralisation mit positiven Ladungsträgern als wesentlicher Verlustprozess der negativen Ionen identifiziert werden. Einen kleineren Einfluss auf den Verlust der negativen Ionen haben Stöße mit O und  $O_2(a^1\Delta_g)$ . Als zusätzlicher Erzeugungskanal für die negativen Ionen im Afterglow konnte der Einfluss von hochliegenden metastabilen Sauerstoffmoleküle,  $O_2(A^3\Sigma_u^+, C^3\Delta_u, c^1\Sigma_u^-)$ , identifiziert werden.

Das Projekt wird von der DFG im Rahmen des SFB 591, Teilprojekt A7, gefördert.

P 4.23 Mo 17:00 Flure

**The development of microdischarges of barrier discharges in  $N_2/O_2$  mixtures - experimental investigations and modelling** — ●H. - E. WAGNER<sup>1</sup>, YU. V. YURGELENAS<sup>2</sup>, K. V. KOZLOV<sup>3</sup>, and R. BRANDENBURG<sup>4</sup> — <sup>1</sup>Institute of Physics, University of Greifswald, Domstr. 10a, 17489 Greifswald, Germany — <sup>2</sup>General Physics Institute, Russian Academy of Science, Vavilova str. 38, Moscow 119991, Russia — <sup>3</sup>Department of Chemistry, Moscow State University, Moscow 119899, Russia — <sup>4</sup>Institute of Low Temperature Plasma Physics (INP), Jahnstr. 19, 17489 Greifswald, Germany

The spatially resolved cross-correlation spectroscopy (CCS) was used for systematic investigations of the barrier discharge (BD) in  $N_2/O_2$  mixtures at atmospheric pressure. The spatio-temporal distributions of the microdischarge (MD) radiation intensities were recorded for the spectral bands of the (0-0) transitions of the 2<sup>nd</sup> positive ( $\lambda = 337.1$  nm) and 1<sup>st</sup> negative system of molecular nitrogen ( $\lambda = 391.4$  nm). The velocities of the cathode-directed ionization waves, the local electric field and the relative electron densities were evaluated from the CCS data. In the middle of the gap, the MD channel diameter was found to be about 0.3 mm and to expand towards both electrodes. On the dielectrics, outward propagating discharges were observed. A computational model of the BD is proposed, to explain the MD formation in short (1-2 mm) air gaps by a Townsend mechanism. The two-dimensional dynamics of the MD development and the channel radiation for the second positive system of nitrogen are simulated. The proposed model explains satisfactorily the experimental results.

P 4.24 Mo 17:00 Flure

**Reactive species in atmospheric pressure plasma beams in  $N_2 / O_2 / H_2O$  mixtures** — ●D. PASEDAG<sup>1</sup>, H. - E. WAGNER<sup>1</sup>, R. REIMER<sup>1</sup>, T. HODER<sup>2</sup>, R. WIESE<sup>3</sup>, K. V. KOZLOV<sup>4</sup>, A. BAALMANN<sup>5</sup>, G. ELLINGHORST<sup>5</sup>, and U. LOMMATZSCH<sup>5</sup> — <sup>1</sup>Institute of Physics - IFP, University of Greifswald, Germany — <sup>2</sup>Masaryk University Brno, Brno, Czech Republic — <sup>3</sup>Institute of Low Temperature Plasma Physics - INP, Greifswald, Germany — <sup>4</sup>Moscow State University, Department of Chemistry, Moscow, Russia — <sup>5</sup>Fraunhofer - Institute for Manufacturing Engineering and Applied Materials Research - IFAM, Bremen, Germany

The subject of the investigations is a plasma beam in  $N_2 / O_2 / H_2O$  mixtures, operating at atmospheric pressure and with a periodical voltage with frequencies from 13 to 16 kHz and amplitudes up to 8 kV. It consists of a hot (but non thermal) active plasma region inside a nozzle followed by a relaxing beam outside. The identification of dominating plasma chemical processes as well as the estimation of rotational respec-

tively gas temperature and the flow velocity at the nozzle outlet were done by comparison of spatiotemporal resolved and also conventional emission spectroscopic measurements in different gases. The reactive species under consideration were O-atoms, NO-molecules and OH-radicals. On base of a kinetic model it was possible to estimate the amount of oxygen atoms in the remote plasma. By systematic admixture of water vapour OH-radicals were detected and their influence on the activation process of polymer surfaces was determined. The energetic properties of the plasma beam were proved by thermal probe - measurements.

P 4.25 Mo 17:00 Flure

**Carbon Plasma Etching in Advanced Semiconductor Technologies** — ●HARALD H. RICHTER<sup>1</sup>, KEVIN A. PEARS<sup>2</sup>, MATTHIAS MARKERT<sup>2</sup>, STEFFEN MARSCHMEYER<sup>1</sup>, SIEGFRIED GÜNTHER<sup>1</sup>, GÜNTER WEIDNER<sup>1</sup>, and HEIKE SILZ<sup>1</sup> — <sup>1</sup>IHP Frankfurt; Im Technologiepark 25, 15236 Frankfurt (Oder) — <sup>2</sup>Infineon Technologies Dresden

Amorphous hydrogenated carbon films are showing promise as future hard mask candidates for plasma etch applications in semiconductor manufacturing. We present plasma etching results for a dual-layer stack consisting of a thin (25-50nm) SiON film on top of a thicker (200nm) carbon layer. The paper discusses results of process development for different etch chemistries using a magnetically enhanced plasma etch reactor. The basic idea for HBr/He-O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> plasma choice was the availability of a carbon etchant (O<sub>2</sub>) and simultaneous passivation components (HBr and N<sub>2</sub>). Our pattern transfer process provides excellent results for profile control and etch selectivities to SiON top layer. The resulting bowing-free carbon profiles are almost vertically with a small taper and are very stable against long over etch steps. Thus, the tendency to lateral etching leading to profile loss seems to be much lower in comparison to other common carbon etch chemistries. It appears that the passivation from HBr/He-O<sub>2</sub>/N<sub>2</sub> did not stick to itself very well but stuck to carbon very well. Therefore, in further experiments a carbon precursor (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) was added to modify the chemical composition of the passivated surface and leads to a better sticking side wall passivation.

P 4.26 Mo 17:00 Flure

**Radical densities in an inductively coupled CF<sub>4</sub> discharge** — ●VICTOR KADETOV, MARIANA OSIAC, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, CPST, Ruhr-University Bochum, Germany

Fluorocarbon discharges are widely used in technical applications for plasma-assisted material processing. However, the detailed mechanisms for the production and destruction of different gas species in such discharges are not yet fully understood. In order to get insight into the elementary processes taking place in fluorocarbon plasmas, the dissociation degree of CF<sub>4</sub> and absolute concentrations of CF, CF<sub>2</sub>, and CF<sub>3</sub> radicals were measured using infrared laser absorption spectroscopy (IR-LAS). A single-path scheme using a diode laser in the range of 1220-1280 cm<sup>-1</sup> was used.

Measurements in the CF<sub>4</sub> inductively coupled plasma (ICP) generated in a GEC reference cell were performed at 10 Pa for various powers. At low powers, the ICP operates in capacitive mode, or so-called, E-mode. The transition to inductive or H-mode occurs around 90-100 W. At powers of 100-400 W, instabilities in the plasma emission were observed. At powers above 400 W, the plasma operates in stable H-mode. For all operating regimes, the absolute densities of fluorocarbon radicals were measured. This work is supported by MIWFT/NRW and GK 1051.

P 4.27 Mo 17:00 Flure

**Diagnostik zum Nachweis der Drift-Alfvén-Kopplung** — ●STEFAN ULLRICH — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 17491 Greifswald

Im linear magnetisierten Plasmaexperiment VINETA werden verschiedene Typen von Wellen in einem RF-Plasma untersucht. Ein gegenwärtiger Untersuchungsschwerpunkt liegt auf der elektromagnetischen Kopplung zwischen kinetischen Alfvén- und Driftwellen. Während Alfvénwellen eine Störung des Magnetfeldes hervorrufen, stellen Driftwellen eine Modulation der Plasmadichte und damit auch des Plaspotenzials dar. Sie beziehen Energie aus Gradienten der Plasmadichte, so dass sie in bestimmten Parameterbereichen selbsterregt auftreten.

In diesem Beitrag werden separate Untersuchungen von elektrostatischen Driftwellen und kinetischen Alfvénwellen präsentiert. Ein detaillierter Scan dient zur Charakterisierung der räumlichen und zeitlichen

Skalen der Driftwellen in Abhängigkeit der Plasmaparameter. Parallel dazu werden kinetische Alfvénwellen extern angeregt und durch Messung ihrer Dispersion charakterisiert. Ein Schwerpunkt hierbei ist die Entwicklung einer magnetischen Diagnostik. Eine technische Herausforderung stellt die hohe angestrebte Empfindlichkeit von  $\tilde{B}/B_0 \leq 10^{-3}$  im Frequenzbereich von  $f \leq 20$  kHz dar.

P 4.28 Mo 17:00 Flure

**Einfluss eines rotierenden Magnetfeldes auf Driftwellen** — ●CHRISTIAN BRANDT, OLAF GRULKE und THOMAS KLINGER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM

In dem linear magnetisierten Helikonexperiment VINETA ist es möglich, kohärente Driftwellen mit Modenzahlen  $m = 1$  bis  $m = 8$  zu erzeugen. Abhängig von den äußeren Parametern Magnetfeldstärke, Druck und RF-Leistung können die Driftwellen in Turbulenz getrieben werden. In einem mit dem VINETA-Aufbau vergleichbaren linearen Experiment konnten in schwach entwickelter Turbulenz Driftmoden mittels eines rotierenden elektrischen Feldes synchronisiert werden [1]. Simulationen zeigen, dass hierfür die Änderung der axialen Stromflüsse verantwortlich ist. Kauschke [2] konnte experimentell den Einfluss eines rotierenden Magnetfeldes auf bestimmte Driftwelleneigenschaften nachweisen. Eine neue Versuchsanordnung im linearen Helikonexperiment VINETA ermöglicht die Untersuchung der Driftwellensynchronisation durch eine schwache Perturbation des Magnetfeldes ( $\tilde{B}/B < 10^{-2}$ ). Dazu erzeugt eine oktopolartige azimutale Anordnung von Spulen ein rotierendes Magnetfeld bis zu einer Modenzahl von  $m = 3$  und typischen Driftwellenfrequenzen von 0.5 – 10 kHz. Die Diagnostik des Plasmas erfolgt zeitlich aufgelöst mit zweidimensionalen Sondenarrays.

[1] C. Schröder, Phys. Rev. Lett., **86** (25):5711-5714, 2001.

[2] U. Kauschke, Plasma Phys. Controlled Fusion **34** (7):1303-1337, 1992.

P 4.29 Mo 17:00 Flure

**Scaling of the radial velocity of turbulent structures in tokamak SOL** — ●OLAF GRULKE<sup>1</sup>, JAMES L. TERRY<sup>2</sup>, BRIAN LABOMBARD<sup>2</sup>, and STEWART J. ZWEBEN<sup>3</sup> — <sup>1</sup>MPI for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald, Germany — <sup>2</sup>Massachusetts Institute of Technology, Plasma Science and Fusion Center, Cambridge, USA — <sup>3</sup>Princeton Plasma Physics Laboratory, Princeton, USA

A distinct feature of plasma turbulence in the scrape-off layer (SOL) of fusion experiments is the formation of spatiotemporal structures with large fluctuation amplitudes. The dynamics of these structures is not only in poloidal direction, i.e. the direction of the time-averaged plasma drifts, but they propagate radially outwards, thereby contributing significantly to cross-field heat and particle transport. Several models have been proposed to quantify the radial propagation speed in dependence on specific structure properties, like fluctuation amplitude, structure size, connection length to material boundaries etc. In this paper the different proposed scalings are reviewed and compared to measurements in the SOL of the Alcator C-Mod and NSTX tokamak. Experimentally, the structures are diagnosed using turbulence imaging techniques [1]. The images are decomposed in different amplitude and spatial scales. Structure tracking algorithms provide probability distributions of radial and poloidal velocities of the different scales, which are compared to the theoretical predictions.

[1] S.J. Zweben *et al.*, Phys. Plasmas **9**(5), 2002

P 4.30 Mo 17:00 Flure

**Messung elektrostatischer Fluktuationen am Stellarator WEGA** — ●STEFAN MARSEN, MATTHIAS OTTE und FRIEDRICH WAGNER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 17491 Greifswald, EURATOM Assoziation

WEGA ist ein klassischer  $l = 2$ ,  $m = 5$  Stellarator, an dem magnetisch eingeschlossene Niedertemperaturplasmen untersucht werden. Es wurden räumlich-zeitlich aufgelöste Fluktuationen von Ionensättigungsstrom ( $\tilde{I}_{sat} \propto \tilde{n}$ ) sowie Floatingpotential ( $\tilde{\phi}_{fl} \propto \tilde{\phi}_{pl}$ ) mit Langmuir-Sonden gemessen. Ein poloidal auflösendes Sondenarray dient zur Untersuchung der Struktur der Fluktuationen  $\perp \mathbf{B}$ . Toroidal aufgelöste Messungen charakterisieren die Struktur  $\parallel \mathbf{B}$ . Feldlinienverfolgungen für verschiedene magnetische Konfigurationen zeigen eine direkte Verbindung zwischen zwei Sonden entlang einer Feldlinie mit Verbindungslängen von 170, 280 sowie 620cm. Die gerechnete Feldgeometrie wurde mit Hilfe eines  $e^-$ -Strahls experimentell überprüft. Erste Ergebnisse der Messungen zur räumlichen Struktur der Fluktuationen werden präsentiert. Ein Schwerpunkt weiterer Fluktuationsuntersuchungen an WEGA sind die Eigenschaften innerhalb magnetischer Inseln. Eine  $m = 1$  Feldstörung verursacht bei rationa-

len  $\iota$  nichtnatürliche magnetische Inseln. Sie lassen sich durch zusätzliche Korrekturspulen in Größe und Lage beeinflussen. Flussflächenrechnungen zeigen, wie mit Langmuir-Sonden an verschiedenen Positionen innerhalb der Inselstruktur sowie bei nahezu kompensierter Feldstörung gemessen werden kann.

P 4.31 Mo 17:00 Flure

**Reynolds-Stress-Messung am Torsatron TJ-K** — ●M. RAMISCH<sup>1</sup>, F. GREINER<sup>2</sup>, N. MAHDIZADEH<sup>1</sup>, P. MANZ<sup>2</sup>, K. RAHBARNIA<sup>1</sup> und U. STROTH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart — <sup>2</sup>Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Der Reynolds Stress  $R = \langle \tilde{v}_r \tilde{v}_\theta \rangle$  (RS) als Flussflächenmittel des Produktes aus den Fluktuationen in der radialen und der poloidalen Geschwindigkeitskomponente  $\tilde{v}_r$  und  $\tilde{v}_\theta$  kann ähnlich dem radialen turbulenten Teilchentransport als Transport des poloidalen Impulses aufgefasst werden. Er gilt als Antrieb für spontane, Turbulenz generierte poloidale Scherströmungen (Zonal Flows), die in Fusionsexperimenten maßgeblich für die Entstehung von Transportbarrieren und damit für verbesserte Einschlusseigenschaften verantwortlich gemacht werden. Zur Untersuchung des RS im TJ-K werden radial aufgelöste Messungen mithilfe einer verfahrenbaren Mehrfachsonde durchgeführt. Ziel ist es, den Beitrag des turbulenten RS zur poloidalen Impulsbilanz zu studieren. Besonderes Interesse gilt hierbei der Rückwirkung extern durch Plasmabiassing getriebener Scherströmungen auf den RS. Erste Ergebnisse werden vorgestellt.

P 4.32 Mo 17:00 Flure

**Mikrowellenheizung von überdichten Plasmen in TJ-K** — ●A. KÖHN<sup>1</sup>, F. GREINER<sup>1</sup>, H. HARTFUSS<sup>2</sup>, E. HOLZHÄUER<sup>3</sup>, B. MAY<sup>1</sup>, M. RAMISCH<sup>3</sup> und U. STROTH<sup>3</sup> — <sup>1</sup>Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Ass., Greifswald — <sup>3</sup>Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart

Im Torsatron TJ-K werden Niedertemperaturplasmen mittels ECRH bei 2.45 GHz und neuerdings auch bei 8.25 GHz erzeugt. Obwohl die Cutoffs der O- und X-Welle am Plasmarand liegen, wird das Plasma effektiv geheizt. Die gemessenen hohlen Temperaturprofile weisen allerdings auf eine Leistungsdeponierung am Rand des Plasmas hin. Verbesserte Auswertemethoden der mit Langmuir-Sonden aufgenommenen Kennlinien zeigen ausgeprägte Maxima in der Temperatur an der oberen Hybriden.

In dieser Arbeit werden die experimentell bestimmten Parameterbereiche präsentiert, in denen Plasmaerzeugung mit der Mikrowelle möglich ist. Hieraus lassen sich Schlussfolgerungen auf den Heizmechanismus ziehen. Zudem werden erste Ergebnisse von Messungen in Plasmen, die mittels ECRH bei 8.25 GHz erzeugt wurden, vorgestellt.

Messungen des Wellenfeldes der eingestrahlenen Mikrowelle mit einer Monopolantenne weisen darauf hin, dass die Resonanz an der oberen Hybride eine wichtige Rolle für die Heizung spielt. Desweiteren wurden verschiedene Konfigurationen der Sendeantenne getestet, um herauszufinden, ob die Leistungsdeponierung im Plasmazentrum durch Modenkonzentration erhöht werden kann.

P 4.33 Mo 17:00 Flure

**Poloidale Wellenzahlspektren im Torsatron TJ-K** — ●N. MAHDIZADEH<sup>1</sup>, F. GREINER<sup>2</sup>, E. HOLZHÄUER<sup>1</sup>, C. LECHTE<sup>1</sup>, M. RAMISCH<sup>1</sup>, K. RAHBARNIA<sup>1</sup>, S. SCHRAMM<sup>1</sup> und U. STROTH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart — <sup>2</sup>Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrecht-Universität Kiel, 24098 Kiel

Wellenzahlspektren geben Information über die räumlichen Skalen turbulenter Strukturen. Die zur Messung benötigte hohe räumliche Auflösung kann mit Hilfe von Multisondenarrays erreicht werden. Langmuir-Sondenarrays sind in Fusionsexperimenten jedoch nur im Randbereich einsetzbar. Das Niedertemperaturplasma im Torsatron TJ-K ist demgegenüber im gesamten Einschlussbereich für Sonden zugänglich und darüberhinaus in den dimensionslosen Größen dem Randbereich von Fusionsplasmen ähnlich. Zur Untersuchung raumzeitlicher Fluktuationen im Floatingpotential und in der Dichte werden 64 Langmuir-Sonden poloidal auf einer Flussfläche angeordnet. Diese Diagnostik erlaubt insbesondere die Messung der räumlichen Kreuzphase zwischen Dichte- und Potentialfluktuationen. Die Kreuzphase identifiziert die auf den verschiedenen Skalen jeweils dominante Instabilität und ist eine wichtige Größe für den turbulenten Transport. Dieser Beitrag baut auf früheren Messungen auf, hier ist ein größerer Parameterbereich (mehr Gase, höhere Magnetfelder) untersucht worden. Die Messungen

wurden zu größeren Wellenzahlen erweitert.

P 4.34 Mo 17:00 Flure

**Untersuchung der parallelen Dynamik von Driftwellenturbulenz** — ●N. MAHDIZADEH<sup>1</sup>, F. GREINER<sup>2</sup>, A. KENDL<sup>3</sup>, B. SCOTT<sup>4</sup>, T. HAPPEL<sup>2</sup>, M. RAMISCH<sup>1</sup> und U. STROTH<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart — <sup>2</sup>Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrecht-Universität Kiel, 24098 Kiel — <sup>3</sup>Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck, A-6020 Innsbruck, Österreich — <sup>4</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Euratom Association, D-85748 Garching

Im TJ-K Torsatron wurde in vielen Untersuchungen gezeigt, dass das Plasma Driftwelldynamik aufweist. Im Gegensatz zur MHD Instabilität besitzen Driftwellen eine endliche parallele Wellenlänge. Aufgrund dieser Eigenschaft ist die Untersuchung der parallelen Dynamik interessant. Hierzu werden mit einem 64-Kanal-Transientenrekorder simultan die Dichte- und Potentialfluktuationen mit einer  $8 \times 8$  Matrix von Langmuir-Sonden und einer zusätzlich an unterschiedlichen toroidalen Orten positionierten Sonde aufgenommen. Die Anwendung von Korrelationsanalysen auf diese Daten gibt über die Dynamik im poloidalen Querschnitt hinausgehende Informationen über die 3-dimensionale Struktur der Turbulenz. Die zugrundeliegenden Modelle zur 3-dimensionalen Struktur werden an Daten aus dem Turbulenzsimulationscode GEM3 überprüft.

P 4.35 Mo 17:00 Flure

**Poloidale Plasmarotation im Stellarator WEGA** — ●OLIVER LISCHTSCHENKO, RALF KÖNIG, MATTHIAS OTTE und FRIEDRICH WAGNER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 17491 Greifswald, EURATOM Association

Das poloidale Rotationsprofil von Argonplasmen im WEGA Stellarator wurde untersucht. Zur Erzeugung der Plasmen wurde ECRH mit einer Leistung von bis zu 14 kW bei einer Frequenz von 2,45 GHz verwendet. Verwendete Diagnostiken beinhalten optische Emissionsspektroskopie, Coherence-Imaging-Spektroskopie, Mikrowellen-Interferometrie, sowie schnelle Langmuir-Sonden. Ein einfaches Modell des Hauptplasmas wurde zum Vergleich der verschiedenen Diagnostiken entwickelt. Das Modell beinhaltet die ExB-Drift und die diamagnetische Drift. Das Modell wurde experimentell durch Änderung der ExB-Drift verifiziert. Hierfür wurde das lokale elektrische Feld mit einer Polarisationssonde beeinflusst. Negatives Vorspannen der Polarisationssonde in Bezug auf das geerdete Gefäß führte zu einem signifikantem Anstieg des Plasmadrucks. Die erzielten Resultate werden vorgestellt und in Hinsicht auf verbesserte Maschinenleistung diskutiert.

P 4.36 Mo 17:00 Flure

**Study of ELM induced edge transport barrier collapse applying reflectometry at ASDEX Upgrade** — ●L. FATTORINI<sup>1</sup>, S. DA GRACA<sup>1</sup>, P.T. LANG<sup>2</sup>, M.E. MANSO<sup>1</sup>, M. MARASCHEK<sup>2</sup>, and ASDEX UPGRADE TEAM<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Centro de Fusão Nuclear, Associação EURATOM / IST, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, P-1049-001 Lisboa, Portugal — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching, Germany

Onset conditions and dynamics of the Edge Localized Mode (ELM) are still subject to intense investigations due to their relevance in establishing a reliable and robust operational baseline scenario for the fusion reactor ITER. The most significant fingerprint of the ELM instability is the repetitive transient collapse of the H-mode edge transport barrier resulting in strong burst like particle and energy loss from the plasma. Reflectometry with its high temporal and spatial resolution is a diagnostic especially suited to study radial displacements of density layers and the level of density fluctuations. Applying the ASDEX Upgrade FM-CW reflectometer probing simultaneously the plasma low (LFS) and the high field side (HFS) yields resolution of the ELM dynamics and allows for a better understanding of its underlying physics. Besides the dynamics of intrinsic ELMs also ELMs forced by the injection of cryogenic deuterium pellets were investigated. Reflectometry and MHD observation are combined for both kind of ELMs to investigate the correlation between imposed perturbation and ELM release.

P 4.37 Mo 17:00 Flure

**$Z_{eff}$ -Diagnostik an ASDEX Upgrade** — ●H. MEISTER, R. FISCHER, B. KURZAN, C. F. MAGGI, J. SCHIRMER und ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching

Die Untersuchung der Verunreinigung von Tokamak-Plasmen ist ein wichtiger Aspekt der Fusionsforschung, da die Leistungsfähigkeit künftiger Fusionsexperimente wie ITER mit zunehmendem Verunreinigungsgehalt abnimmt. Eine Möglichkeit, den Verunreinigungsgehalt eines Plasmas zu bestimmen, ist die Messung der effektiven Ionenladungszahl  $Z_{eff} = \sum_i n_i Z_i^2 / \sum_i n_i Z_i$ . Eine Möglichkeit das  $Z_{eff}$ -Profil zu bestimmen ist die Messung von Bremsstrahlung. Am Tokamak ASDEX Upgrade werden hierfür mehrere Arrays von Sichtlinien unterschiedlicher Diagnostiken benutzt, die die vom Plasma abgegebene Strahlungsintensität mittels Spektrometern und CCD-Kameras spektral aufgelöst messen. Der Bremsstrahlungsuntergrund dieser Spektren wird unter Verwendung von Bayes'scher Wahrscheinlichkeitstheorie bestimmt. Zusammen mit Profilen der Elektronentemperatur  $T_e$  und -dichte  $n_e$  kann daraus mittels eines integrierten Entfaltungsalgorithmus das  $Z_{eff}$ -Profil aller zur Bremsstrahlungsmessung verwendeter Diagnostiken gemeinsam bestimmt werden. Bei der Diskussion der bestimmten  $Z_{eff}$ -Profile wird das Hauptaugenmerk auf Entladungen in der H-mode, dem Standard-Szenario für ITER, gelegt. Es werden sowohl Trends der liniengemittelten effektiven Ionenladungszahl, als auch  $Z_{eff}$ -Profile einzelner, spezieller Entladungen diskutiert.

P 4.38 Mo 17:00 Flure

**Parasitäres Plasma im Plasmagenerator PSI-2** — ●OLE WALDMANN<sup>1</sup>, MANDY BAUDACH<sup>2</sup> und GERD FUSSMANN<sup>1,2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, TI Greifswald — <sup>2</sup>Institut für Physik der Humboldt Universität zu Berlin

In einer linearen Plasmaanlage wurde außerhalb der sichtbaren Plasmasäule ein parasitäres Plasma mittels Langmuirsonden diagnostiziert. Die Elektronendichte in diesem Bereich ist wesentlich höher, als aus reinen Diffusionsüberlegungen angenommen werden kann.

Die hier präsentierten Ergebnisse wurden an dem linearen Plasmagenerator PSI-2 gewonnen. Die in dieser Anlage produzierten Plasmen haben typischerweise eine Elektronendichte  $n_e \approx 10^{16} - 10^{19} \text{ m}^{-3}$ , eine Elektronentemperatur  $T_e \approx 1 - 15 \text{ eV}$ , einen Neutralgasdruck  $p_n \approx 10^{-2} \dots 10^{-1} \text{ Pa}$  und werden mittels eines axialen Magnetfeldes  $B \approx 0.1 \text{ T}$  eingeschlossen.

Um die Parameter des parasitären Plasmas zu erklären, werden verschiedene Produktions- und Transportprozesse (Photoionisation, Stoßionisation, turbulenter Transport sowie verbesserter Einschluss in magnetischen Spiegeln) analysiert und verglichen.

P 4.39 Mo 17:00 Flure

**MHD equilibrium reconstruction with EFIT for TEXTOR** — ●CHRISTOPHER WIEGMANN<sup>1</sup>, WOLFGANG ZWINGMANN<sup>2</sup>, OLIVER ZIMMERMANN<sup>1</sup>, DETLEV REITER<sup>1</sup>, and ROBERT WOLF<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM-Association, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany — <sup>2</sup>Association EURATOM-CEA/DSM/DRFC Cadarache, 13108 St-Paul-Lez-Durance, France

Reconstruction of 2D-MHD equilibria from experimental tokamak data is an important tool for determining the magnetic field structure and is essential for tokamak data analysis. Especially at TEXTOR with its dynamic ergodic divertor (DED) experiment it is crucial to know the equilibrium and the field structure close to the plasma boundary. In fact it has been found that the magnetic topology due to the DED is quite sensitive to the underlying plasma equilibrium.

We present the current status and first results of the implementation of the equilibrium reconstruction code EFIT [1] for TEXTOR based on the version currently in use at Tore Supra, CEA Cadarache. EFIT directly calculates the MHD equilibrium from experimental data by solving the Grad-Shafranov equation with the Green's function approach and a Picard Iteration scheme. The unknown profiles ( $FF'(\psi)$  &  $P'(\psi)$ ) are parametrized with a suitable set of test functions. Their coefficients are determined by a fitting procedure to measured data. Furthermore EFIT is capable of treating the iron core problem with sufficient accuracy and accounts for a correction due to the toroidal field ripple.

[1] W.Zwingmann, Nuclear Fusion 43, 842 (2003)

P 4.40 Mo 17:00 Flure

**Lasergeheizte emissive Sonde** — ●JACOB ZALACH<sup>1</sup>, OLAF GRULKE<sup>1</sup>, THOMAS KLINGER<sup>1</sup>, ROMAN SCHRITTWIESER<sup>2</sup> und CODRINA IONITA-SCHRITTWIESER<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Greifswald — <sup>2</sup>Institut für Ionenphysik, Leopold-Franzens Universität, Innsbruck

Emissive Sonden ermöglichen eine direkte Messung des Plasmapoten-

tials und sind unempfindlich gegenüber nichtthermischen Plasmakomponenten. Ihr Anwendungsgebiet deckt dabei sowohl Niedertemperaturals auch den Randbereich von Fusionsplasmen ab [1]. Für Laborplasmen werden in der Regel dünne Drahtschlaufen aus hochschmelzenden Metallen wie Wolfram durch elektrischen Strom direkt geheizt und somit zur Emission gebracht. Ein Hauptproblem ist allerdings die begrenzte Lebensdauer, insbesondere in Plasmen relativ hoher Dichte und Temperatur. Diese Arbeit verfolgt einen anderen Zugang: Es wird ein 50 W Dauerstrich-IR-Diodenlaser ( $\lambda = 808 \text{ nm}$ ) verwendet, um ein LaB<sub>6</sub> bzw. Graphit-Plättchen zu heizen. Das System soll dabei so aufgebaut sein, dass es mittels eines 2D-Positioniersystems betrieben, und insbesondere Profilmessungen ermöglichen soll. Es werden die Emissionseigenschaften verschiedener Materialien bei Laserheizung gezeigt (LaB<sub>6</sub>, C, W). Messung von Plasmapotentialen werden in dem linearen Experiment VINE-TA durchgeführt. Mittels der lasergeheizten Sonde werden radiale Profile des Potentials eines Helikonplasmas, sowie Plasmapotentialfluktuationen von Driftwellen, gemessen.

[1] P.Balan et al, Review of Scientific Instruments, **74** (2003),1583

P 4.41 Mo 17:00 Flure

**Spektroskopische Untersuchungen an einem durchstimmbaren Hochfrequenzplasma eingeschlossen durch ein magnetisches Quadrupolefeld** — ●JÖRG WIECHULA, CHRISTIAN TESKE, MARKUS IBERLER, JULIAN SCHUNK und JOACHIM JACOBY — Universität Frankfurt, Institut für Angewandte Physik

Ein hochfrequenzangeregtes Niedertemperaturplasma wird mit Hilfe spektroskopischer Methoden studiert. Die Energieeinkopplung in das Plasma erfolgt durch elektrodenlose induktive Einkopplung eines durchstimmbaren hf-Feldes an das Gas. Darüber hinaus wird durch ein statisches magnetisches Vierpolfeld die Wechselwirkung der geladenen Teilchen mit der Wand reduziert. Untersucht wird nun die Effizienz der Ankopplung der hf-Leistung an das Plasma in Abhängigkeit verschiedener Parameter wie Frequenz, Antennenbauart und Gasdruck. Als Füllgas wird für sämtliche Messungen Argon verwendet. Zur Charakterisierung und Optimierung der Plasmaparameter werden jeweils spektroskopische Untersuchungen vorgenommen.