

PLASMAPHYSIK (P)

Prof. Dr. Alexander Piel
 Institut für Experimentelle und Angewandte Physik
 Christian-Albrechts-Universität Kiel
 24098 Kiel
 E-Mail: piel@physik.uni-kiel.de

ÜBERSICHT DER HAUPTVORTRÄGE UND FACHSITZUNGEN
 (Hörsäle 1002 und 1004)

Hauptvorträge

P 6.1	Di	09:20	(1002)	In-situ Spectroscopic and Kelvin Probe Studies of the Modification of Passive Films on Metals in Vacuum and Atmospheric Pressure Plasmas , <u>Guido Grundmeier</u> , Mirosław Giza, Tobias Titz
P 7.1	Di	09:20	(1004)	Plasmadiagnostik mit Mikrowellen , <u>Hans-Jürgen Hartfuß</u>
P 8.1	Di	10:30	(1002)	Numerical characterization of dual frequency capacitively coupled hydrogen plasmas , <u>Aurel Salabas</u>
P 9.1	Di	10:30	(1004)	Zonenströmungen und Turbulenz am Plasmarand , <u>Alexander Kendl</u>
P 17.1	Mi	09:20	(1002)	Progress in divertor modeling for ITER and future fusion devices , <u>Detlev Reiter</u> , Vladislav Kotov
P 18.1	Mi	09:20	(1004)	Laser-induzierte Fluoreszenzspektroskopie zur quantitativen Plasmadiagnostik , <u>Volker Schulz-von der Gathen</u>
P 19.1	Mi	10:30	(1002)	Neue Entwicklungen bei der Plasma-Wand-Wechselwirkung , <u>Rudolf Neu</u>
P 20.1	Mi	10:30	(1004)	Staubcluster: Finite Systeme in staubigen Plasmen , <u>Andre Melzer</u>
P 31.1	Do	10:30	(1002)	On progress in plasma process analysis using quantum cascade laser-absorption spectroscopy , <u>F. Hempel</u> , N. Lang, J. Röpcke, G.D. Stancu, K.-D. Weltmann
P 32.1	Do	10:30	(1004)	Dynamische Vorgänge in Gasentladungen , <u>Christian Wilke</u>

Fachsitzungen

P 1	Plenarvortrag I: J. Meichsner	Mo 14:00–14:45	1002	P 1.1–1.1
P 2	Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 1	Mo 14:45–16:30	1002	P 2.1–2.6
P 3	Magnetischer Einschluß 1	Mo 14:45–16:30	1004	P 3.1–3.6
P 4	Diagnostik 1; Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 2; Magnetischer Einschluß 2	Mo 17:00–19:00	Flure	P 4.1–4.41
P 5	Plenarvortrag II: K. Lackner	Di 08:30–09:15	1002	P 5.1–5.1
P 6	Hauptvortrag 1: Plasmatechnologie	Di 09:20–10:00	1002	P 6.1–6.1
P 7	Hauptvortrag 2: Diagnostik	Di 09:20–10:00	1004	P 7.1–7.1
P 8	Hauptvortrag 3: Niedertemperaturplasmen	Di 10:30–11:10	1002	P 8.1–8.1
P 9	Hauptvortrag 4: Magnetischer Einschluß	Di 10:30–11:10	1004	P 9.1–9.1
P 10	Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 3	Di 11:15–13:00	1002	P 10.1–10.6
P 11	Magnetischer Einschluß 3	Di 11:15–13:00	1004	P 11.1–11.6
P 12	Plenarvortrag III: H. Hilgers	Di 14:00–14:45	1002	P 12.1–12.1
P 13	Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 4	Di 14:45–16:30	1002	P 13.1–13.6
P 14	Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen 1	Di 14:45–16:30	1004	P 14.1–14.7
P 15	Diagnostik 2; Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 5; Plasma-Wand Wechselwirkung 1	Di 17:00–19:00	Flure	P 15.1–15.41

P 16	Plenarvortrag IV: A. Tünnermann	Mi 08:30–09:15	1002	P 16.1–16.1
P 17	Hauptvortrag 5: Plasma-Wand Wechselwirkung	Mi 09:20–10:00	1002	P 17.1–17.1
P 18	Hauptvortrag 6: Diagnostik	Mi 09:20–10:00	1004	P 18.1–18.1
P 19	Hauptvortrag 7: Plasma-Wand Wechselwirkung	Mi 10:30–11:10	1002	P 19.1–19.1
P 20	Hauptvortrag 8: Staubige Plasmen	Mi 10:30–11:10	1004	P 20.1–20.1
P 21	Plasma-Wand Wechselwirkung 2	Mi 11:15–12:30	1002	P 21.1–21.4
P 22	Staubige Plasmen 1	Mi 11:15–12:30	1004	P 22.1–22.5
P 23	Plenarvortrag V: G. Bräuer	Mi 14:00–14:45	1002	P 23.1–23.1
P 24	Plasma-Wand Wechselwirkung 3	Mi 14:45–16:30	1002	P 24.1–24.7
P 25	Staubige Plasmen 2	Mi 14:45–16:30	1004	P 25.1–25.7
P 26	Diagnostik 3	Mi 17:00–18:15	1002	P 26.1–26.5
P 27	Staubige Plasmen 3	Mi 17:00–17:45	1004	P 27.1–27.3
P 28	Astrophysikalische Plasmen; Dichte Plasmen 1; Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen 2; Staubige Plasmen 4; Theorie 1	Mi 17:30–19:00	Flure	P 28.1–28.30
P 29	Plenarvortrag VI: G. Pretzler	Do 08:30–09:15	1002	P 29.1–29.1
P 30	Plenarvortrag VII: R. Klessen	Do 09:15–10:00	1002	P 30.1–30.1
P 31	Hauptvortrag 9: Diagnostik	Do 10:30–11:10	1002	P 31.1–31.1
P 32	Hauptvortrag 10: Niedertemperaturplasmen	Do 10:30–11:10	1004	P 32.1–32.1
P 33	Diagnostik 4	Do 11:15–13:00	1002	P 33.1–33.7
P 34	Dichte Plasmen 2 und Theorie 2	Do 11:15–13:00	1004	P 34.1–34.7

Mitgliederversammlung des Fachverbands Plasmaphysik

Mi 12:30–13:00 1002

Tagesordnung

1. Bericht des Vorsitzenden
2. Änderung der Statuten des Fachausschusses Plasmaphysik
3. Wahl des designierten Vorsitzenden 2008-2010
4. Wahl von Mitgliedern des Fachbeirats
5. Tagungsorte 2008 und 2009
6. Verschiedenes

zu TOP2: Änderung der Statuten

Der Fachbeirat sieht zunehmende Schwierigkeiten, die Interessen der Industriephysiker durch geeignete Kandidaten als Mitglieder im Fachbeirat bzw. im Vorsitz des Fachbeirats abzubilden. Daher soll der Kreis der Industriephysiker erweitert werden um die Angehörigen von Forschungsinstituten, die industrienähe Forschung betreiben.

Fachsitzungen

– Haupt-, Fach-, Kurzvorträge und Posterbeiträge –

P 1 Plenarvortrag I: J. Meichsner

Zeit: Montag 14:00–14:45

Raum: 1002

Reaktive Plasmen - Wege zu einem besseren Verständnis — Der Beitragstext ist im Bereich Plenarvorträge abgedruckt.

P 2 Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 1

Zeit: Montag 14:45–16:30

Raum: 1002

Fachvortrag

P 2.1 Mo 14:45 1002

Zeitliche und räumliche Verteilung der Ladungsträger einer induktiven RF-Entladung — ●J. ALEXANDER WAGNER — Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Fachbereich Physik, D-45117 Essen

Es werden Struktur und Dynamik der Ladungsträger einer induktiven RF-Entladung vorgestellt. Untersucht wurde eine gepulst betriebene Edelgas / Sauerstoff Entladung in einer GEC-Referenzzelle bei verschiedenen Mischungsverhältnissen der Gase und eingekoppelten Leistungen. Die Plasmaentwicklung im Afterglow, insbesondere die Erzeugung negativer Ionen mit dem Übergang zu einem Ionen-Ionen-Plasma, wird mit zeitaufgelösten Diagnostiken (Emissionsspektroskopie, Massenspektroskopie, Appearance Potential Spektroskopie, Laser induziertes Photodetachment und Sonden) studiert. Vergleiche der Messungen mit einem einfachen globalen Modell bestätigen die wesentlichen identifizierten Erzeugungs- und Verlustprozesse von negativen Sauerstoffionen und der Ladungsträgerbilanz. Gegenseitige Neutralisation mit positiven Ionen stellen den wesentlichen Verlustprozess der negativen Ionen dar. Der Einfluss von atomarem Sauerstoff auf den Zeitpunkt des Überganges zu einem Ionen-Ionen-Plasma lässt sich experimentell verifizieren. Dieses Projekt wird von der DFG im Rahmen des SFB 591, Teilprojekt A7, gefördert.

P 2.2 Mo 15:15 1002

Die Elektronendichte in einem gepulsten Sauerstoff-Plasma — ●GEORGE-FELIX LEU, ALBRECHT BROCKHAUS und JÜRGEN ENGEMANN — Forschungszentrum für Mikrostrukturtechnik - fnt, Bergische Universität Wuppertal, Rainer Gruenterstr. 21, 42119, Wuppertal

Das Sauerstoff-Plasma spielt in zahlreichen technologischen Anwendungen wie Ätzen, Sterilisation, oder als Zwischenprozess in Schichtabscheidungsverfahren, eine besondere Rolle. Zur effizienten Steuerung eines solchen Plasmas betreibt man die Leistungsversorgung oft gepulst. Das hier diskutierte Experiment verwendet eine induktiv gekoppelte Hochfrequenz-Plasmaquelle. Der Sauerstoffdruck wurde zwischen 10 Pa und 100 Pa und die Leistung zwischen 100 W und 1000 W variiert. Zur Messung der Elektronendichte kam ein Mikrowellen-Interferometer bei 27 GHz zum Einsatz. Im kontinuierlichen Betrieb ließen sich die Messungen mit den Ergebnissen einer Langmuir-Doppelsonde vergleichen. Die Interpretation der Messergebnisse erfolgt mittels eines globalen Modells, das als Teilchensorten O₂, O, O₃ im Grundzustand und in metastabilen Zuständen, sowie positive und negative Sauerstoff-Ionen enthält. Ein interessanter Effekt wurde zu Beginn der Aus-Phase beobachtet. Hier kommt es zunächst zu einem raschen Anstieg der Elektronendichte. Die Erklärung liegt nach dem globalen Modell darin, dass einerseits bei Leistungsabschaltung die Elektronentemperatur schlagartig sinkt und somit keine neuen negativen Ionen mehr gebildet werden können, und dass andererseits die vorhandenen negativen Ionen stoßinduziert Elektronen freisetzen.

P 2.3 Mo 15:30 1002

Phase resolved optical emission spectroscopy on an industrial dual frequency capacitively coupled RF discharge — ●JULIAN SCHULZE¹, TIMO GANS¹, DEBORAH O'CONNELL¹, UWE CZARNETZKI¹, and MILES TURNER² — ¹Institute for Plasma and Atomic Physics, CPST, Ruhr University Bochum, Germany — ²School of Physical Sciences, Dublin City University, Dublin 9

Dual frequency capacitively coupled rf discharges are frequently used in technological applications. The principle of these discharges is to allow separate control of the ion energy and ion flux impinging on the sub-

strate surface. The ion flux is mainly controlled by the high frequency component while the ion energy is predominantly determined by the low frequency voltage. We present experimental investigations on a confined industrial discharge (Exelan, Lam Research Inc.) operated with two frequencies, 1.94 MHz and 27.12 MHz, applied simultaneously to one electrode. Phase resolved optical emission spectroscopy (PROES), resolving both the high and low rf frequencies, gives insight into the electron impact excitation dynamics. Measurements reveal a strong coupling of both frequencies. The discharge is well confined resulting in similar excitation mechanisms in front of the powered and grounded electrodes caused by sheath expansion heating. The comparison of various emission lines of small rare gas admixtures yields time and space resolved profiles of the electron propagation velocities and electron temperature.

Funding from: Lam Research Inc., FP5, SFB 591, GK 1051

P 2.4 Mo 15:45 1002

Space- and time-resolved development of a pulsed magnetron discharge — ●THORALF DUNGER, THOMAS WELZEL, and FRANK RICHTER — TU Chemnitz, Institut für Physik, 09107 Chemnitz, Germany

The temporal development of an asymmetrical bipolar pulsed cylindrical magnetron discharge was investigated by space- and time-resolved Langmuir double probe measurements. The temporal behaviour of the charge carrier density on the axis of symmetry showed a typical two peak structure in the on-phase followed by a transition into a stationary state. It was found that the ratio of the peaks is influenced by discharge parameters, e.g. the pulse frequency. We propose the following simple model for the development of the discharge in the on-phase: The first maximum is related to volume ionisation due to acceleration of residual electrons - from the off-phase - away from the cathode. The second one is dominated by secondary electrons released by ion bombardment from the cathode. This maximum is delayed due to the drift of the ions to the surface and the slope of the applied target voltage affected by the power supply. The spatial distribution of the maxima shows that the first maximum compared to the second one is more pronounced in the substrate region than close to the target. The obtained results are discussed in terms of the influence of the magnetic field on both "residual" and "secondary" electrons (see above) and their contribution to the development of the discharge.

P 2.5 Mo 16:00 1002

Anwendbarkeit der Massenspektrometrie zur quantitativen Analyse von Schaltergasen — ●C. M. FRANCK, M. BENDER und V. CHOY — ABB Schweiz AG, Corporate Research, CH-5405 Baden

SF₆-Gas-Leistungsschalter sind das zentrale Schutzelement in heutigen Hochspannungsnetzen. Die Schalter bestehen im Wesentlichen aus einem mechanisch angetriebenen System von Metallkontakten, zwischen denen sich während der Öffnungsphase ein Lichtbogen ausbildet. Der Lichtbogen ist das eigentlich Schaltelement, weil sich seine elektrische Leitfähigkeit innert kürzester Zeit um mehrere Größenordnungen durch Abkühlung verringern lässt.

Das Plasma des Lichtbogens weist nicht nur einen sehr hohen Ionisierungsgrad, sondern insbesondere auch eine starke Dissoziation auf. Während des Abkühlens kommt es zu einer Vielzahl von möglichen chemischen Verbindungen, insbesondere in Kombination mit den Abbrandprodukten der Teflondüsen, den Wolfram-Kupfer-Kontakten und evtl. eingelagertem Wasser. Eine Vielzahl der chemischen Produkte ist stark korrosiv oder sehr toxisch (SF₄, SOF₂, HF, WF₆, ...).

Eine sehr genaue, aber auch zeitaufwändige Methode zur quantitativen Bestimmung der Schaltergase ist die FTIR-Spektroskopie. Die Massenspektrometrie hat den Vorteil nur eine geringe Gasmenge zu benötigen und sehr schnell zu sein. Nachteil ist aber, dass viele der zu untersuchenden Gase die gleichen Fragmentierungsmoleküle und -atome besitzen. Die Arbeit stellt den Rahmen dar (Art der Moleküle, prozentuale Zusammensetzung, Genauigkeit der Messung, ...), in dem sich die Massenspektrometrie zur quantitativen Analyse von Schaltergasen eignet.

P 2.6 Mo 16:15 1002

Untersuchung eines Mikrowellenkonzentrators als linear ausgedehnte Plasmaquelle — ●U. SCHWEITZER, A. SCHULZ, M. WALKER und U. STROTH — Universität Stuttgart, Institut für Plasmaphysik, Pfaffenwaldring 31, 70569 Stuttgart

Die Eigenschaften eines Mikrowellenkonzentrators in der Form eines

elliptischen Zylinders zur Erzeugung eines linear ausgedehnten, freistehenden Plasmas wurden untersucht. Die Mikrowelle mit einer Frequenz von 2,45 GHz wurde auf oder in der Nähe der einen Fokusslinie in den Konzentrador eingekoppelt und die resultierende Verteilung des elektrischen Felds im Bereich der anderen Fokusslinie in Abhängigkeit von Parametern wie Form und Position der Antenne und Form des Konzentrators gemessen. Numerische Simulationen der Anordnung zeigen gute Übereinstimmung mit den Messergebnissen und wurden zur Optimierung der Geometrie verwendet.

In einem evakuierten Glasrohr um die zweite Fokusslinie kann in Argon oder in Luft in einem weiten Druckbereich (ca. 10 bis 10000 Pa) ein Plasma gezündet und unterhalten werden. Elektronendichten und -temperaturen wurden mit einer Langmuir-Sonde gemessen. Diese Messungen wurden in cw-Plasmen orts aufgelöst und in gepulsten Plasmen zeitaufgelöst durchgeführt.

P 3 Magnetischer Einschluss 1

Zeit: Montag 14:45–16:30

Raum: 1004

Fachvortrag

P 3.1 Mo 14:45 1004

Negative HF-Ionenquellen für die Neutralinjektion bei ITER — ●P. FRANZEN, H. FALTER, E. SPETH, U. FANTZ, W. KRAUS und NNBI-TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Das Max-Planck-Institut für Plasmaphysik (IPP) entwickelt im Rahmen eines EFDA-Vertrages für die Neutralteilchenheizung an ITER eine HF-Ionenquelle für negative Wasserstoffionen. Der wesentlichen Herausforderungen bei negativen Ionenquellen liegen in der Erzeugung von negativen Wasserstoffionen bei gleichzeitig geringer Koextraktion von Elektronen. Für eine Injektionsleistung von 17 MW ist eine Stromdichte von 20 mA/cm² D⁻ bei einem Elektronen-Ionen-Verhältnis von 1, einem Quelledruck von 0.3 Pa und einer Extraktionsfläche von 2000 cm² erforderlich, bei einer Pulslänge von bis zu einer Stunde.

Die Entwicklung am IPP findet an drei Testständen statt: Die ITER-relevanten Parameter wurden am Teststand BATMAN bereits erreicht bzw. überschritten, bei einer kleinen Extraktionsfläche (70 cm²) und für kurze Pulse (<6 s); der Teststand MANITU soll diese Parameter bei bis zu einer Stunde demonstrieren, bei einer Extraktionsfläche von maximal 390 cm². An einem dritten Teststand RADI, der gerade in Betrieb genommen wird und bei dem aus technischen Gründen keine Extraktion möglich ist, wird eine große HF-Quelle mit einer äquivalenten Extraktionsfläche der halben ITER-Größe getestet. Damit soll die Modularität der IPP HF-Quelle und die Homogenität von großen HF-Plasmen demonstriert sowie ITER-relevante HF-Technik getestet werden.

P 3.2 Mo 15:15 1004

Kontrolle der ELM-Aktivität in Hochleistungs-Fusionsplasmen — ●P. T. LANG¹, S. KALVIN², G. KOCIS², V. MERTENS¹, J. NEUHAUSER¹, M. MARASCHEK¹, W. SUTROP¹ und ASDEX UPGRADE TEAM¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching, Germany — ²KFKI-RMKI, EURATOM Association, P.O. Box 49, H-1525 Budapest-114, Hungary

Vorgesehen als Operationsszenario im Fusionsreaktor ITER ist der Typ I ELM-H-Modus, ein stabiles und robustes Regime für Hochleistungsplasmen. Als Hauptproblem bei diesem Modus entpuppt sich die Leistungsabfuhr, da ein grosser Teil der aus dem Plasma abfließenden Teilchen und Energie nicht kontinuierlich, sondern in kurzen transienten Bursts ausgeworfen wird. Diese als ELMs bezeichneten Bursts werden durch Instabilitäten am Plasmarand hervorgerufen. Skalierungen prognostizieren für ELMs in ITER Spitzenwerte der Leistungsdichte bis zu einem Faktor 8 über dem Grenzwert. Abhilfe verspricht die Kontrolle der ELM-Aktivität, wobei durch eine Frequenzerhöhung die Spitzenleistungen abgemildert werden. Bei unseren Untersuchungen an ASDEX Upgrade wurden diverse Methoden zur kontrollierten Auslösung der ELMs untersucht. Am effizientesten erwies sich dabei der Einschuss von kryogenen Pellets aus festem Deuteriumbrennstoff (Abmessung von ca. 1mm). Die von den im Plasmarand verdampfenden Teilchen hervorgerufenen Störungen erzwingen dabei das Auslösen eines ELMs. Bei entsprechend hohen Repetitionsraten wird die Intensität dabei reduziert. Neben der Verbesserung der Operationseigenschaften eröffnet diese Methode zusätzlich die Möglichkeit, Eigenschaften und Dynamik der ELMs zu untersuchen.

P 3.3 Mo 15:30 1004

Filamentary Structure of Type-I ELMs — ●A. SCHMID, A. HERMANN, J. NEUHAUSER, S. GÜNTHER, T. EICH, M. MARASCHEK, V. ROHDE, and THE ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, D-85748 Garching

For next step fusion devices such as ITER, the most likely scenario will be high confinement (H-Mode) operation. This scenario is based on the formation of an edge transport barrier, which leads to a rise in edge pressure gradient. Repetitive relaxations of this transport barrier, so called edge localized modes (ELMs), give rise to a fast expulsion of energy and particles from the plasma edge. At ASDEX Upgrade, type-I ELMs expel up to 5% of the total stored plasma energy within 0.1-1ms at repetition rates in the range of 100Hz, leading to large heat fluxes to the plasma facing components.

The MHD nature of ELM energy loss results in a filamentary structure in the scrape-off layer. Understanding the evolution as well as the toroidal and radial movement of the filaments is essential for ELM model development. Here, we present results from a combination of infrared thermography, fast Langmuir and magnetic measurements on ASDEX Upgrade, based on combined Mirnov/Langmuir probes that allow for fast, simultaneous measurements of magnetic field fluctuations and ion flow at the same position.

P 3.4 Mo 15:45 1004

Rotationsabhängigkeit der Anregung der 2/1 Tearing Mode durch externe Störfelder an TEXTOR — ●KRISCHAN LÖWENBRÜCK¹, HANS RUDOLF KOSLOWSKI¹, ANDREAS KRÄMER-FLECKEN¹, YUNFENG LIANG¹, ROBERT WOLF¹, OLIVER ZIMMERMANN¹ und MANFRED VON HELLERMANN² — ¹Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Plasmaphysik, Trilateral Euregio Cluster, 52425 Jülich — ²FOM-Institute for Plasma Physics Rijnhuizen, Association EURATOM-FOM, PO Box 1207, 3430 BE Nieuwegein, The Netherlands

Die Untersuchung des Einflusses der Plasmarotation auf die Anregung der 2/1 Tearing Mode durch externe Störfelder an TEXTOR zeigt, dass eine hohe Plasmarotation sowohl in (co) als auch entgegen (counter) der Stromrichtung stabilisierend wirkt. Dahingegen ist die Abhängigkeit der Modeneinsatz-Schwelle von der Plasmarotationsfrequenz asymmetrisch, d.h. die counter-Rotation ist immer stabilisierend und ein Impulsübertrag in co-Richtung senkt zuerst die Schwelle und führt erst bei höherer Rotationsfrequenz zur Stabilisierung. Dieses Resultat scheint im Widerspruch zu den Ergebnissen an JET zu stehen. Als Erklärung wird die starke Abhängigkeit der Modenanregung von der Plasmarotation durch den Einfluss der differentiellen Rotation auf die Moden-Eindringtiefe betrachtet. Die Anregungsschwelle ist minimal, wenn die MHD-Frequenz der Mode mit der Frequenz der aufgeprägten Störung übereinstimmt. Dieses konnte durch Wechselstrombetrieb des DED direkt nachgewiesen werden und der scheinbare Widerspruch der JET- und TEXTOR-Ergebnisse lässt sich durch dieses Modell verstehen.

P 3.5 Mo 16:00 1004

Kontrolle zentraler MHD Instabilitäten an ASDEX Upgrade und ITER — •M MARASCHEK¹, G GANTENBEIN², F LEUTERER¹, A MANINI¹, A MUECK³, H ZOHM¹ und ASDEX UPGRADE TEAM¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-85748 Garching, EURATOM Assoziation — ²Institut für Plasmaforschung, D-70569 Stuttgart — ³CRPP - EPFL, CH-1015 Lausanne, EURATOM Association

Zentrale MHD Instabilitäten sind für einen zukünftigen Fusionsreaktor, wie z.B. ITER, von großer Bedeutung für die erreichbare Fusionsleistung P_{fus} . Diese ist proportional zum Quadrat des normierten Plasmadrucks β_N , der maximiert werden muß. Neoklassische Tearing Moden (NTM) treten bei hohen β_N Werten auf und limitieren das erreichbare β_N . Es ist daher von großem Interesse derartige Moden durch die Unterdrückung großer Sägezähne, die den Haupttrigger darstellen, zu vermeiden. Falls sie dennoch auftreten müssen diese stabilisiert werden, bzw. deren Einfluß muß minimiert werden. Dies wird durch lokalen Stromtrieb an der jeweiligen resonanten Fläche mittels Electron Cyclotron Current Drive (ECCD) erreicht.

Für die Effektivität der NTM Stabilisierung und der Beeinflussung von Sägezähnen spielt das Verhältnis aus Depositionsbreite d des getriebenen Stroms und der Inselbreite W eine entscheidende Rolle. Für kleine Inseln ($W/d < 1$) nimmt die Effektivität deutlich ab. Dieser Fall kann insbesondere bei ITER auftreten, weshalb die Frage ob Deposition im O-Punkt der Insel durch modulierte ECCD diesen Verlust kompensieren kann, geklärt werden soll.

P 3.6 Mo 16:15 1004

A Characterisation of Alfvénic Instabilities at ASDEX Upgrade and its use in the reconstruction of Current density profiles — •K. SASSENBERG¹, H. ZOHM², S. GUENTER², M. MARASCHEK², P. MCCARTHY¹, S. DA GRACA³, and ASDEX UPGRADE TEAM² — ¹Physics Department, University College Cork, Ireland — ²Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, EURATOM Assoc., Garching bei Muenchen — ³Centro de Fusao Nuclear, Assoc. cao EURATOM IST, Instituto Superior Tecnico, Av. Rovisco Pais, P-1049-001 Lisboa, Portugal

In a tokamak plasma, knowledge of the toroidal plasma current profile is essential for the calculation of plasma equilibrium and plasma stability against MHD phenomena. Thus the study of the MHD activity of eigenmodes can therefore reveal information about the current profile within the plasma. In a magnetised plasma, Alfvén Eigenmodes with a characteristic velocity dependent on the safety factor q and density, can be excited by fast particles produced by Ion Cyclotron Resonance Heating (ICRH) through Inverse Landau Damping. Under certain plasma conditions various types of Alfvén Eigenmodes such as the Toroidicity induced Alfvén Eigenmodes (TAE), Beta induced Alfvén Eigenmodes (BAE) and Alfvén Cascades (AC) are observed. A temporal variation of relevant plasma parameters allows a scan for these type of resonances. In addition, further experiments revealed the ability of ICRH-Beatwaves specifically, to drive the very same TAE as with fast particles. This, and the ability to sweep the Beatwave frequency makes it possible to scan the q -profile during stationary plasma conditions. Thus improving current profile reconstruction.

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. THIEME¹, R. BASNER¹, J. EHLBECK¹, J. RÖPCKE¹, H. KERSTEN¹, J.P. REID², and P.B. DAVIES³ — ¹Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik, F.-L.-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald, Germany — ²School of Chemistry, University of Bristol, Bristol BS8 1TS, UK — ³Department 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 WIESE¹, HOLGER KERSTEN¹, FLORIAN RUSKE², VOLKER SITTINGER², and RICHARD MENNER³ — ¹INP Greifswald — ²Fraunhofer IST Braunschweig — ³ZSW 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 MARKE¹, TILL WALLENDORF¹ und MICHAEL VERGÖHL² — ¹IFU GmbH, G.-Schenker-Str. 18, 09244 Lichtenau — ²FhG 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 Aussagen 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 Stellarator — ●MARTIN SCHUBERT¹ and ALEXANDER ZHEZHERA² — ¹Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, Greifswald, Germany — ²Kharkov 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⁺ 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. SZEPESE¹, E. BELONOHY¹, K. GAL¹, S. KALVIN¹, G. KOCIS¹, P.T. LANG², and ASDEX UPGRADE TEAM² — ¹KFKI-RMKI, EURATOM Association, P.O. Box 49, H-1525 Budapest-114, Hungary — ²Max-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 calculations. 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. LANG¹, P. CIERPKA¹, S. KALVIN², G. KOCIS², T. SZEPESE² und C. WITTMANN¹ — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching, Germany — ²KFKI-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 Einschluss 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^{1,2}, URSEL FANTZ^{1,2} und NNBI-TEAM² — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-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 ($j_D = 20$ mA/cm² bei 0.3 Pa). Die dazu notwendigen Ionendichten am Plasmagitter sind in der Größenordnung von $n_H \approx 10^{17}$ m⁻³. Zur Messung der erreichten negativen Wasserstoffionendichte wird das Laserdetachmentverfahren angewandt, wobei ein gepulster Nd:YAG-Laser mit einer Wellenlänge von $\lambda = 1064$ nm und einer maximalen Leistung von 50 mJ pro Puls (~ 7 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 ($f = 1$ MHz, $P_{\max} = 140$ 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 SIGENEGGER 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 verschiedene große Mikropartikel ergeben sich aufgrund der unterschiedlichen Masse und negativen Ladung verschiedene 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 — ●JULIAN 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 10x10 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 MUSSENBRÖCK¹, TIMO GANS² und VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN³ — ¹Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum — ²Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum — ³Fachbereich Physik, Universität Duisburg-Essen, D-45117 Essen

Der Mikro-Atmosphärendruck-Plasmajet (μ -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 μ -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 μ -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 μ -APPJ geben, um somit die elektrische Charakterisierung zu unterstützen.

P 4.12 Mo 17:00 Flure

Analyse anormaler Glimmentladungen mittels selbstkonsistenter Hybrid-Methode — ●F. SIGENEGGER 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 Glimlicht. Das ausgeprägt nichtlokale Verhalten der Elektronen in dem sich stark ändernden Feld äußert sich in einem beträchtlichen Energietransport vom Kathodenfall in das negative Glimlicht 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-Neutraltteilchen-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 SEMMLER¹, MICHAEL KIJOWSKI¹, PETER AWAKOWICZ¹, ACHIM VON KEUDELL², and RALF-PETER BRINKMANN³ — ¹Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl AEPT, Universitätsstrasse 150, D-44801 Bochum — ²Ruhr-Universität Bochum, Arbeitsgruppe AG2, Universitätsstrasse 150, D-44801 Bochum — ³Ruhr-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 portal 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 2×1.2 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 mithilfe eines Quadrupol-Massenspektrometers detektiert. Durch eine vorherige Absoluteichung 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 Desorptionsmessungen, 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. UHRLANDT — 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 PETERS¹, MARTIN WENDT¹, MILENA PFAFFEROTT¹, HARTMUT SCHNEIDENBACH¹, MANFRED KETTLITZ¹ und ANDREAS KLOSS² — ¹Institut für Niedertemperatur-Plasmaphysik, Friedrich-Ludwig-Jahn Str. 19, 17489 Greifswald — ²OSRAM GmbH, Hellabrunner 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 21st 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 Gesamtstrahlung 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

Energieriche negative Sauerstoffionen in kapazitiv gekoppelten RF-Plasmen — •MARTIN POLAK und JÜRGEN MEICHNER — 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 auf-treffender 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 ($< 200\text{eV}$) 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 komplexe 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. WAGNER¹, B. CLARENBACH², H.-M. KATSCH¹ und M. KRÄMER² — ¹Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Fachbereich Physik, D-45117 Essen — ²Experimentalphysik 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 Einschlussdauer. 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. WAGNER¹, YU. V. YURGELENAS², K. V. KOZLOV³, and R. BRANDENBURG⁴ — ¹Institute of Physics, University of Greifswald, Domstr. 10a, 17489 Greifswald, Germany — ²General Physics Institute, Russian Academy of Science, Vavilova str. 38, Moscow 119991, Russia — ³Department of Chemistry, Moscow State University, Moscow 119899, Russia — ⁴Institute 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 2nd positive ($\lambda = 337.1$ nm) and 1st 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. PASEDAG¹, H. - E. WAGNER¹, R. REIMER¹, T. HODER², R. WIESE³, K. V. KOZLOV⁴, A. BAALMANN⁵, G. ELLINGHORST⁵, and U. LOMMATZSCH⁵ — ¹Institute of Physics - IfP, University of Greifswald, Germany — ²Masaryk University Brno, Brno, Czech Republic — ³Institute of Low Temperature Plasma Physics - INP, Greifswald, Germany — ⁴Moscow State University, Department of Chemistry, Moscow, Russia — ⁵Fraunhofer - 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 respectively 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. RICHTER¹, KEVIN A. PEARS², MATTHIAS MARKERT², STEFFEN MARSCHMEYER¹, SIEGFRIED GÜNTHER¹, GÜNTHER WEIDNER¹, and HEIKE SILZ¹ — ¹IHP Frankfurt; Im Technologiepark 25, 15236 Frankfurt (Oder) — ²Infineon 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-O₂/N₂ plasma choice was the availability of a carbon etchant (O₂) and simultaneous passivation components (HBr and N₂). 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-O₂/N₂ did not stick to itself very well but stuck to carbon very well. Therefore, in further experiments a carbon precursor (C₂H₂) 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 CF₄ 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 CF₄ and absolute concentrations of CF, CF₂, and CF₃ 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⁻¹ was used.

Measurements in the CF₄ 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 Plasmamaterieparameter. 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 azimuthale 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 GRULKE¹, JAMES L. TERRY², BRIAN LABOMBARD², and STEWART J. ZWEBEN³ — ¹MPI for Plasma Physics, EURATOM Association, Greifswald, Germany — ²Massachusetts Institute of Technology, Plasma Science and Fusion Center, Cambridge, USA — ³Princeton 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 620 cm. 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 rationalem ι 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. RAMISCH¹, F. GREINER², N. MAHDIZADEH¹, P. MANZ², K. RAHBARNIA¹ und U. STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart — ²Institut 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. KÖHN¹, F. GREINER¹, H. HARTFUSS², E. HOLZHÄUER³, B. MAY¹, M. RAMISCH³ und U. STROTH³ — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Ass., Greifswald — ³Institut 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 eingestrahlten 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 Moden-Konversion erhöht werden kann.

P 4.33 Mo 17:00 Flure

Poloidale Wellenzahlspektren im Torsatron TJ-K — ●N. MAHDIZADEH¹, F. GREINER², E. HOLZHÄUER¹, C. LECHTE¹, M. RAMISCH¹, K. RAHBARNIA¹, S. SCHRÄMM¹ und U. STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart — ²Institut 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. MAHDIZADEH¹, F. GREINER², A. KENDL³, B. SCOTT⁴, T. HAPPEL², M. RAMISCH¹ und U. STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart — ²Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrecht-Universität Kiel, 24098 Kiel — ³Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck, A-6020 Innsbruck, Österreich — ⁴Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Euratom Association, D-85748 Garching

Im TJ-K Torsatron wurde in vielen Untersuchungen gezeigt, dass das Plasma Driftwellendynamik 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 8×8 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 signifikanten 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. FATTORINI¹, S. DA GRACA¹, P. T. LANG², M. E. MANSO¹, M. MARASCHEK², and ASDEX UPGRADE TEAM² — ¹Centro de Fusão Nuclear, Associação EURATOM / IST, Instituto Superior Técnico, Av. Rovisco Pais, P-1049-001 Lisboa, Portugal — ²Max-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 Association, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching

Die Untersuchung der Verunreinigung von Tokamak-Plasmen ist ein wichtiger Aspekt der Fusionsforschung, da die Leistungsfähigkeit künfti-

ger 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 WALDMANN¹, MANDY BAUDACH² und GERD FUSSMANN^{1,2} — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, TI Greifswald — ²Institut für Physik der Humboldt Universität zu Berlin

In einer linearen Plasmaanlage wurde außerhalb der sichtbaren Plasma säule 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 WIEGMANN¹, WOLFGANG ZWINGMANN², OLIVER ZIMMERMANN¹, DETLEV REITER¹, and ROBERT WOLF¹ — ¹Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM-Association, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany — ²Association 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 ZALACH¹, OLAF GRULKE¹, THOMAS KLINGER¹, ROMAN SCHRITTWIESER² und CODRINA IONITA-SCHRITTWIESER² — ¹Max-Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Greifswald — ²Institut für Ionenphysik, Leopold-Franzens Universität, Innsbruck

Emissive Sonden ermöglichen eine direkte Messung des Plasmapotentials und sind unempfindlich gegenüber nichtthermischen Plasmakomponenten. Ihr Anwendungsgebiet deckt dabei sowohl Niedertemperatur-

als 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 ($\lambda = 808$ nm) verwendet, um ein LaB_6 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 ($\text{LaB}_6, \text{C}, \text{W}$). 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.

P 5 Plenarvortrag II: K. Lackner

Zeit: Dienstag 08:30–09:15

Raum: 1002

Physikalische Probleme heißer Plasmen — Der Beitragstext ist im Bereich Plenarvorträge abgedruckt.

P 6 Hauptvortrag 1: Plasmatechnologie

Zeit: Dienstag 09:20–10:00

Raum: 1002

Hauptvortrag

P 6.1 Di 09:20 1002

In-situ Spectroscopic and Kelvin Probe Studies of the Modification of Passive Films on Metals in Vacuum and Atmospheric Pressure Plasmas — •GUIDO GRUNDMEIER, MIROSLAW GIZA, and TOBIAS TITZ — MPI für Eisenforschung, Max-Planck-Str. 1, 40237 Düsseldorf

Low temperature plasma processes are of increasing interest for the surface modification of engineering metals. Many studies have been devoted to the deposition of thin protective, adhesion promoting or biocompatible films on oxide covered metals. Since the adhesive properties as well as the corrosion behaviour of metals strongly depend on the chemical composition, morphology and electronic structure of their oxides, it is of interest to study processes of oxide modification on metals in reducing and ox-

idising plasmas and, moreover, the stability of these modified oxides in contact with the underlying metal and with the environment. Two in-situ analytical set-ups have been designed that allow studies of the plasma modification as well as ageing processes of modified oxides in defined environments. The in-situ set-up for low and atmospheric pressure plasma studies combines a quartz crystal microbalance, grazing incidence FTIR spectroscopy and a Kelvin Probe. For UHV studies the in-situ cell consists of Auger Spectroscopy in combination with a Kelvin Probe and is connected to an UHV system with ToF-SIMS, XPS and STM. The presentation will cover passive film structures, the design of in-situ analytical set-ups, oxide modifications in low and atmospheric pressure plasmas, the stability of these modified oxides and finally the relevance of the oxide modification for polymer/metal adhesion.

P 7 Hauptvortrag 2: Diagnostik

Zeit: Dienstag 09:20–10:00

Raum: 1004

Hauptvortrag

P 7.1 Di 09:20 1004

Plasmadiagnostik mit Mikrowellen — •HANS-JÜRGEN HARTFUSS — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 17491 Greifswald

Verfahren zur Diagnostik von Plasmen unter Verwendung von Mikrowellen zählen seit Jahren zu den Standarddiagnostiken in der fusionsorientierten Plasmaphysik. Sie werden grundsätzlich genau so auch zur Sondierung der Ionosphäre verwendet, wo sie eine ähnliche Bedeutung haben, teilweise hier auch zuerst angewendet worden sind. Sowohl aktive Methoden, bei denen mit Hilfe eines Mikrowellensignals die dielektrischen Eigenschaften des Plasmas bestimmt werden, als auch passive Methoden, die die Zyklotronstrahlung eines magnetisierten Plasmas analysieren, werden angewendet. Die gewonnenen Informationen geben Auskunft

über die Elektronenkomponente des Plasmas, die entscheidend dessen dielektrische Eigenschaften, seine Cut-off-Frequenzen und Resonanzen bestimmt. Im Vortrag werden die Prinzipien und die Möglichkeiten der einzelnen aktiven Messverfahren Interferometrie, Polarimetrie, Reflektometrie und Streuung sowie das passive Verfahren ECE erläutert und auf aktuelle Weiterentwicklungen wie Dispersionsinterferometrie, Doppler-Reflektometrie, Cotton-Mouton-Polarimetrie und EBE hingewiesen und typische Messbeispiele aus Fusions- und Ionosphärenforschung gezeigt. Wegen ihrer grundsätzlich hohen Zeitauflösung werden Mikrowellendiagnostiken vorteilhaft auch bei Turbulenzuntersuchungen eingesetzt. Die neuesten technischen Entwicklungen haben insbesondere in diesem Bereich wichtige Fortschritte möglich gemacht.

P 8 Hauptvortrag 3: Niedertemperaturplasmen

Zeit: Dienstag 10:30–11:10

Raum: 1002

Hauptvortrag

P 8.1 Di 10:30 1002

Numerical characterization of dual frequency capacitively coupled hydrogen plasmas — •AUREL SALABAS — Theoretical Electrical Engineering, Ruhr-University Bochum, Universitätsstr. 150, D-44801 Bochum, Germany

In this work we report on results from a numerical investigation of dual frequency capacitively coupled plasmas. The calculations simulate H_2 discharges produced by a combination of two rf sources with the frequency

in the domain 2 – 60 MHz, at pressures $p = 150 - 500$ mTorr and for $V_{rf} = 25 - 1000$ V applied voltages. A recently developed two-dimensional fluid model is used to provide information about the space-time evolution of the main physical quantities: electron density, electron mean energy, plasma potential, ionization rate; other parameters such as the self-bias voltages and the coupled electrical power are also calculated. For single frequency discharges, the model has been tested against measurements; and a good agreement has been found.

Here we provide a comparative analysis between single and dual frequency discharges. For dual frequency discharges, the influence of geometry, frequency, pressure, and applied voltages on the plasma parameters is discussed. The results reproduce well the behavior of the physical quantities (e.g. the modulation of the plasma potential) and are in agreement

with other analytical and numerical studies. The model predictions indicate also that the combination of the two frequencies leads to a space-time modulated structure of the ionization maxima, with considerable ionization processes occurring within the bulk region.

P 9 Hauptvortrag 4: Magnetischer Einschluß

Zeit: Dienstag 10:30–11:10

Raum: 1004

Hauptvortrag

P 9.1 Di 10:30 1004

Zonenströmungen und Turbulenz am Plasmarand — ●ALEXANDER KENDL — Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck

Aus Turbulenz in magnetisch eingeschlossenen Plasmen können sich selbst regulierende mesoskopische Strukturen bilden. Diese Zonenströmungen haben besonders am Plasmarand einen wesentlichen Ein-

fluss auf Transport und Einschlussverhalten. Durch numerische Simulation von Driftwellenturbulenz können die zugrunde liegenden Mechanismen der Kopplung kleinskaliger Wirbel mit den langlebigen Strömungen durch Reynoldsspannung, Maxwellspannung und geodätisch-akustische Oszillationen geklärt werden. Die Form der Flussflächen in Tokamaks und Stellaratoren hat dabei einen wesentlichen Einfluss auf Strömungen und turbulenten Transport.

P 10 Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 3

Zeit: Dienstag 11:15–13:00

Raum: 1002

Fachvortrag

P 10.1 Di 11:15 1002

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

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

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

P 10.2 Di 11:45 1002

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

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

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

P 10.3 Di 12:00 1002

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

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

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

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

P 10.4 Di 12:15 1002

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

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

P 10.5 Di 12:30 1002

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

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

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

P 10.6 Di 12:45 1002

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

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

P 11 Magnetischer Einschluß 3

Zeit: Dienstag 11:15–13:00

Raum: 1004

Fachvortrag

P 11.1 Di 11:15 1004

Modelling and comparison with experiment of radial profiles in a tokamak with magnetic field stochasticization — •XAVIER LOOZEN, D. KALUPIN, M.Z. TOKAR, O. MARCHUK, M. JAKUBOWSKI, and R. WOLF — Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM-Association, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany

A deliberate stochasticization of the magnetic field in tokamaks with Ergodic Divertors (ED) modifies essentially the transport properties at the plasma edge by permitting a radial transfer of particles and heat along stochastic field lines and affecting anomalous transport perpendicular to them. The latter is determined by different kinds of micro-instabilities including drift Alfvén, drift resistive and drift resistive ballooning unstable modes.

A model for the effective transport coefficients in a stochastic magnetic field, taking into account both the anomalous nature of perpendicular transfer and parallel flows, is elaborated. Since this model needs anomalous transport coefficients, a model for anomalous transport is established, based on a quasi-linear fluid model for the micro-instabilities. These anomalous coefficients are compared with some others from the literature.

This transport model is included into the 1.5D transport code RITM for self-consistent calculations of the radial profiles of different plasma parameters. Computations for TEXTOR, with and without Dynamic Ergodic Divertor (DED) are presented, and the modifications of the plasma parameter profiles are discussed and compared with experimental data.

P 11.2 Di 11:45 1004

Tokamak Edge Turbulence in a Self Consistent Equilibrium — •BRUCE SCOTT — Max-Planck-IPP, Euratom Association, Garching, Germany

Tokamak edge turbulence is studied using three dimensional computations within low frequency gyrofluid and gyrokinetic models. The new feature is the simultaneous treatment of a time-dependently self consistent magnetic equilibrium. During major transition events such as large bursts the pressure gradient changes by as much as 50 percent, and the equilibrium follows, including flows and heat fluxes as well as the Pfirsch-Schlüter current. With a fixed heat source above a certain threshold, the turbulence/transport equilibrium is non-steady with most of the transport occurring in large bursts lasting for about one diamagnetic transit time and with a transport peak to trough ratio approaching one order of magnitude. Both results are commensurate with burst events observed in the edge regions of high performance tokamaks. The bursts are associated with the breakdown of the equilibrium, including destruction of the radial electric field shear layer, rather than the emergence of any new instability. The gyrofluid computations are carried for several edge-

layer confinement times. The gyrokinetic ones are shorter but find similar behaviour.

P 11.3 Di 12:00 1004

Turbulente magnetische Fluktuationen in TJ-K — •K. RAHBARNIA¹, C. ELSNER², F. GREINER³, E. HOLZHAUER¹, A. KENDL⁴, N. MAHDIZADEH¹, M. RAMISCH¹, B. SCOTT⁵ und U. STROTH¹ — ¹Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, 70569 Stuttgart — ²Institut für BioMolekulare Optik, Universität München — ³Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Kiel — ⁴Institut für Theoretische Physik, Universität Innsbruck — ⁵Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Garching

Neben elektrostatischen Fluktuationen von Dichte und Potential sind magnetische Fluktuationen ein wichtiger Aspekt für Untersuchungen turbulenter Prozesse in Plasmen. Deren Verständnis ist unter anderem Voraussetzung für Stabilität und guten Einschluss von Fusionsplasmen. Frühere Untersuchungen haben gezeigt, dass in TJ-K Driftwelleninstabilitäten die Turbulenz treiben. In dieser Arbeit werden die mit Hilfe von Magnetfeldsonden gemessenen Spektren magnetischer Fluktuationen präsentiert. Ein Vergleich der experimentellen Daten mit denen aus dem Turbulenzsimulationscode Dalf3 erhaltenen Ergebnissen liefert in weiten Bereichen eine gute Übereinstimmung. Dies deutet auf eine parallele Dynamik der Driftwellen-Turbulenz hin, die für parallele Ströme verantwortlich ist und so die elektromagnetische Komponente der Turbulenz erzeugt. Für das Experiment TJ-K sind Dichten bis zu $5 \times 10^{17} \text{ m}^{-3}$, Elektronentemperaturen bis zu 15 eV und Iontentemperaturen $T_i \leq 1 \text{ eV}$ üblich. Die Entladungen werden mit ECRH in Argon, Helium, Deuterium und Wasserstoff generiert.

P 11.4 Di 12:15 1004

Plasmadynamik von Einschlussgebiet und Randschicht — •T. HAPPEL¹, F. GREINER¹, N. MAHDIZADEH², M. RAMISCH² und U. STROTH² — ¹IEAP, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel — ²IPF, Universität Stuttgart

Die Niedertemperaturplasmen im Torsatron TJ-K werden durch Driftwellendynamik dominiert. Im Gegensatz zu Fusionsplasmen ist eine Untersuchung des Plasmas mit Langmuir-Sonden im gesamten Plasmaquerschnitt möglich. Die Untersuchungen sind, weil das Plasma ähnliche dimensionslose Parameter wie die Randschicht von Fusionsplasmen hat, relevant für die Fusionsforschung.

Für die Untersuchungen dieser Arbeit wurde die Größe des im TJ-K eingeschlossenen Plasmas durch einen massiven Limiter verkleinert. Es entsteht so eine mit Langmuir-Sonden sehr gut untersuchbare "breite" Plasmarandschicht. Die mit Hilfe von Konditionellem Mitteln aus den Fluktuationen von Dichte und Potential extrahierten stochastisch auftretenden kohärenten Strukturen zeigen im reduzierten Einschlussgebiet unverändert Driftwellendynamik. Es zeigt sich, dass die Dynamik in

der Plasmarandschicht fast ausschließlich durch "Drift"-Strukturen aus dem Einschlußgebiet gespeist wird. Diese Strukturen, die bei Verlassen des Einschlußgebietes ihren Antriebsmechanismus (Dichtegradient) verlieren, zeigen alle Anzeichen von krümmungsgetriebenen Instabilitäten und werden mit der Hintergrund-ExB-Drift konvektiert. Die Dynamik im Übergang zwischen Einschlußgebiet und Randschicht mit ihrer starken Geschwindigkeitsverscherung kann so erstmalig in allen Details visualisiert und analysiert werden.

P 11.5 Di 12:30 1004

Core turbulence measurements on ASDEX Upgrade using Doppler reflectometry — ●C. TRÖSTER, G.D. CONWAY, H. ZOHN, J. SCHIRMER, W. SUTTROP, and THE ASDEX UPGRADE TEAM — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, D-85748 Garching

The study and characterization of plasma turbulence is of great importance for understanding tokamak confinement, since turbulence is believed to be responsible for anomalous transport. Localized measurements of the turbulence (frequency and wavenumber spectra, turbulence amplitude, etc.) are necessary to identify and fully characterize the plasma turbulence. A diagnostic technique capable of providing all these measurements is Doppler reflectometry - which is a type of microwave radar with a tilted antenna sensitive to radially localized Bragg scattering. The measured Doppler frequency shift is directly proportional to the perpendicular plasma rotation, from which the radial electric field (E_r) and the E_r -shear can be obtained. Here, we discuss the diagnostic capabilities on

ASDEX Upgrade with illustrative results, and planned hardware extensions - multiple reflectometer channels to increase radial coverage from edge to core and a steerable antenna for dynamic wavenumber selection up to 16 cm^{-1} .

P 11.6 Di 12:45 1004

Intermittenter Transport in Linearer Magnetfeldgeometrie — ●THOMAS WINDISCH, OLAF GRULKE und THOMAS KLINGER — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 17491 Greifswald

Der turbulente Transport von Energie und Plasmateilchen in der fernen Abschälsschicht (SOL) von Fusionsanlagen mit toroidaler Magnetfeldgeometrie beeinflusst die globale Plasmastabilität. Der konvektive Transport wird dominiert von intermittenten raum-zeitlichen Strukturen, die radial in die SOL propagieren [1]. Diese Eigenschaft kann u.a. durch die Krümmung des Magnetfeldes erklärt werden [2].

Aktuelle Experimente geben allerdings Hinweise auf die Existenz von radial propagierenden Strukturen in Anlagen mit linearer Magnetfeldgeometrie [3]. Der Vortrag präsentiert eine Charakterisierung des turbulenten Transports im linear magnetisierten Helikon-Experiment VINE-TA. In der Driftwellenturbulenz werden die Propagationseigenschaften von raum-zeitlichen Strukturen in einem Limiterschatten durch zweidimensionale Sondenmessungen und statistische Methoden analysiert.

[1] J.L. Terry et al., Phys. Plasmas 10, 1739 (2002)

[2] D.A. D'Ippolito et al., Phys. Plasmas 9, 222 (2002)

[3] G.Y. Antar et al., Phys. Rev. Lett. 87, 065001 (2001)

P 12 Plenarvortrag III: H. Hilgers

Zeit: Dienstag 14:00–14:45

Raum: 1002

NANOFUNK - Plasma-Oberflächenmodifizierung von Grenzflächen — Der Beitragstext ist im Bereich Plenarvorträge abgedruckt.

P 13 Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 4

Zeit: Dienstag 14:45–16:30

Raum: 1002

Fachvortrag

P 13.1 Di 14:45 1002

Analysis of SiO₂-like Plasma Polymerized Barrier Layers — ●M. LEINS, M. WALKER, A. SCHULZ, U. SCHUMACHER, and U. STROTH — Universität Stuttgart, Institut für Plasmaforschung, Pfaffenwaldring 31, D-70569 Stuttgart

Today polymers are used more and more for food packaging materials because of their numerous advantages such as low specific weight and environmental compatibility. However, these food packaging materials also show some disadvantages: soft drinks may lose CO₂ and atmospheric oxygen may penetrate from outside and oxidize constituents of the food. By coating the inside of the packaging with a silica like barrier, these negative effects are reduced while maintaining all advantages of plastic packaging. This study covers the deposition of such SiO₂-like barrier layers on polyethyleneterephthalate (PET, thickness: 26 μm) using an Electron Cyclotron Resonance (ECR) heated microwave plasma in pulsed mode. The plasma source allows a homogeneous deposition of about 100 nm thickness on large areas (several dm²). An organo-silicon compound – hexamethyldisiloxane (HMDSO) – and oxygen were utilized as deposition gases. The external parameters aspect ratio, gas mixture and thickness of the layer were varied. The oxygen permeation properties were measured with the carrier-gas method as a function of time. For a pulse pause ratio of 500 μs to 500 μs and a gas mixture of O₂ to HMDSO of 20:1 the permeation could be reduced by more than one order of magnitude. To explain the results, the layers were characterized by infrared absorption spectroscopy (FTIR) and scanning electron microscopy (SEM).

P 13.2 Di 15:15 1002

Charakterisierung von a-Si:H-Schichten als Haftvermittler zwischen Metallen und DLC-Schichten — ●JANINE-CHRISTINA SCHAUER und JÖRG WINTER — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum

Wir untersuchen die Eigenschaften binärer Systeme bestehend aus amorphen Silizium- (a-Si:H) und amorphen Kohlenstoff- (a-C:H) Schichten auf Metallsubstraten. Die amorphe Siliziumschicht dient hierbei als Haftvermittlerschicht zwischen dem Metallsubstrat und der DLC-Schicht

(diamond like carbon), da diese nur schwer auf Metallen haften. Die Schichten werden in einem kapazitiv gekoppelten Plasma in einer GEC-Zelle bei 13.56 MHz abgeschieden. Als Precursorgase dienen hierbei Silan und Acetylen. Als Substrate werden Scheiben aus Nickel, Edelstahl und Kupfer verwendet, die vor dem Beschichten mit einer Standardprozedur mechanisch poliert werden. Schichtdicke und optische Eigenschaften der Schichten werden mit ex-situ Ellipsometrie gemessen, die Oberflächenrauigkeit sowohl der Substrate als auch der Schichten mit AFM und einem Profilometer. Die Zusammensetzung der Schichten wird mit thermischer Desorptionsspektroskopie untersucht (siehe Poster von Raphaela Weiß). Während des Beschichtungsprozesses kann das Substrat auf bis zu 300°C geheizt werden. Der Einfluss der Substrattemperatur auf den Wasserstoffgehalt der Schichten wurde mit FTIR untersucht.

P 13.3 Di 15:30 1002

Untersuchung plasmatechnischer Sterilisationsmechanismen mittels Teilchenquellen — ●JÖRN OPRETZKA¹, PETER AWAKOWICZ¹, ACHIM VON KEUDELL² und JAN BENEDIKT² — ¹Institut für Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, Ruhr-Universität Bochum — ²Arbeitsgruppe Reaktive Plasmen, Ruhr-Universität Bochum

Die niedrige Prozesstemperatur und der Verzicht auf toxische Stoffe machen Plasmaverfahren zur Sterilisation vieler Werkstoffe besonders interessant. Die Komplexität des Mediums "Plasma" erschwert jedoch eine gezielte Optimierung der Verfahren. Zur Untersuchung der größtenteils unbekannten bzw. nicht quantifizierten Sterilisationsmechanismen ist es notwendig, diese trennen und Parameter, wie z.B. die UV-Spektralverteilung oder Ionenflüsse gezielt beeinflussen zu können. Dazu wurde eine Vakuumkammer aufgebaut, an der absolut kalibrierte Quellen für Ionen, Neutralteilchen und UV-Licht angeschlossen sind, deren Flussdichten die mit denen von typischen HF-Niederdruckplasmen vergleichbar sind. Die Trennung der Spezies ermöglicht die Untersuchung der Wirkung einzelner Teilchensorten, sowie deren Kombination. Auf der Basis mikrobiologischer Untersuchungen an verschiedenen Testkeimen (B. subtilis Endosporen, A. niger) werden die Wirkungen der einzelnen Quellen quantitativ ausgewertet. Die Ergebnisse sollen zur Optimierung von Prozessplasmen genutzt werden.

Das Projekt wird von der EU unter dem Akronym BIODECON gefördert. Die Arbeiten entstanden in in Zusammenarbeit mit der Arbeitsgruppe Reaktive Plasmen, RUB, dem Fraunhofer IVV, Freising und der Firma Heraeus Noblelight, Hanau.

P 13.4 Di 15:45 1002

Aufbau und Optimierung eines 10 kW, 13,56 MHz Plasmagenerators — •JULIAN SCHUNK, MARCUS IBERLER, JOACHIM JACOBY, CHRISTIAN TESKE und JÖRG WIECHULA — Institut für Angewandte Physik, Johann Wolfgang Goethe-Universität, Frankfurt am Main

Schwerpunkt dieser Arbeit ist der Aufbau, die Erzeugung und Untersuchung eines hochfrequenz-angeregten Plasmas. Zur Plasmaerzeugung steht ein 10 kW Hochfrequenzsender mit einer Festfrequenz von 13,56 MHz zu Verfügung. Eine Impedanzanpassung des gesamten Schwingkreises wird mittels einer zusätzlichen Matchbox durchgeführt. Ziel dieser Arbeit ist bei vorgegebener Frequenz und einer festen Leistung eine effiziente Energieankopplung an das Plasma zu erzielen. Untersucht werden nun verschiedene induktive und kapazitive Methoden der Leistungseinkopplung in das Plasma. Mit Hilfe von elektrischen- und spektroskopischen Messungen werden nun die zu den jeweiligen Antennenkonfigurationen gehörigen Plasmamparameter ermittelt.

P 13.5 Di 16:00 1002

First Silicon Solar Cell produced by Plasma Methods — •AMIR H. SARI¹, HEINRICH HORA², MAHMOUD GHORANNEVIS¹, MAHMOUD R. HANTEHADEH¹, and REINHARD HOEPFL³ — ¹Plasma Physics Res. Ctr., Free Islamic Univ., Tehran — ²Theoret. Physics, Univ. NSW, Sydney — ³FH Deggendorf

When high density electron beams of 50 to 75 keV energy were producing defects in n-type silicon as measured from p-n junctions there resulted in a hefty controversy with the Purdue School (Lark-Horowitz) since it was standard knowledge that electrons needed more than 200 MeV energy to remove an Si-atom from its lattice position. After the subthreshold defect generation was confirmed and perhaps caused

by a plasmon mechanism, the application for producing solar cells without the usual very aggressive and poison chemicals from inorganic as well as from organic semiconductors was an aim, but it first needed the cooperation between Australia, Iran and Germany until the first silicon solar cells were produced. It was essential that for this plasma-method, a new type of an electron beam for the electron energy and the necessary intensities was developed. Further details are reported. H. Hora, Z. Angew. Physik, 14, 9 (1962); Hinckley et al, Physica Status Solidi 51A, 419 (1979); A.H. Sari et al. Laser and Particle Beams, 23, 467 (2005)

P 13.6 Di 16:15 1002

A multichannel pyrometric system for experiments with high energy density (HED) matter generated by intense heavy ion beam — •PAVEL NI — 64291, Planckstrasse 1, Plasmaphysik, GSI-Darmstadt

A fast multi-channel radiation pyrometer has been developed for precise temperature measurements of high-energy-density (HED) matter generated by intense heavy ion beams. Time evolution of thermal radiation emitted by a beam-heated target matter during heating and cooling phases is recorded at 11 wavelengths in visible and near-infrared spectral regions with 5 ns temporal resolution. Emission is collected from a 400 μm spot at the target surface by an objective made from two off-axis parabolic mirrors and transmitted to the spectral analyser via quartz fibers. Signals from detectors are recorded by a 24-channel digitizer. Absolute calibration of each channel gives immediately values of brightness temperatures and allows approximation to the true temperature by fitting all records to the Planck formula taking in account the emissivity correction. The developed instrument has been successfully used in recent HIHEX experiments at GSI-Darmstadt. In these experiments, intense ($2\text{--}4 \times 10^9$ ions, compressed to 130–250 ns bunches) beams of ^{238}U ions uniformly heated thin (250 μm) foils of various metals, including lead, tin, tungsten, tantalum, aluminium and copper. The measured target temperatures were in the range from 1800 K to 10000 K.

P 14 Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen 1

Zeit: Dienstag 14:45–16:30

Raum: 1004

P 14.1 Di 14:45 1004

Thomson scattering in VUV-FEL plasma experiments — •ROBERT THIELE, CARSTEN FORTMANN, ARNE HÖLL, RONALD REDMER, HEIDI REINHOLZ, and GERD RÖPKE — Universität Rostock, Institut für Physik, Universitätsplatz 3, 18055 Rostock

Photon scattering off charged plasma constituents provides an important insight into fundamental plasma properties. Thomson scattering has been established as a diagnostic tool to probe electronic density fluctuations in the plasma. High energetic photons in the 40 eV region with high brilliance as provided by a VUV-FEL, e.g. at DESY Hamburg, allow to investigate matter close to solid state densities. Our theoretical considerations will contribute to the development of future Thomson scattering experiments [1]. We describe the electronic density fluctuations by the dielectric function which is calculated in different approximations and related to the Thomson scattering cross section. It is shown that electron-ion collisions can yield significant corrections to the RPA scattering cross section at certain temperatures and densities [2]. Furthermore, a careful description of Bremsstrahlung as thermal background radiation is needed to discriminate it from the Thomson scattering signal.

[1] A. Höll, R. Redmer, G. Röpke and H. Reinholz, Eur. Phys. J. D **29**, 159–162 (2004)

[2] H. Reinholz, R. Redmer, G. Röpke, A. Wierling, Phys. Rev. E **62**, 5648 (2000)

P 14.2 Di 15:00 1004

Generation of Quasi-monoenergetic Electron Bunches with 80-fs Laser Pulses — •BERNHARD HIDDING¹, KAY-UWE AMTHOR², BEN LIESFELD², HEINRICH SCHWOERER², STEFAN KARSCH³, MICHAEL GEISSLER³, LASZLO VEISZ³, KARL SCHMID^{3,4}, GEORG PRETZLER¹, and ROLAND SAUERBREY² — ¹Institut für Laser- und Plasmaphysik, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, 40225 Düsseldorf, Germany — ²Institut für Optik und Quantenelektronik, Friedrich-Schiller-Universität Jena, 07743 Jena, Germany — ³Max-Planck-Institut für Quantenoptik, 85748 Garching, Germany — ⁴Department für Physik, Ludwig-Maximilians-Universität München, 85748 Garching, Germany

Highly collimated, quasi-monoenergetic multi-MeV electron bunches were generated by the interaction of tightly focused, 80-fs laser pulses with a high-pressure gas jet. These monoenergetic bunches are characteristic of wakefield acceleration in the highly nonlinear broken wave regime, which was previously thought to be accessible only by much shorter laser pulses in thinner plasmas. In our experiment, the initially long laser pulse was modified in under-dense plasma to match the necessary conditions. This picture is confirmed by semi-analytical scaling laws and 3D particle-in-cell (PIC) simulations. Our results show that laser-plasma-interaction can drive itself towards this type of laser wakefield acceleration even if the initial laser and plasma parameters are outside the required regime.

P 14.3 Di 15:15 1004

Studies of Skind Layer Accelerated Plasma Blocks — •JAN BADZIAK¹, HEINRICH HORA², and JIE ZHANG³ — ¹Inst. Plasma Phys. and Laser Microfusion, Warsaw — ²Theor. Physics, Univ. NSW, Sydney, Australia — ³Inst. Physics, Chinese Acad. Sci., Beijing

The ignition of deuterium-tritium fuel at densities at or above the solid state for very high energy gain controlled reactions is one of the options to be explored with the new PW-ps laser techniques of fast ignition (FI). Based on ion emission from solids with TW-ps laser pulses, the skin layer acceleration (SLA) by the nonlinear (ponderomotive) force was discovered under the conditions that very clean laser pulses with a suppression of prepulses by a factor 108 (contrast ratio) were applied. This resulted in ion current densities in the space charge neutral blocks exceeding 10^{11} Amps/cm². Similar observations from x-ray emission could be explained in the same way that the clean pulses avoided the otherwise usual relativistic self-focusing while TW-ps laser pulses from the Schaefer method automatically demonstrated the SLA mechanism with relativistic self focusing as seen from the nonlinear force acceleration of the generated plasma. Latest results on these developments are presented. H. Hora, J. Badziak et al Opt. Comm. 207, 333 (2002); J. Badziak, H. Hora et al, Phys. Letters, A315, 452 (2003); P. Zhang et al, E57, 3746 (1998); R. Sauerbrey, Phys. Plasma 3, 4712 (1996)

P 14.4 Di 15:30 1004

Lasergeheizte Hohlräume: Strahlungskonverter für die Erzeugung homogener Plasmen — •GABRIEL SCHAUMANN¹, THOMAS HESSLING¹, ABEL BLAZEVIC¹, ALEXANDER PELKA¹, OLGA ROSMEJ² und MARKUS ROTH¹ — ¹TU-Darmstadt — ²GSI

An der Gesellschaft für Schwerionenforschung werden Experimente zur Wechselwirkung von schweren Ionen mit lasererzeugten Plasmen hoher Dichte und Temperatur durchgeführt. Eine Möglichkeit räumlich homogene Plasmen hoher Dichte zu erzeugen, ist die Verwendung eines Hohlraums um die Laserstrahlung in thermische Strahlung zu konvertieren und damit das Target zu heizen. Erste Experimente zur Charakterisierung der Hohlraumstrahlung wurden mit dem Lasersystem nhelix durchgeführt. Mit zeitaufgelöster Röntgenspektroskopie konnte eine Temperatur der Röntgenstrahlungsquelle bestimmt werden. Die Arbeit wird durch hydrodynamische Simulationen für verschiedene Konvergenzgeometrien durch unsere Kollaborationspartner in Sarov (Russland) unterstützt.

P 14.5 Di 15:45 1004

Spectroscopic investigations of the heavy ion charge state dynamics in solid and gaseous targets — •KOROSTIY SVITLANA¹, ROSMEJ OLGA¹, BLAZEVIC ABEL², FERTMAN ALEXANDER³, TURTIKOV VLADIMIR³, PIKUZ SERGEY⁴, MUTIN TIMOFEY³, EFREMOV VLADIMIR⁴, SHEVELKO VIATCHESLAV⁵, and HOFFMANN DIETER^{1,2} — ¹Gesellschaft für Scherionenforschung, GSI, Department of Plasma Physics, Darmstadt, Germany — ²Technical University, Darmstadt, Germany — ³Institute of Experimental and Theoretical Physics, Moscow, Russia — ⁴Institute for High Energy Density, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia — ⁵Lebedev Institute, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

The study of heavy ion stopping dynamics using the X-ray spectroscopy of K-shell projectile radiation is at the focus of our researches. 5.9 and 11.4 MeV/u Ca ions were slowed down in silica aerogels and 1.9 Bar Ne gas. The characteristic emission of ions in photon range of 3-4 MeV/u was registered by means focusing spectrometers with spatial resolution. To determine the ion velocity dynamics along the ion beam trajectory inside the interaction volume the Doppler Effect was used. Silica aerogels with low densities of 0.01-0.15 g/cc allowed stretching the ion stopping range and resolved dynamics of stopping inside solid target. The charge state distribution measured in gaseous target has shown the difference in comparison with solids. The theoretical calculations were done to prove the evidence of gas-solid effect.

P 14.6 Di 16:00 1004

Characteristics of high temperature plasmas with low flux lasers — •GONZALO RODRÍGUEZ PRIETO¹, GABRIEL SCHAUMANN^{1,2}, THOMAS HESSLING^{1,2}, ABEL BLAZEVIC^{1,2}, MARIUS SCHOLLMEIER¹, SVITLANA KOROSTIY^{1,2}, and DIETER H. H. HOFFMANN^{1,2} — ¹GSI, Plankstrasse 1 64291 DA — ²TU Darmstadt, Institut für Kernphysik

Experimental studies with the nhelix laser facility in GSI generating a Magnesium plasma were performed. At these experiments X-ray and UV spectrometers together with visible streak and X-ray pinhole cameras have been used to characterize the plasma. Even with low laser fluxes (10^{11} W/cm^2) high temperature plasmas could be obtained due to special focus geometry. The plasma was created with an annular flux with the focus at a plane in front of the target surface. The plasma emission follows a gaussian emission law with two well defined plasma regions: a bigger and colder region close to the target, and the small high temperature region in the best focus. The influence of the intensity focal distribution and the focus position with respect to the target on the plasma characteristics was also studied. The plasma emission cone could be converted from a gaussian shape to a cylinder, if the focus is located not directly on the target but some hundred micrometers in front of it. In this configuration the plasma expands to bigger volumes but with lower temperatures.

P 14.7 Di 16:15 1004

Beam Emittance Measurement and Plasma Channel Properties for Channel-based Ion Beam Transport — •RENATE KNOBLOCH-MAAS¹, STEPHAN NEFF¹, ANDREAS TAUSCHWITZ², and D.H.H. HOFFMANN^{1,2} — ¹TU Darmstadt, FB Physik, Schloßgartenstr. 9, 64289 Darmstadt — ²GSI, Planckstr. 1, 64291 Darmstadt

Plasma-channel-based beam transport for heavy-ion-beam-driven inertial fusion is a promising final transport concept. Measurements of channel properties and ion beam emittance after transport were conducted at GSI.

The properties of ion-beam-induced plasma channels in several gases were studied for a wide range of pressure and voltage for a channel length of 106 cm. A comparison of different background gases shows that high-Z noble gases are more suitable to create channels for beam transport than low-Z noble gases or nitrogen. Laser-induced plasma channels were also analyzed.

The results of measurements of the beam emittance behind the channel during beam transport demonstrate the feasibility of measuring beam emittance after a transport channel in a single shot. The data indicate no changes in the emittance within statistical errors.

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 MUSSENBROCK, 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, Callinstr. 38, 30167 Hannover — ²Zentrum für Gravitationsphysik, Callinstr. 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 MEICHNER¹ — 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 — ●ŽELJKO 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 ortsaufgelöste 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 MUSSENBRÖCK 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 Prozesserfolg 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 and 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 gespeisten Elektrode einer kapazitiv gekoppelten RF-Entladung — •KRISTIAN DITTMANN und JÜRGEN MEICHNER — 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 ortsauflösenden Messungen der Emissionsintensitäten 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 Schwereteilchenstößen vor der RF-Elektrode und Elektronenstößen infolge der Plasmagrenzschichtdynamik.

P 15.14 Di 17:00 Flure

HF-Entladungsplasma 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 Plasmamparameter 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 Plasmamparameter, 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 Strahl-optik 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 Strahl-optik 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 DUDEK, 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 Abtrageeffizienz durch Leistungseinkopplung in das Plasma variiert und durch Wägeteilevergleiche 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 Zersetzungs-raten 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 Barrierenentladungen entwickelt. In den Untersuchungen wurden Aldehyde als wesentliche Geruchskomponenten 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 Pulswiederholrate von 10 kHz betrieben. Als Spannungsquelle diente ein Fourier-Synthese Impulsgenerator 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 Lichtwerbungbranche. 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 Entladungsplasmas 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 Boltzmanngleichung 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 Poissongleichung für das radiale Raumladungspotenzial, der Strombilanzgleichung zur Bestimmung des axialen elektrischen Feldes und der zeitabhängigen, räumlich inhomogenen Boltzmanngleichung, 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. Elektrodlose 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 Boltzmanngleichung 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 10^{16} 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 $80 \times 70 \text{ cm}^2$ großen Extraktionsgitter nachgewiesen werden. Dies erfordert neben der Zeitauflösung des gepulsten Plasmas auch simultane, ortsauflösende Messungen, welche durch die Verwendung von sehr empfindlichen 3 Kanal-Übersichtsspektrometern (200-870nm) erreicht werden können. Erste Ergebnisse zur Anwendung dieser Systeme für die ortsauflösende 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 KEMPKE¹, 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 Multipolfeldanschluss befindet. In die Kammer diffundiert das gepulste Argonplasma ($\tau_{pulse} = 3 - 8 \text{ ms}$, $f_{pulse} = 25/50 \text{ Hz}$, $P_{RF} <$

2 kW, $f_{RF} = 13.56$ MHz, $n_e \approx 10^{18} \text{ m}^{-3}$, $T_e \approx 2 \text{ eV}$) einer Helikonentladung. Für die Messung der zeitlichen und räumlichen Elektronendichte und -temperatur bzw. Elektronenenergieverteilungsfunktion (EEVF) wird ein Imm-Interferometer und eine passiv kompensierte Langmuir-sonde 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 (CH₄, C₂H_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 C₁- und C₂-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 CH₄ bzw. C₂H_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 (CH₄, C₂H₆, C₂H₄, C₂H₂) in Argon- und Wasserstoffplasmen eingeblasen und einige der hierbei sich bildenden Zersetzungsprodukte 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 Zeff 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 10 A, in reinen Edelgasen mit Drücken bis zu 10 bar 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)

P 16 Plenarvortrag IV: A. Tünnermann

Zeit: Mittwoch 08:30–09:15

Raum: 1002

Ultrakurzpuls-Faserlaser — Der Beitragstext ist im Bereich Plenarvorträge abgedruckt.

P 17 Hauptvortrag 5: Plasma-Wand Wechselwirkung

Zeit: Mittwoch 09:20–10:00

Raum: 1002

Hauptvortrag

P 17.1 Mi 09:20 1002

Progress in divertor modeling for ITER and future fusion devices — •DETLEV REITER and VLADISLAV KOTOV — Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM Association, Trilateral Euregio Cluster, 52425 Jülich, Germany

The prediction of plasma- and material surface conditions in the ITER divertor remains a major challenge in computational science. 2D edge codes - combined with improved edge diagnostics are the current tools to separate, computationally, “known” (already solved, often “classical”) aspects of SOL physics from the still “unknown” features of edge plasmas. Integrated transport codes are instrumental in addressing a number of ITER relevant issues, e.g. the operational window for acceptable target power, helium exhaust, target lifetime / impurity migration, tritium retention, core boundary conditions, etc. Significant progress has been made in the recent years [1], including code developments in neutral/radiation transport, study of fast ion effects, ELM buffering, drift modeling etc. The identification of outstanding problems has also continued including application of drifts, modeling hydrocarbon migration, the issue of how to deal with peripheral turbulent transport and main wall interactions, ELMs, difficulties in describing the details of detachment, etc. Despite these first steps are currently undertaken to model intrinsically 3D edge plasmas, e.g. with the EMC3-EIRENE Code applied to TEXTOR. The status of predictive 2D and 3D edge modeling will be reviewed and the remaining major open issues will be summarized.

tium retention, core boundary conditions, etc. Significant progress has been made in the recent years [1], including code developments in neutral/radiation transport, study of fast ion effects, ELM buffering, drift modeling etc. The identification of outstanding problems has also continued including application of drifts, modeling hydrocarbon migration, the issue of how to deal with peripheral turbulent transport and main wall interactions, ELMs, difficulties in describing the details of detachment, etc. Despite these first steps are currently undertaken to model intrinsically 3D edge plasmas, e.g. with the EMC3-EIRENE Code applied to TEXTOR. The status of predictive 2D and 3D edge modeling will be reviewed and the remaining major open issues will be summarized.

[1] “Tokamak Physics Basis for Burning Plasmas”, sect. 4.3, A. Kukushkin, D. Reiter, P.C. Stangeby (co-editors), Nucl. Fusion, (2006)

P 18 Hauptvortrag 6: Diagnostik

Zeit: Mittwoch 09:20–10:00

Raum: 1004

Hauptvortrag

P 18.1 Mi 09:20 1004

Laser-induzierte Fluoreszenzspektroskopie zur quantitativen Plasmadiagnostik — •VOLKER SCHULZ-VON DER GATHEN — Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Physik, Universitätsstr. 5, 45117 Essen

Die Laser-induzierte Fluoreszenzspektroskopie mit Ein- oder Mehrphotonen-Anregung bietet die Möglichkeit der quantitativen, orts- und zeitaufgelösten Messung von Größen wie Temperatur oder Teilchenkonzentration, sowie von Flußgeschwindigkeiten und unter bestimmten Bedingungen auch von elektrischen Feldern. Die Kenntnis dieser Größen in absoluten Zahlen ist dabei nicht nur für das Verständnis der ablaufenden Prozesse notwendig, sondern auch für den Vergleich mit Theorie

und Simulation. In diesem Vortrag wird exemplarisch auf die Bestimmung der absoluten Konzentration leichter Atome und der Besetzung von ro-vibronischen Zuständen des elektronischen Grundzustands des Wasserstoff-Moleküls eingegangen. An Hand von Beispielen werden die hierfür erarbeiteten Konzepte zur Strahlungserzeugung und Kalibrierung vorgestellt. Die untersuchten Entladungen sind Niedertemperatur-Plasmen mit unterschiedlichen Anregungsmechanismen und Drücken zwischen einigen Pascal und einer Atmosphäre. In den letzten Jahren haben gerade die nicht-thermischen Atmosphärendruck-Plasmen an Bedeutung gewonnenen auf Grund der durch sie ermöglichten neuen Anwendungsbereiche z.B. auch in der Biomedizin. Die in diesen Entladungen im Vergleich zur Strahlbreitung dominanten Stoß-Prozesse erfordern besondere Konzepte zur Absolutkalibrierung.

P 19 Hauptvortrag 7: Plasma-Wand Wechselwirkung

Zeit: Mittwoch 10:30–11:10

Raum: 1002

Hauptvortrag

P 19.1 Mi 10:30 1002

Neue Entwicklungen bei der Plasma-Wand-Wechselwirkung — •RUDOLF NEU — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Euratom Assoziation, Boltzmannstr.2, 85748 Garching

Im zukünftigen Fusionsreaktor ITER wird der Plasma-Wand-Wechselwirkung (PWI) eine ganz besondere Bedeutung zukommen. Obwohl ITER nur zweimal so groß sein wird wie das derzeit größte Experiment (JET), werden die Teilchen-Fluenzen um drei Größenordnungen höher liegen, womit die Erosion von Wandkomponenten nicht mehr gegenüber der Wandstärke vernachlässigbar sein wird. Gleichzeitig übersteigt der extrapolierte Leistungseintrag während ungemilderten Stromabbrüchen (Disruptionen) und Randinstabilitäten (ELMs) die zulässigen Parameter aller zur Verfügung stehenden Materialien. Während bei den bisherigen Ex-

perimenten die Verbesserung der Einschlusseigenschaften meist alleiniges Optimierungsziel war, werden die PWI und ihre Implikationen einen erheblichen Teil des Designs und der Entladungsszenarien bei ITER bestimmen. Neuere Ergebnisse zur Erosion von Kohlenstoff lassen zwar gegenüber früheren Annahmen eine geringere Erosion erwarten, die Kodelposition von Tritium zusammen mit C stellt aber ein ernstzunehmendes Problem für den Betrieb von ITER dar. An erster Stelle der Untersuchungen zu alternativen Materialien steht Wolfram, das sich durch sehr niedrige Erosion und Wasserstoff-Rückhaltung auszeichnet, gleichzeitig aber die Gefahr unzulässiger Strahlungsverluste im Plasma birgt. Darüber hinaus steht die Entwicklung von Strategien zur Vermeidung oder Abschwächung von Disruptionen und ELMs im Mittelpunkt der aktuellen Forschung.

P 20 Hauptvortrag 8: Staubige Plasmen

Zeit: Mittwoch 10:30–11:10

Raum: 1004

Hauptvortrag

P 20.1 Mi 10:30 1004

Staubcluster: Finite Systeme in staubigen Plasmen — •ANDRE MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

In staubigen Plasmen, die Partikel von Nanometer- und Mikrometergröße enthalten, findet man seit einigen Jahren eine Vielzahl interessanter Phänomene und Vorgänge. Insbesondere faszinieren die regelmäßigen Anordnungen der Staubpartikel und die Möglichkeit, dyna-

mische Vorgänge in Echtzeit und auf kinetischer Ebene mit Videokameras zu beobachten. In Systemen mit nur wenigen abgezählten Staubpartikeln $N = 1 \dots 200$ (sogenannte Staubcluster) wird das komplizierte Wechselspiel von Einfangpotential, Coulombabstoßung, Strukturbildung und dynamischen Prozessen offensichtlich. Die Phänomene zeigen eine extreme Abhängigkeit von der Teilchenzahl. Daneben lassen sich die Cluster in unterschiedlichen Geometrien untersuchen: man kann die Staubcluster in linearer (1D), ebener (2D) und kugelförmiger (3D) Struktur erzeugen. Moderne Bildanalyseverfahren erlauben die detaillierte und quantitative

Bestimmung verschiedenster Kenngrößen der Staubcluster, wie der Partikkelladung und Abschirmseigenschaften. Anhand einiger Beispiele wird

das vielfältige Zusammenspiel der konkurrierenden Plasma- und Partikelprozesse in Staubclustern illustriert.

P 21 Plasma-Wand Wechselwirkung 2

Zeit: Mittwoch 11:15–12:30

Raum: 1002

Fachvortrag

P 21.1 Mi 11:15 1002

Experimentelle Untersuchungen zum räumlichen und zeitlichen Verhalten von ELMs — ●BERND KOCH^{1,2}, ANDREW KIRK³, ALBRECHT HERRMANN², JENS HARHAUSEN², HENDRIK MEYER³, JOSEF NEUHAUSER², HANS WERNER MÜLLER², WERNER BOHMEYER², MAST TEAM³ und AUG TEAM² — ¹Humboldt-Universität zu Berlin — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik — ³EURATOM/UKAEA Fusion Association, Culham Science Centre

Aktuelle Konzepte zur Energiegewinnung in zukünftigen Tokamak-Fusionsreaktoren basieren auf der Umsetzung der sogenannten „high confinement mode“ (H-mode), bei der ein besonders guter Energieeinschluß erreicht wird. Während der H-mode treten am Rand des Plasmas periodischer Störungen, sogenannte „edge localized modes“ (ELMs) auf. Durch einen solchen ELM werden bis zu zehn Prozent der im Plasma gespeicherten Energie innerhalb von weniger als 200 μ s in die Abschälsschicht freigesetzt. Eine Reihe von Modellen versucht, diesen Vorgang zu beschreiben und Vorhersagen über ELM Ereignisse in Fusionsplasmen (ITER) zu treffen. Im Rahmen der hier vorgestellten Arbeit wurden an zwei verschiedenen Experimenten (ASDEX Upgrade und MAST) Untersuchungen zur räumlichen und zeitlichen Entwicklung von ELMs gemacht. Dabei wurden während der Dauer eines einzelnen ELM mit einer schnellen Kamera im sichtbaren Spektralbereich Aufnahmen mit einer Belichtungszeit von 5 – 40 μ s gemacht. Durch Vergleich der beobachteten filamentartigen Strukturen mit berechneten magnetischen Feldlinien werden sowohl die toroidale und radiale Position als auch die Geschwindigkeit bestimmt und mit den Aussagen verschiedener Modelle verglichen.

P 21.2 Mi 11:45 1002

Influence of the magnetic topology on edge plasma parameters in the ergodic layer at TEXTOR-DED — ●DEREK HARTING¹, DETLEV REITER¹, YUEHE FENG², OLIVER SCHMITZ¹, and HEINKE FRERICH¹ — ¹Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM Association, Trilateral Euregio Cluster, D-52425 Jülich, Germany — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, 17491 Greifswald, Germany

The Dynamic Ergodic Divertor (DED) induces a magnetic perturbation in the edge plasma of the TEXTOR Tokamak, which leads to an ergodisation of the field lines in this region. By this the connection length topology is modified such that a periodic poloidal structure of fluxtubes with short (1 poloidal turn) and long (up to 18 poloidal turns) connection length is formed. Numerical simulations with the EMC3-EIRENE code package for different discharge conditions have been carried out. The simulations show that (depending on the empirically chosen anomalous perpendicular transport coefficients D and χ) the fluxtubes with short (one poloidal turn) connection length carry a reduced plasma density and electron temperature. A first direct comparison of the available experimental data in the edge plasma region of TEXTOR (He-Beam, Li-Beam,

H α camera) with the simulations results confirms this drop of density and electron temperature inside the fluxtubes with short connection length. This is a first indication of the earlier proposed general feature of ergodic divertors to channel power and particles onto the target predominantly via fluxtubes selected also by their radial excursion, rather than by their connection length alone.

P 21.3 Mi 12:00 1002

Redeposition weicher amorpher Kohlenstoffschichten nach thermischer Desorption — ●WOLFGANG JACOB¹, THOMAS DÜRBECK¹, THOMAS SCHWARZ-SELINGER¹ und EVELYNE SALANÇON² — ¹Max-Planck Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching, Germany — ²Université de Provence, Centre Saint-Jérôme, 13397 Marseille, France

Redeponierte Kohlenwasserstoffschichten stellen ein großes Problem für den Betrieb des zukünftigen Fusionsexperiments ITER dar, da in diesen Schichten große Mengen Tritium gebunden werden können. Als Methode zum Entfernen solcher Schichten wurde vorgeschlagen, sie durch lokales Heizen mit Lasern oder Blitzlampen thermisch zu desorbieren. Für die Wirksamkeit einer solchen Methode reicht es aber nicht aus zu zeigen, dass die Schichten lokal entfernt werden können, sondern es muss auch gezeigt werden, dass die erzeugten Reaktionsprodukte stabile gasförmige Verbindungen sind, die über das Pumpsystem abgepumpt werden können. Plasmadeponierte a-C:H-Schichten stellen ein Modellsystem für redeponierte Schichten dar. Eine Reihe von a-C:H-Schichten wurde mit thermischer Effusionsspektroskopie im Temperaturbereich von 300 bis 1300 K untersucht. Die Messungen zeigen, dass sich die Effusionsspektren weicher, wasserstoffreicher und harter, wasserstoffarmer a-CH-Schichten erheblich unterscheiden. Weiche a-CH-Schichten zeigen, im Gegensatz zu harten, einen hohen Anteil langkettiger Kohlenwasserstoffmoleküle im Effusionsspektrum, die zu einer starken Redeposition führen. Bei harten Schichten spielt die Redeposition dagegen eine untergeordnete Rolle.

P 21.4 Mi 12:15 1002

Erzeugung von a-C:H Schichten mit variabler Rauigkeit und Benetzbarkeit in einem HF-Niederdruckplasma — ●NIKITA BIBINOV und KLAUS WIESEMANN — Ruhr-Universität Bochum, Allgemeine Elektrotechnik und Plasmatechnik, D-44780 Bochum

Weiche a-C:H Polymerfilme werden in einer gepulsten kapazitiv gekoppelten HF-Entladung bei $f=13,56$ MHz in einem Edelgas (He, Ar)-Acetylen (Methan) Gasgemisch abgeschieden. Die Morphologie und Benetzbarkeit der abgeschiedenen Polymerschichten hängen sehr stark von der Plasmapulsdauer und dem Gasgemisch ab. Plasmaparameter werden spektroskopisch bestimmt und die plasmachemische Kinetik modelliert. Die Korrelation zwischen berechneten Teilchenflüssen (Ionen und Radikalen) auf der Oberfläche des Substrats und der Oberflächenrauigkeit und -benetzbarkeit der abgeschiedenen Polymerfilme wird diskutiert.

P 22 Staubige Plasmen 1

Zeit: Mittwoch 11:15–12:30

Raum: 1004

P 22.1 Mi 11:15 1004

Einfang von Coulomb balls — ●OLIVER ARP, DIETMAR BLOCK, MARKUS KLINDWORTH und ALEXANDER PIEL — IEAP, CAU-Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24098 Kiel

Coulomb balls sind sphärische komplexe Plasmen bestehend aus einigen hundert mikrometergroßen Staubpartikeln. Auf Grund ihrer hohen Ladung sind diese Partikel stark gekoppelt und bilden kristalline Strukturen. Es wird gezeigt, dass der Einfang von Coulomb balls in einer HF-Entladung auf einem Gleichgewicht aus Gravitationskraft, Thermophorese, Ion-drag und elektrischer Feldkraft beruht. Zu diesem Zweck werden die einzelnen Kräfte gemessen oder aus Simulationen abgeleitet. Die Überlagerung aller Kräfte ergibt ein isotropes, parabolisches Fallenpotential, dass einen stabilen Einfang von sphärischen Staubwolken erlaubt. Sowohl die Position als auch die Größe der beobachteten Coulomb

balls stimmen hervorragend mit dem ermittelten Potentialverlauf in der Falle überein.

P 22.2 Mi 11:30 1004

Stereoskopische Videomikroskopie in komplexen Plasmen — ●SEBASTIAN KÄDING und ANDRÉ MELZER — Universität Greifswald, Institut für Physik, Domstraße 10a, 17489 Greifswald

In staubigen Plasmen ordnen sich Partikel unter dem Einfluß externer und interner Kräfte zu regelmäßigen Strukturen an. Hierbei ist die Erzeugung von 1D, 2D und 3D Partikelwolken möglich. Die ins Plasma eingebrachten Teilchen werden stark negativ aufgeladen und können in der Plasmarandschicht eingefangen werden. Aufgrund der starken elektrischen Wechselwirkung entstehenden geordnete Systeme, die sich zur Untersuchung stark gekoppelter Materie eignen. Die Messung der Parti-

keltrajektorien eines 2D Kristalls kann durch den Einsatz einer einzigen Videokamera erfolgen. Zur Verfolgung der Partikel in einem 3D Kristall, dem sog. Coulomb-Ball, ist ein größerer Aufwand erforderlich. Für Kristalle mit wenigen Partikeln kann die Stereoskopie mit 2 Videokameras verwendet werden. Bei Kristallen, die aus einer großen Zahl von Partikeln bestehen, kommt es zu Überdeckungen der Partikel. Um für große Kristalle Informationen zur Bestimmung aller Partikeltrajektorien mit hoher zeitlicher und örtlicher Auflösung zu erhalten, verwenden wir ein System, das aus drei senkrecht zueinander angeordneten Hochgeschwindigkeitskameras besteht. In diesem Beitrag sollen diese zwei Verfahren zur Bestimmung der Partikeltrajektorien eines Coulomb-Balls vorgestellt und Ergebnisse präsentiert werden. Diese Arbeit wird gefördert von der DFG unter SFB TR 24, Projekt A3.

P 22.3 Mi 11:45 1004

Strukturanalyse von Coulomb balls — •DIETMAR BLOCK¹, OLIVER ARP¹, MATTES KROLL¹, ALEXANDER PIEL¹ und MICHAEL BONITZ² — ¹IEAP, CAU Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24098 Kiel — ²ITAP, CAU Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24098 Kiel

Mittels thermophoretischer Levitation ist es möglich sphärische Staubcluster (Coulomb balls) in einem Plasma einzufangen [1]. Eine systematische Analyse zeigt, dass sich die Staubpartikel in diesen Coulomb balls in einer regelmässigen Kristallstruktur anordnen. Typische Merkmale sind ein Schalenaufbau mit hexagonaler Ordnung auf den einzelnen Schalen. In Rahmen dieses Vortrages werden experimentelle Untersuchungen zum Schalenaufbau vorgestellt. Neben den Schalenradien werden die Schalenbesetzungen ermittelt und mit Simulationsrechnungen verglichen.

[1] O. Arp et al., diese Konferenz.

P 22.4 Mi 12:00 1004

Theory of screened Coulomb balls — •VOLODYMYR GOLUBNYCHYI, HENNING BAUMGARTNER, ALEXEI FILINOV, and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Leibnizstr. 15, D-24098 Kiel

We give an overview on theoretical and first-principle computer simulation (Molecular dynamics and Monte-Carlo) results for spherical dust particle clusters (Coulomb balls) [1]. The recently proposed theoretical models [2-4] are discussed. It is demonstrated that the model of static

screening with a constant parabolic confinement allows for a consistent explanation of the experimental results [4], in contrast to the model of selfconfinement of Ref.[2]. Furthermore, analytical results for the screening dependence of the cluster size, distance fluctuations, stability and melting behavior are presented. In particular, it is demonstrated that screening destabilizes the Coulomb balls.

[1] O. Arp, D. Block, A. Melzer and A. Piel, Phys. Rev. Lett. **93** 165004 (2004)

[2] H. Totsuji, T. Ogawa, C. Totsuji and K. Tsuruta, Phys. Rev. E **72** 036406 (2005)

[3] Z. Chen, M.Y. Yu and H. Luo, Physica Scripta **71**, 638-643 (2005)

[4] M. Bonitz, D. Block, O. Arp, V. Golubnychiy, H. Baumgartner, P. Ludwig, A. Piel and A. Filinov, submitted to Phys. Rev. Lett., preprint at ArXiv: physics/0508212

P 22.5 Mi 12:15 1004

Accurate shell model for finite spherical Coulomb clusters — •WOLF-DIETRICH KRAEFT^{1,2}, HENNING BAUMGARTNER², and MICHAEL BONITZ² — ¹Institut für Physik, Universität Greifswald, Domstr. 10a, 17489 Greifswald — ²Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Leibnizstr. 15, 24098 Kiel

With the recent discovery of spherical dust crystals [1], there is increased interest in theoretical understanding of the structure of finite spherical charged particle systems in traps. Besides computer simulations, analytical models play an essential role, in particular for clusters of increased size. Simple onion shell models have been proposed in Refs. [3,4]. However, comparison to simulations shows substantial discrepancies. We analyze the reasons for these deviations and derive an improved onion shell model which allows for excellent agreement with the simulation results for the cluster structure and will be useful for comparison with experimental results, in particular for larger clusters.

[1] O. Arp, D. Block, A. Piel, and A. Melzer, Phys. Rev. Lett. **93**, 165004 (2004)

[2] P. Ludwig, S. Kosse, and M. Bonitz, Phys. Rev. E **71**, 046403 (2005)

[3] R.W. Hasse, and V.V. Avilov, Phys. Rev. A **44**, 4506 (1991)

[4] K Tsuruta, and S. Ichimaru, Phys. Rev. A. **48**, 1339 (1993)

P 23 Plenarvortrag V: G. Bräuer

Zeit: Mittwoch 14:00–14:45

Raum: 1002

Plasmen in der Beschichtungstechnik - Beispiele für aktuelle Entwicklungen — Der Beitragstext ist im Bereich Plenarvorträge abgedruckt.

P 24 Plasma-Wand Wechselwirkung 3

Zeit: Mittwoch 14:45–16:30

Raum: 1002

P 24.1 Mi 14:45 1002

Dissoziation von Kohlenwasserstoffen in magnetisierten Randschichtplasmen — •GERD FUSSMANN¹, WERNER BOHMEYER² und GORDON KRENZ¹ — ¹Humboldt-Universität zu Berlin — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik

In Fusionsanlagen werden vornehmlich faserverstärkte Graphite als Materialien für die thermisch belasteten Divertorplatten eingesetzt. Infolge chemischer Zerstäubung entstehen an diesen Kohlenwasserstoffe (CH₄ u.a.), die bei Eintritt in das Randschichtplasma in zahlreiche Reaktionsprodukte zersetzt werden. Zur experimentellen Analyse der im Plasma ablaufenden Prozesse wurden Methan und Ethen in die Randschicht von Helium-Plasmen am Plasmagenerator PSI-2 eingeblasen. Mit Hilfe einer CCD-Kamera konnte die Umgebung der Düse im Lichte der CH-Bandenemission bei 420 nm aufgenommen werden. Es zeigte sich, dass bei Elektronendichten oberhalb von 10¹⁸ m⁻³ die Zersetzung der Moleküle bereits in unmittelbarer Umgebung der Einblasstelle stattfindet. Bei Anlegen einer positiven Vorspannung von 10 V beobachtet man ein Zurückweichen des CH-Leuchtens von der Düse, während eine negative Vorspannung keinen Effekt hat. Dies deutet auf ioneninduzierte Dissoziation vom Typ He⁺ + CH₄ -> CH⁺ + H₂ + H + He als einleitenden Prozess hin, jedoch sind die entsprechenden, in der Literatur angegebenen Wirkungsquerschnitte um etwa einen Faktor 100 zu niedrig, um die beobachtete kurze Eindringtiefe zu erklären. Da derartige Ladungsaustauschprozesse in den gängigen Code-Simulationen bislang nicht berücksichtigt werden, kommt der richtigen Interpretation der Erscheinungen ein be-

sonderes Gewicht zu.

P 24.2 Mi 15:00 1002

Spectroscopic Diagnostic of Tungsten in Fusion Plasmas — •T. PÜTTERICH¹, R. NEU¹, R. DUX¹, M. O MULLANE², A. WHITEFORD², A. KALLENBACH¹, J.C. FUCHS¹, H. MEISTER¹, I. RADIVOJEVIC¹, and ASDEX UPGRADE TEAM¹ — ¹MPI für Plasmaphysik, EURATOM-Association, Garching, GERMANY — ²Department of Physics, University of Strathclyde, Glasgow, UK

Tungsten (W) is a candidate material for the first wall of a fusion reactor due to its robustness against plasma erosion. In ASDEX Upgrade (AUG) 85% of the first wall are coated with W. The W-impurity content of the plasma is diagnosed by spectroscopy in the VUV and soft X-ray spectral range. The analysis of the spectra relies on the availability of atomic data for W. Baseline data for nearly all W ions were calculated by the Cowan-code, including the electronic structure and excitation rates. Within the framework of the ADAS project these data are processed by a collisional-radiative model. The resulting, synthetic spectra were compared to experimental spectra from AUG in the electron temperature (T_e) range of 1–5 keV. Closely connected are the investigations on the fractional abundances of ionization states. The abundances of Ag-like W²⁷⁺ to Co-like W⁴⁷⁺ were measured versus T_e and compared to several theoretical data sets describing ionization and recombination. In future tokamaks, like ITER, temperatures far above 5 keV will be important for diagnosing W. The respective spectra of Ni-like W⁴⁶⁺ to Be-like W⁷⁰⁺

were calculated based on the new data sets. Furthermore, the data enabled the calculation of the total power radiated by W, which determines the maximum tolerable amount of W in a reactor plasma.

P 24.3 Mi 15:15 1002

Erosion und Deposition gemischter Kohlenstoff/ Wolfram Wandkomponenten im Tokamak TEXTOR — ●S. DROSTE, D. BORODIN, A. KIRSCHNER, A. KRETER, V. PHILIPPS und U. SAMM — Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Assoziation EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, www.fz-juelich.de/ipp

Für das zukünftige Fusionsexperiment ITER sind als Wandmaterialien Kohlenstoff (C), Beryllium (Be) und Wolfram (W) vorgesehen, die sich durch Erosion, Verunreinigungstransport im Plasma und dann Deposition vermischen können. $^{13}\text{CH}_4$ Gaseinlass-Experimente haben gezeigt, dass sich unter bestimmten Bedingungen C Verunreinigungen effektiver auf Graphit ablageren als auf W. Der Monte Carlo Code ERO simuliert den dreidimensionalen Transport von Verunreinigungsteilchen durch ein Hintergrundplasma mit Hilfe der Testteilchennäherung unter Berücksichtigung der Wechselwirkung der Plasmateilchen mit den Wandkomponenten [1]. Mit dem derzeitigen Oberflächenmodell von ERO ist es nicht möglich, die stark verminderte C Deposition auf W zu simulieren. Deshalb wurde ERO mit SDTrimSP gekoppelt (aktuelle Version von TRIDYN [2], IPP Greifswald), um den Einfluss der Implantationstiefen der Verunreinigungen in die Wandmaterialien zu untersuchen. Simulationen eines Fallbeispiels zeigen, dass die Deposition von C auf W in dem gekoppelten Code um bis zu 50% kleiner ist, als von C deponiert auf C. Die Simulation für das C Substrat unterscheidet sich wie erwartet nicht von Ergebnissen mit dem ungekoppelten Code ($\sim 3\%$ Abweichung).

[1] A. Kirschner et al., Nucl. Fusion 40 (2000) 989

[2] W. Eckstein, Computer Simulation of Ion-Solid Interaction, Springer 1991

P 24.4 Mi 15:30 1002

Hydrogen retention in rhenium doped tungsten — ●ANNA GOLUBEVA, MATEJ MAYER, and JOACHIM ROTH — MF, Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching

Tungsten is a candidate first wall material for nuclear fusion devices due to its low erosion yield by hydrogen bombardment and high sputtering threshold. Hydrogen accumulation in plasma-facing materials is one of the key aspects of the fusion reactor operation.

Hydrogen retention in Re doped W is of interest, because W transmutes into Re under energetic neutron irradiation. The situation in a fusion reactor was simulated using W-Re alloys with 1, 5 and 10 % contamination of Re (W-%Re). A common feature of all tungsten-rhenium alloys, independently of the Re contamination, was the presence of voids and cavities in the bulk of the material.

Hydrogen retention in the tungsten-rhenium alloys was investigated by means of the thermodesorption technique. The alloys were irradiated by deuterium ions with energies of 200 eV and 3 keV per deuteron, achieving fluences in the range 10^{22} to 10^{24} D/m² at room temperature. Long-time irradiation of W-%Re with low-energy deuterium ions leads to filling of the voids in the bulk by material. The observed retention in W-%Re is an order of magnitude higher than in polycrystalline tungsten (PCW). An additional high-temperature peak was found in the thermodesorption spectrum of W-%Re at 800 K. The nature of the high-temperature peak, the mechanism of higher retention in W-%Re and the mechanism of void filling with material are discussed.

P 24.5 Mi 15:45 1002

Tungsten sputtering and accumulation of implanted carbon and deuterium by simultaneous bombardment with D and C ions — ●I. BIZYUKOV^{1,2}, K. KRIEGER¹, N. AZARENKOV², S. LEVCHUK¹, and C. LINSMEIER¹ — ¹MPI f. Plasmaphysik, EURATOM Assoc., Boltzmannstr. 2, 85748 Garching — ²Kharkiv National University, Faculty of physics and technology, 31 Kurchatov Ave., Kharkiv 61108, Ukraine

Sputtering and implantation processes resulting from simultaneous bombardment of tungsten with deuterium and carbon were investigated in a newly developed dual ion beam experiment. W films were used as a

model system and irradiated simultaneously with beams of D_3^+ ions and of C_2^- ions. The C-fraction in the incident flux was varied over the full range from pure D to pure C irradiation. The dynamics of W sputtering and accumulation of implanted C and D as a function of the C/D ratio was studied in-situ by ion beam analysis. The experiments show that once stationary conditions are reached, the sputtering of W can be well described by the linear contribution of D and C impact. The equilibrium amount of implanted C, as well as the shape of the C depth profile, remains the same for different C fractions in the incident flux. At incident energies of 3keV (D) and 6keV (C) respectively, stationary conditions are reached at a total fluence $< 2 \times 10^{22} \text{ m}^{-2}$. The experimental results, particularly with respect to the transition between continuous W erosion and continuous C deposition, show significant deviations to simulations using a purely kinematic model of ion interaction. Consequently, chemical interactions between the species, such as carbide formation, must be taken into account for the interpretation of the underlying processes.

P 24.6 Mi 16:00 1002

Messungen der Besetzungsdichten von atomarem Helium mit laserinduzierter Fluoreszenz in Randschichtplasmen von TEXTOR — ●MACIEJ KRYCHOWIAK¹, PH. MERTENS², B. SCHWEER², S. BREZINSEK², R. KÖNIG¹, O. SCHMITZ², M. BRIX², T. KLINGER¹ und U. SAMM² — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Association, 17491 Greifswald — ²Institut für Plasmaphysik, FZ Jülich, EURATOM-Association, TEC, 52425 Jülich

Der thermische Heliumstrahl ist eine Standarddiagnostik zur Messung von Radialprofilen der Elektronendichte und -temperatur (n_e und T_e) in Randschichtplasmen von Fusionsanlagen. Die Methode beruht auf Intensitätsmessungen von drei He I Linien. Für die Auswertung der Signale benötigt man die Ratenkoeffizienten für Elektronenstoßanregung, die in einigen Fällen bisher nur theoretisch berechnet worden sind. Die Besetzungsdichten der Niveaus mit $n=2$ von He I werden gemessen, um einige nur ungenau bekannte Rattenkoeffizienten experimentell zu überprüfen. Das Lasersystem, welches aus einem Excimer- und einem Farbstofflaser besteht, liefert Laserpulse von bis zu 4 MW Leistung im nahen UV und im Sichtbaren mit spektralem Auflösungsvermögen von etwa 10^5 . Der Laserstrahl wird unter Verwendung von Spiegeln zum Tokamak geführt und axial auf die Heliumdüse justiert. Das Fluoreszenzsignal wird gleichzeitig an drei radialen Orten im Plasma mit verschiedenen Paaren von (n_e , T_e) gemessen. Messergebnisse für die gepumpten Triplettübergänge $2^3\text{S} \rightarrow 3^3\text{P}^0$ ($\lambda = 388.9 \text{ nm}$) sowie $2^3\text{P}^0 \rightarrow 3^3\text{D}$ ($\lambda = 587.6 \text{ nm}$) werden präsentiert.

P 24.7 Mi 16:15 1002

Interaction of Hyperthermal H- and D- Atoms with Noble Metal Surfaces — ●TATIANA BABKINA¹, DOMOKOS KOVACS¹, TIMO GANS¹, UWE CZARNETZKI¹, and DETLEF DIESING² — ¹Institute for Experimental Physics, CPST, Ruhr-University Bochum, Germany — ²Institute for Physical Chemistry, University Duisburg-Essen, Germany

Hyperthermal neutrals produced through surface neutralisation of ions are of significant importance for various mechanisms in plasmas, both at the plasma edge of future fusion devices and in low temperature plasmas. Hydrogen and deuterium ions produced in an inductively coupled RF discharge are neutralised on and reflected from the surface of a biased metal electrode. The energy distribution function of hyperthermal atoms is measured with a mass resolved energy analyser. The obtained energy spectrum can be explained as a superposition of individual spectra of the various ion species (H^+ , H_2^+ , H_3^+ and D^+ , D_2^+ , D_3^+ , correspondingly).

A hyperthermal atom beam source with defined energy can be used for surface investigations. First experiments of the interaction of hyperthermal neutral particles with metal surfaces were carried out. Electron emission from noble metal surfaces (Ag and Au) caused by hyperthermal hydrogen and deuterium atoms has been studied. The most striking result is the absence of a kinetic energy threshold. An isotope effect has also been observed.

The project was funded by the DFG in the frame of the SFB 616.

P 25 Staubige Plasmen 2

Zeit: Mittwoch 14:45–16:30

Raum: 1004

P 25.1 Mi 14:45 1004

FIR-Streuung an Plasmakristallen — ●JENS RÄNSCH und JÖRG WINTER — Lehrstuhl für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum

Plasmakristalle können einfach hergestellt werden, sie reagieren sehr schnell auf Änderungen der Plasmamaparameter. Ihre Kinetik kann mit Hilfe von optischen Lasern und CCD Kameras beobachtet werden. Diese Beobachtungsmethode nutzt die Streuung von Licht an den einzelnen Staubteilchen. Komplementär dazu soll die kollektive Streuung von Ferninfrarot(FIR)-Strahlung benutzt werden, um die Kristallstruktur zu bestimmen und diese mit der optisch beobachteten zu vergleichen.

Um kollektive Streuphänomene beobachten zu können, muss die Wellenlänge der einfallenden Strahlung in etwa dem Gitterabstand der Plasmakristalle entsprechen. Dieser liegt in 3d-Kristallen typischerweise zwischen 100 μm und 500 μm . Aus diesem Grund soll die FIR-Strahlung eines von uns entwickelten optisch gepumpten FIR-Lasers für die Streuexperimente genutzt werden.

Wenn die Wellenlänge der einfallenden Strahlung größer als die Debye-Länge ist, kann die Streuung an der Debye-Kugel zum Streusignal beitragen (Debye-Streuung), wie theoretische Berechnungen zeigen [1]. Dies soll an staubigen Plasmen mit ungeordneten Staubteilchen getestet werden.

In dem Beitrag werden wir den Aufbau des Experiments und erste Ergebnisse zur kollektiven und zur Debye-Streuung vorstellen.

[1] R. Guerra, J. T. Mendonca, Physical Review E, **62**, 1 (2000)

P 25.2 Mi 15:00 1004

Micro-Raman spectroscopy on a-C:H nanoparticles — ●SUK-HO HONG and JÖRG WINTER — Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstr. 150, Bochum 44780

We present the Raman spectra of amorphous hydrogenated carbon nanoparticles prepared in an Ar-CH₄ hydrocarbon plasma. The measured Raman spectra are compared with that of both soft polymer-like and hard diamond-like a-C:H films deposited from pure CH₄ plasma. The film properties were studied by Rutherford Backscattering and spectroscopic ellipsometry. It is shown the plasma characteristics are continuously changed from a "precursor-rich" state to a "precursor-depleted" state during the particle formation process. As a result, the net flux of the carbon atoms to the surface of the nanoparticles (growth rate) decreases linearly as a function of time as the nanoparticles are growing up. Also, hydrogen content in nanoparticles increases as a function of nanoparticle size. The particle growth process is then examined by a simple ballistic model. It is found that the volume polymerization process, i.e. the growth of the nanoparticles at a large particle size (≥ 100 nm) is essentially the same as the surface polymerization process occurring at a surface of a substrate.

P 25.3 Mi 15:15 1004

Das Plasmakristallexperiment PK-4 — ●MARKUS THOMA¹, MARTIN FINK¹, HERWIG HÖFNER¹, SERGEY KHRAPAK¹, MICHAEL KRETSCHMER¹, GREGOR MORFILL¹, SVETLANA RATYNSKAIA¹, VICTORIA YAROSHENKO¹, VLADIMIR FORTOV², OLEG PETROV², ALEXANDRE USACHEV² und ANDREI ZOBIN² — ¹Max-Planck-Institut für extraterrestrische Physik, Giessenbachstr., 85748 Garching, Germany — ²Institute for High Energy Densities, Russian Academy of Sciences, Izorskaya 13/19, 125412 Moscow, Russia

Das Plasmakristallexperiment PK-4 dient zur Untersuchung von staubigen oder komplexen Plasmen unter Schwerelosigkeit. Im Gegensatz zu seinen Vorgängern auf der Internationalen Raumstation PKE-Nefedov und PK-3 Plus, in denen RF-Entladungen benutzt werden, wird das Plasma bei PK-4 mittels einer DC-Entladung in einer Glasröhre erzeugt. Dies ermöglicht insbesondere das Studium der flüssigen Phase komplexer Plasmen. Hier wird der momentane Status und geplante Entwicklungen des Experiments vorgestellt und die bisherigen im Labor und auf Parabelflügen erzielten Resultate diskutiert. Dazu gehört unter anderem die Bestimmung der Mikropartikelladungen und der Ionenreibungskraft.

P 25.4 Mi 15:30 1004

Selbsterregte Kompressionswellen in komplexen Plasmen unter Mikrogravitation — ●MARKUS KLINDWORTH¹, OLIVER ARP¹, MATTHIAS KROLL¹, ALEXANDER PIEL¹, MATTHIAS WOLTER² und ANDRE MELZER² — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel — ²Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, 17489 Greifswald

Plasmen mit einer zusätzlich injizierten Teilchenspezies von mikroskopischen Partikeln bezeichnet man als komplexe Plasmen. Die Partikel sind durch ihre hohe elektrische Ladung stark gekoppelt und lassen sich aufgrund ihrer Größe leicht mit Videomikroskopen beobachten. Unter Schwerelosigkeit bilden komplexe Plasmen ausgedehnte Staubwolken, in denen sich z.B. die Ausbreitung von Wellenphänomenen sehr gut beobachten lässt. In den auf Parabelflügen durchgeführten Experimenten wurden selbsterregte Wellen mit großer Amplitude beobachtet, die sich vom staubfreien Kern (Void) einer Partikelwolke her ausbreiten. Als kritischer Parameter für das Einsetzen der Instabilität zeigt sich die Partikeldichte. Im Unterschied zu früheren Messungen wurden die Oszillationen erstmalig mit Hilfe einer CMOS-Hochgeschwindigkeitskamera mit hoher zeitlicher und räumlicher Auflösung vermessen und die Wellenfunktion mittels Singularwertzerlegung (SVD) bestimmt. Die zugehörigen Hintergrundplasmaeigenschaften wurden in-situ mit Langmuirsondendiagnostik erfasst. Somit lassen sich die Experimente mit aktuellen Fluid- und kinetischen Modellen zu staubakustischen Wellen in komplexen Plasmen in ihrer Dispersion und ihren Anwachsraten vergleichen und der treibende Mechanismus diskutieren.

P 25.5 Mi 15:45 1004

Untersuchung von Staubpartikeln in einem reaktiven Kohlenwasserstoff - Plasma — ●CARSTEN GODDE¹, JOHANNES BERNDT¹, EVA KOVACEVIC¹, ILIJA STEFANOVIC¹, HANS-WERNER BECKER² und JÖRG WINTER¹ — ¹Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum — ²Dynamitron-Tandem-Laboratorium, Ruhr-Universität Bochum

Das Interesse an staubigen Plasmen hat in den letzten Jahren nicht zuletzt durch ihre große technische Relevanz stetig zugenommen. Für die Kontrolle technischer Prozesse ist es unerlässlich, den Staub mittels geeigneter Verfahren während des Prozesses aus der Plasmaentladung zu extrahieren und so für weitere Untersuchungen zugänglich zu machen. Dieser Beitrag stellt entsprechende Verfahren vor, die es erlauben, Staubpartikel auf schnelle und einfache Art aus Prozessplasmen zu sammeln. Neben diesem verfahrenstechnischen Aspekt wird darüber hinaus auch über die Zusammensetzung der Staubpartikel berichtet. Für die Analyse der Partikel kamen hauptsächlich auf Kernreaktionen gestützte Ex-situ Diagnostiken zum Einsatz. Diese Verfahren (Nuclear Reaction Analysis (NRA), Deuteron Induced Gamma-ray Emission (DIGE) und Rutherford Backscattering Spectroscopy (RBS)) erlauben es, die Elementzusammensetzung der im Plasma polymerisierten Partikel zu bestimmen. Von besonderem Interesse ist hier insbesondere der Vergleich zwischen Partikeln, die in einer Argon/Acetylen- bzw. einer Stickstoff/Acetylen-Entladung synthetisiert wurden. Im Hinblick auf astrophysikalische oder auch fusionsrelevante Probleme ist hier vor allem die Frage nach dem Wasserstoffgehalt von Interesse.

P 25.6 Mi 16:00 1004

The role of atomic hydrogen in dust formation from plasmas in C₂H₂ — ●OLIVERA STEPANOVIC, JOHANNES BERNDT, and JÖRG WINTER — Institut für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität Bochum

Although a formation of dust particles is intensively investigated for years and models for the mechanism of the growth process and possible precursors in hydrocarbon plasmas are available in the literature, the chemical picture of the dust formation is still not well understood. Hydrogen, in both forms, as atomic (H) and molecular, appears as an important constituent in hydrocarbon plasmas and plays an important role. Here we present the results about the role of H atoms in the dust formation investigated in a double plasma experiment. The experiment consists of two parts: rf 13.56 MHz acetylene plasma and 144.1 MHz H₂ plasma as an additional hydrogen fraction in the precursor gas. The H₂ plasma can be operated in the fully recombined mode injecting just the H atoms (and possibly excited H₂ molecules) into the acetylene plasma. Under some conditions complete suppress of the dust formation in presence

of H atoms is observed. We investigated this phenomenon by laser light scattering and mass spectroscopy. The change in the plasma behaviour and the chemical composition in presence of H atoms are observed. This work was partially supported by the DFG in the frame of SFB 591 and by BMBF in the frame of the project FKZ 13N 8049.

P 25.7 Mi 16:15 1004

Theoretische Beschreibung der asymmetrischen RF-Entladung PULVA-INP — •D. LOFFHAGEN, F. SIGENEGGER, R. BASNER und H. KERSTEN — INP Greifswald, F.-L.-Jahnstr. 19, 17489 Greifswald

Um das Verhalten von Staubteilchen in der Plasma-Randschicht zu analysieren, erfolgen gegenwärtig Untersuchungen an der am INP Greifswald installierten asymmetrischen RF-Entladung PULVA-INP. In der gewählten Anordnung ordnen sich eingelassene Staubteilchen in der Randschicht über der nicht gespeisten Elektrode an, die sich unterhalb der gespeisten Elektrode befindet. Die nicht gespeiste Elektrode verfügt

über Segmente, mit deren Hilfe die Randschicht gezielt manipuliert werden kann. Zur Charakterisierung des Argonplasmas einschließlich der asymmetrischen Randschichten erfolgte eine theoretische Beschreibung der Entladung mit Hilfe eines selbstkonsistenten Fluidmodells. Das Modell umfasst u.a. die gekoppelte Lösung der Poisson-Gleichung, der Teilchenbilanzgleichungen der Elektronen, Ionen und Gasatome sowie der Energiebilanz der Elektronen. Letztere liefert die mittlere Energie der Elektronen sowie die sich daraus ergebenden Raten- und Transportkoeffizienten. Der periodische Zustand wird mit Hilfe eines transienten Lösungsverfahrens unter Verwendung unterschiedlicher Zeitskalen für die Elektronen und schweren Teilchen erhalten. Erste Ergebnisse zweidimensionaler Berechnungen dokumentieren das ausgeprägt asymmetrische Verhalten der Entladung. In den Randschichten vor der gespeisten bzw. nicht gespeisten Elektrode treten deutlich unterschiedliche Modulationsgrade des elektrischen Feldes, der Strom- und Teilchendichten sowie der absorbierten Leistung auf.

P 26 Diagnostik 3

Zeit: Mittwoch 17:00–18:15

Raum: 1002

P 26.1 Mi 17:00 1002

Investigations of the E-H transition in an inductively coupled plasma using phase resolved optical emission spectroscopy — •DEBORAH O'CONNELL, TIMO GANS, and UWE CZARNETZKI — Institute for Plasma and Atomic Physics, CPST, Ruhr University Bochum, Germany

Inductively coupled plasmas (ICPs) can be operated in capacitive mode (E-mode) or inductive mode (H-mode) depending on the RF power. At relatively low powers the electron density is not sufficient to sustain H-mode operation and the RF antenna acts as an electrode, therefore the discharge operates in E-mode. Phase resolved optical emission spectroscopy (PROES) can be used to distinguish between E- and H-mode. In pure H-mode the emission is modulated sinusoidally with twice the RF frequency while in E-mode the various excitation mechanisms are non-sinusoidal with one emission maximum per RF cycle. A Fourier analysis of the phase resolved emission, therefore, allows us to distinguish different power coupling mechanisms. Measurements in a pulsed ICP show that the discharge ignites in E-mode before turning to stable H-mode. In the transition from E- to H-mode instabilities can occur. In this instability regime strong plasma inhomogeneities, so called plasmoids, are also investigated.

Supported by: SFB 591, GK 1051

P 26.2 Mi 17:15 1002

Cavity-Ringdown-Spektroskopie (CRDS) an einer Quelle für negative Wasserstoffionen — •MARKUS BERGER¹, URSEL FANTZ² und NNBI-TEAM² — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Auf Grund ihrer Relevanz für die Neutralteilchenheizung zukünftiger Fusionsexperimente werden seit einigen Jahren leistungsstarke H⁻-Quellen intensiv entwickelt. Für die systematische Weiterentwicklung dieser Quellen wird ein grundlegendes Verständnis der in der Quelle stattfindenden Prozesse benötigt, welche durch geeignete Methoden der Plasmadiagnostik zugänglich gemacht werden müssen. Eine wichtiger Parameter ist dabei die Dichte der negativen Wasserstoffionen im Extraktionsvolumen der Quelle, welche mit herkömmlichen Diagnostikmethoden nicht direkt zugänglich ist. Allerdings kann mit empfindlichen Absorptionsmethoden die Dichte der H⁻ über das Photodetachment des zusätzlichen Hüllenelektrons gemessen werden. Daher wurde an einer H⁻-Quelle am IPP Garching eine CRDS zur Messung der absoluten sichtstrahlintegrierten Dichte negativer Wasserstoffionen aufgebaut und in Betrieb genommen. Erste erfolgreiche Messungen werden gezeigt und diskutiert, außerdem wird ein Ausblick auf geplante Experimente gegeben.

P 26.3 Mi 17:30 1002

Ultra fast camera system for observations in the visible range at TEXTOR — •SERGEY BOZHENKOV, MICHAEL LEHNEN, and ROBERT WOLF — Institut fuer Plasmaphysik, Forschungszentrum Juelich GmbH, Association EURATOM-FZJ, Trilateral Euregio Cluster, 52425, Juelich, Germany

2D observation of fast processes with good spatial resolution is important in understanding physics of many processes taking place in tokamak

plasma. Disruptions, pellet injection or turbulent transport can be considered as prominent examples of such processes. For these measurements new ultra fast camera system has been recently installed at TEXTOR. The camera has resolution 64 x 64 pixels and runs at frame rates up to 500 kHz. In one shot maximum 300 frames can be taken. For observation of faint events the camera is also equipped with a generation III image intensifier serving at the same time as a fast shutter. In the present report results of the calibration are discussed. Following system characteristics were investigated: frame rate, exposure time, linearity of the response of the camera and image intensifier, phosphor decay time and uniformity of the sensitivity. First measurements during disruptions with massive gas injection at TEXTOR are shown.

P 26.4 Mi 17:45 1002

Diagnostik von Unterwasser-Koronaentladungen mit schnellen bildgebenden Verfahren — •KURT BAUMUNG und WLADIMIR AN — Inst. für Hochleistungsimpuls- und Mikrowellentechnik, Forschungszentrum Karlsruhe

Aufgrund hoher elektrischer Feldstärken, UV-Emission und der Erzeugung von Oxidantien und Stosswellen zeigen Unterwasser-Koronaentladungen antimikrobielle Wirkungen, die sie z.B. für den Einsatz bei der Abwasserbehandlung geeignet erscheinen lassen. Um insbesondere die Prozesse bei der Entstehung und Ausbreitung der Entladungskanäle besser zu verstehen, führen wir Grundlagenexperimente in Spitze-Platte-Geometrie durch, bei denen verschiedene bildgebende Verfahren eingesetzt werden. 2D-abbildende Spektroskopie wird eingesetzt, um anhand der dynamischen Starkverbreiterung die Elektronendichte entlang der Plasmakanäle mit einem räumlichen Auflösungsvermögen von 20 µm und einem zeitlichen Auflösungsvermögen von 20 ns zu bestimmen. An den mit 30 µm/ns vordringenden Spitzen der Kanäle wurden Elektronendichten $n_e > 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ gemessen. Aus Mach-Zehnder-Interferogrammen mit räumlichen Auflösungsvermögen von 10 µm und Belichtungszeiten von 3 ns folgt, dass in der frühen Phase der Kanalubreitung kurzzeitig Drücke von einigen GPa wirksam sind. Die treibenden Kräfte sind möglicherweise nicht thermischer sondern elektrischer Natur.

P 26.5 Mi 18:00 1002

Physikalisches Design eines Interferometers für Wendelstein 7-X — •HEIKO DREIER¹, ANDREAS DINKLAGE¹, RAINER FISCHER², MATTHIAS HIRSCH¹ und PETRA KORNEJEV¹ — ¹MPI für Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, Wendelsteinstr. 1, D-17491 Greifswald — ²MPI für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching

Ziel der Untersuchungen ist die Optimierung einer Diagnostik unter Einbeziehung physikalischer Kriterien. Für ein Interferometer, derzeit in der Entwicklung für den Stellarator Wendelstein 7-X, werden Ergebnisse eines solchen physikalisch motivierten Diagnostikdesigns präsentiert. Dabei soll gezeigt werden, wie physikalische Fragestellungen wie z.B. die Bestimmung des radialen elektrischen Feldes als Optimierungskriterien angewandt und zu spezifischen Designs des Meßaufbaus führen können. Grundlage für dieses Konzept ist die Bayes'sche Wahrscheinlichkeitstheorie. Sie ermöglicht, daß die zu bestimmenden physikalischen Parameter des Plasmas, z.B. Dichtegradienten oder die Position des Plasmarandes, als Designkriterien eingebunden werden können. Der Optimierungs-

prozeß selbst beinhaltet eine "virtuelle Diagnostik" und basiert auf der Maximierung eines Informationsmaßes. Die hier präsentierten Resultate

beinhalten auch eine Diskussion der Robustheit des Designs und der zu berücksichtigenden technischen Randbedingungen.

P 27 Staubige Plasmen 3

Zeit: Mittwoch 17:00–17:45

Raum: 1004

P 27.1 Mi 17:00 1004

Particle-induced Oscillations in an Inductively Coupled Plasma — ●MARTIN SCHULZE and ACHIM VON KEUDELL — Arbeitsgruppe Reaktive Plasmen, Ruhr-Universität Bochum

Various unique physical properties of nanometer-sized particles make them interesting for many technological applications. The effect of dust formation in low-temperature plasmas might be exploited to develop a new kind of particle source, however, the qualities of the particles are difficult to control. The feasibility of particle-induced oscillations between different heating modes as a tool to monitor and to control particle sizes and densities is being investigated.

The experiments are conducted in a GEC-cell like inductively coupled plasma (ICP) reactor. Oscillations of the plasma emission with a frequency of up to several ten Hz can be observed in different rare gas discharges in the presence of nanometer-sized particles grown during the injection of a pulse of acetylene.

This contribution presents timely and spatially resolved langmuir probe and optical emission spectroscopy (OES) measurements of the oscillations. Furthermore, ex-situ measurements of the particle size distribution and density from atomic force microscopy (AFM) and scanning electron microscopy (SEM) are shown. The evolution of the electron temperature and density calculated from the probe and OES data provide an insight into the physical nature of the instability. With the help of the AFM- and SEM-measurements the correlation between oscillation frequency and particle size distribution is explored.

P 27.2 Mi 17:15 1004

Staubakustische Wellen in anodischen Plasmen — ●THOMAS TROTTEBERG, DIETMAR BLOCK und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Mikrometergroße Partikel können in schwach magnetisierten anodischen Plasmen gefangen werden. Das anodische Plasma wird dabei als sekundäres Plasma eingebettet in einem primären HF-Plasma erzeugt. In dem hier vorgestellten Experiment werden Partikelwolken von typischerweise 1 bis 3 cm Länge mittels Kamerabeobachtung untersucht. Dabei treten selbsterregte niederfrequente Wellen (20-30 Hz) auf, die an der Anodenseite der Wolke entstehen und sich von der Anode weg ausbreiten.

Bei sinusförmiger Modulation der Anodenspannung kann die Frequenz der Welle in einem weiten Bereich synchronisiert werden, was die Bestimmung einer Wellendispersion und deren Vergleich mit theoretischen Modellen erlaubt. Erstmals widmen wir uns der über die Länge der Wolke veränderlichen Wellenlänge. Dazu kommt eine in dem Gebiet der staubigen Plasmen neuartige Analysetechnik zur Anwendung, nämlich die Singularwertzerlegung (SVD). Es wird gezeigt, dass die räumlich variable Wellenlänge sich nicht allein mit der beobachteten schwachen Inhomogenität der Staubbichte und damit der Staubplasmafrequenz erklären lässt. Andere Ursachen zur Erklärung dieses Phänomens werden diskutiert.

P 27.3 Mi 17:30 1004

Plasma polymerized nanoparticles as astroanalog material — ●EVA KOVACEVIC¹, ILIJA STEFANOVIC¹, JOHANNES BERNDT¹, HANS-WERNER BECKER², CHRISTOPH SOMSEN³, YVONNE J. PENDLETON⁴, and JÖRG WINTER¹ — ¹Institut für Experimental Physik II, Ruhr Universität Bochum — ²Institut für Experimental Physik III, Ruhr Universität Bochum — ³Institut für Werkstoffe, Ruhr Universität Bochum — ⁴NASA Ames Research Center, Moffett Field, CA, USA

Carbonaceous compounds are a significant component of interstellar (IS) dust and the composition and structure of such materials is therefore of key importance. Our plasma polymerization process has similarities to stellar outflow conditions and provides a convenient way to make carbonaceous IS analogs under controlled conditions and to compare their characteristics to astronomical observations. We report about experiments in low temperature plasmas with low ionized buffer gases (like Ar or He). Such plasmas provide an excellent trap for the nanoparticles ("plasma matrix isolation"), enabling investigations of the UV extinction feature, scattering measurements as well as manipulation of the particles, e.g. with atomic hydrogen. The chemistry of polymerization can be followed in-situ by means of mass spectroscopy, optical spectroscopy, and IR spectroscopy (from near to far IR region). The role of the carrier gas on the polymerisation is of great interest for the dusty plasma community, especially in the case of gases undergoing copolymerization. An example is N₂/C₂H₂ plasma where nitrogen has a double role: as carrier gas and as potential partner forming multicomponent monomer. This study is supported by DFG within SFB 591 (B1,B5).

P 28 Astrophysikalische Plasmen; Dichte Plasmen 1; Schwerionen- und lasererzeugte Plasmen 2; Staubige Plasmen 4; Theorie 1

Zeit: Mittwoch 17:30–19:00

Raum: Flure

P 28.1 Mi 17:30 Flure

A laboratory experiment for the simulation of solar flares — ●DENIS GLUSHKOV and HENNING SOLTWISCH — Institut für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany

Hot, magnetized plasmas are complex objects with complicated dynamics. Prominent examples are arc-shaped solar flares observed in the sun corona. The processes controlling their evolution and local plasma dynamics are still not well understood. To simulate the behavior of solar flares an experimental setup has been designed and built. It consists of a U-magnet, producing an arc-shaped magnetic field above two electrodes. One electrode is charged up to +3kV, the other symmetrically down to -3kV relative to the vacuum chamber. Hydrogen is injected through holes in the electrodes, and an electrical discharge is initiated. The current channel is compressed by the pinch effect and stabilized by the arc-shaped magnetic field. Progress on building this simulation experiment is reported and the experimental data obtained so far are presented.

P 28.2 Mi 17:30 Flure

Reflectivity in shock wave fronts — ●THOMAS RAITZA, HEIDI REINHOLZ, AUGUST WIERLING, and GERD ROEPKE — Rostock university, Universitätsplatz 3, 18051

For the reflection coefficient R of shock-compressed dense Xenon plasmas new results at pressures of 1.6 – 20 GPa and temperatures around 30 000 K are interpreted, see [4]. Reflectivities typical for metallic systems are found [1] at high densities. A consistent description of the measured reflectivities is achieved [2,3] if a finite width of the shock wave front is considered. A new approach for a shock wave front profile is discussed. Several mechanisms to give a physical explanation are shown.

[1] Reinholz H, Röpke G, Wierling A, Mintsev V, and Gryaznov V 2003 *Contrib. Plasma hys.* **43** 3

[2] Reinholz H, Zaporoghets Y, Mintsev V, Fortov V, Morozov I, and Röpke G 2003 *Phys. Rev. E* **68** 036403

[3] Reinholz H, Röpke G, Morozov I, Mintsev V, Zaporoghets Y, Fortov V, and Wierling A 2003 *J. Phys. A: Math. Gen.* **36**, 5991

[4] Zaporoghets Y, Mintsev V, Gryaznov V, Fortov V, Reinholz H, Raitza T, and Röpke G 2005 *J. Phys. A: Math. Gen.* in press

P 28.3 Mi 17:30 Flure

The Cl K α line in dense plasma — ●A. SENGEBUSCH, G. RÖPKE, H. REINHOLZ, and S. GLENZER — Institute of Physics, University of Rostock, Universitätsplatz 3, D - 18051 Rostock, Germany

Recently, experiments have been performed where thin foils of saran were irradiated by an intense laser beam [1]. The emitted X-ray spec-

trum was investigated to develop X-ray probes for Compton scattering on warm dense plasma. The K_α line of chlorine at 2623 eV is of particular interest since it has suitable features. Using theoretical considerations we will investigate the influence of ionization, as well as the formation of a hot, dense plasma on the shape of the spectral line and a possible shift. In contrast to the width of spectral lines (pressure broadening), the shift of spectral lines in dense plasma has only been investigated for some special contexts due to the requirement of more advanced theoretical approaches. Considering theories of scattering by electrons in the unified (as well as impact) approximation within the so-called no-quenching approximation, no shift at all is obtained. More consistent treatments have been elaborated recently [2,3]. We will show that an estimation based on a simplified treatment of shift of electron bound states due to screening in a dense plasma leads to a line shift at high plasma densities. An approach for a more consistent quantum statistical treatment of the profile of spectral lines will be discussed.

[1] M. K. Urry et al., J. Quant. Spectrosc. Radiat. Transfer, 2005, in press

[2] S. Sorge et al., J. Phys. B: Mol. Opt. Phys. **33**, (2000) 2983

[3] G. Röpke et al., Contrib. Plasma Phys. **45** (2005) 414

P 28.4 Mi 17:30 Flure

Equation of state for dense helium — •VOLKER SCHWARZ and RONALD REDMER — Universität Rostock, Institut für Physik, 18051 Rostock

To model interiors of Giant Planets accurate knowledge of the equation of state (EOS) for hydrogen, helium, and hydrogen-helium mixtures is required for pressures up to several megabars and temperatures up to several thousand Kelvin. While the EOS of hydrogen is the subject of lively discussions, not much attention has been paid so far to the EOS of helium. We start from the Ornstein-Zernicke equation for the pair correlation function. This equation is solved using the HNC closure relation and an iterative scheme. Effective pair potentials are used to model the interactions between helium atoms. We present results for the EOS of pure atomic helium and compare with previous calculations using fluid variational theory and results of shock-wave experiments. Especially, the Hugoniot curves are discussed up to high pressures in the megabar range.

P 28.5 Mi 17:30 Flure

Hall Conductivity in dense plasma — •HEIDI REINHOLZ, JOHN ADAMS, RONALD REDMER, and MARTIN FRENCH — Institut für Physik, Universität Rostock, 18055 Rostock

The Hall conductivity is investigated as a tool for diagnostics in dense plasmas under the influence of magnetic fields. A theoretical approach for the Hall coefficient is developed within the framework of the Zubarev formalism and linear response theory. Comparison is made with the relaxation time approximation. Our approach allows for a consistent investigation of the Hall coefficient and other thermoelectric transport properties including electron-electron interactions [1,2] and other scattering mechanisms relevant in partially ionized plasmas. Finally, we compare with recent experimental results for the Hall conductivity in partially ionized Argon and Xenon plasma [3].

[1] J. Adams, H. Reinholz, R. Redmer, M. French, J. Phys. A: Math. Gen. (2005) in press

[2] H. Reinholz, R. Redmer, S. Nagel, Phys. Rev. E **52** (1995) 395

[3] N. S. Shilkina et al., Zh. Eksp. Teor. Fiz. **124**, 1030 (2003) [JETP **97**, 922 (2003)]

P 28.6 Mi 17:30 Flure

Thermodynamics of dense Hydrogen-Helium plasmas – Path integral Monte Carlo calculations — •VLADIMIR FILINOV^{1,2}, PAVEL LEVASHOV¹, MICHAEL BONITZ², and VLADIMIR FORTOV¹ — ¹Institute for High Energy Density, Russian Academy of Sciences, Izhoroskaya 13/19, Moscow 125412, Russia — ²Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Leibnizstr. 15, 24098 Kiel

The thermodynamic properties of hydrogen, helium and hydrogen-helium mixtures are investigated by direct path integral Monte Carlo simulations [1]. The results are compared with available theoretical and experimental methods based, in particular, on the chemical picture. We investigate the effect of temperature ionization in low-density hydrogen plasma. We also present a number of calculated isotherms for hydrogen-helium mixtures with a mass concentration of helium $Y=0.234$ which is of relevance for giant planet interiors in the range from 100.000K to

2.000.000 K. In the density region where a sharp conductivity rise have been observed experimentally the simulations give indications for one or two plasma phase transitions. Further we compute the shock Hugoniot of deuterium and compare our results with recent experimental data.

[1] V.S. Filinov, P. Levashov, M. Bonitz, V.E. Fortov, Contrib. Plasma Phys. **45**, 258-265 (2005) and Plasma Physics Reports **31**, 700-704, (2005)

P 28.7 Mi 17:30 Flure

Kink instabilities in 1m long, free-standing plasma channels

— •STEPHAN NEFF¹, RENATE KNOBLOCH-MAAS¹, ANDREAS TAUSCHWITZ², DIETER H.H. HOFFMANN^{1,2}, and SIMON S. YU³

— ¹Technische Universität Darmstadt, Darmstadt, Germany —

²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt, Germany —

³Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, CA

Z-pinchs are studied at the Gesellschaft für Schwerionenforschung as a possible means to transport heavy-ion beams in an inertial fusion reactor chamber. Apart from its beam transport properties, we also study the dynamics and the stability of the channel. The channel has a temperature of some eV and reaches electron densities of up to 10^{18}cm^{-3} . Our experiments show that our channels can be subject to kink instabilities for high pressures (above 15 mbar), but that their growth rate is much smaller than expected from ideal MHD theory, due to the finite conductivity of the plasma and stabilizing effects. The measurements therefore show that MHD instabilities are no obstacle for using plasma channels for final transport in an ICF target chamber.

P 28.8 Mi 17:30 Flure

Charakterisierung und zeitaufgelöste Messung des Strahlungsfeldes in lasergeheizten Hohlräumen — •THOMAS HESSLING¹,

ABEL BLAŽEVIĆ², ALEXANDER PELKA¹, D.H.H. HOFFMANN¹, GA-

BRIEL SCHAUMANN¹, MARIUS SCHOLLMEIER¹, MARKUS ROTH¹ und

PAVEL NI¹ — ¹Technische Universität Darmstadt — ²Gesellschaft für

Schwerionenforschung, Darmstadt

Hohlräume aus Hoch-Z Materialien wie Gold eignen sich gut zur Konvertierung von Laserlicht in Röntgenstrahlung und damit zur Erzeugung homogener, inkohärenter Schwarzkörperstrahlung. Damit sind sie insbesondere für die Trägheitsfusion von Interesse. Ebenso wird die Erzeugung homogener Plasmen für weitere Experimente an der GSI Darmstadt ermöglicht, wie beispielsweise Wechselwirkungen von schweren Ionen mit Plasmen.

Mit den im Rahmen einer Diplomarbeit aufgebauten Methoden zur Targetproduktion können entsprechende Hohlräume gefertigt werden. Diese wurden in Experimenten am Hochenergie-Lasersystem *nhelix* charakterisiert. Anhand von zeitaufgelösten Messungen des emittierten Spektrums konnte die Evolution der Hohlraumstrahlung beobachtet und eine Strahlungstemperatur abgeschätzt werden. Die Experimente dienen ebenfalls als Vorbereitung für spätere Versuche am PHELIX-Laser.

P 28.9 Mi 17:30 Flure

3D-Rekonstruktion und Simulation eines laserbeschleunigten Protonenstrahls mit Hilfe mikrostrukturierte Folien — •FRANK

NÜRNBERG¹, MARIUS SCHOLLMEIER¹, MARKUS ROTH¹, ABEL BLA-

ZEVIĆ², GABRIEL SCHAUMANN¹, THOMAS HESSLING¹, ERIK BRAM-

BRINK³ und HARTMUT RUHL⁴ — ¹Technische Universität Darmstadt,

Institut für Kernphysik, Darmstadt — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung,

Darmstadt — ³Laboratoire pour l'Utilisation des Lasers Intense,

Palaiseau — ⁴Ruhr-Universität Bochum

Ein Protonenstrahl wird durch die Wechselwirkung eines intensiven Laserstrahls mit dünnen (5-100 Mikrometer) Metallfolien erzeugt. Auf Grund der niedrigen Emittanz und der großen Teilchenzahl bei kurzer Pulslänge ist es vorstellbar, einen solchen Strahl in konventionelle Beschleunigertypen zu injizieren. Die Voraussetzung, um Multi-MeV Protonenstrahlen nachbeschleunigen zu können, ist, dass die Strahleigenschaften möglichst gut charakterisiert werden. Hierzu werden wichtige Strahlparameter wie Divergenz, Emittanz und Energiespektrum des Strahls bestimmt. Wegen der niedrigen Emittanz des Ionenstrahls ist es möglich, Mikrostrukturen der Targetoberfläche abzubilden. Zur Detektion werden Dosimetriefolien (RCF, radiochromic films) hintereinander angeordnet. Die mikrostrukturierten Targetfolien wurden mittels Ultrahochpräzisionszerspanung und Galvanotechnik hergestellt und durch rastelektromikroskopische Aufnahmen charakterisiert. Mit Hilfe der Filme und eines Transport-Codes zwischen Target und dem RCF-Detektor lässt sich die Form des Protonenstrahls dreidimensional rekonstruieren.

P 28.10 Mi 17:30 Flure

Einfluß von Targetdicke und Laserstrahlprofil auf laserbeschleunigte Protonenstrahlen — ●M. SCHOLLMEIER¹, A. BLAZEVIĆ², J.A. COBBLE³, J.C. FERNANDEZ³, K.A. FLIPPO³, D.C. GAUTHIER³, B.M. HEGELICH³, S. LETZRING³, M. ROTH¹ und J. SCHREIBER⁴ — ¹Institut für Kernphysik, TU Darmstadt — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt — ³Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, NM 87545, USA — ⁴Department für Physik der LMU München

Untersucht wurde die Änderung der Strahlparameter von laserbeschleunigten Protonenstrahlen bei der relativistischen Laser-Materie Wechselwirkung mit Folientargets unter Variation des transversalen Laserstrahlprofils sowie unterschiedlicher Targetdicke. So erzeugt ein elliptisches Laserstrahlprofil einen elliptisch geformten Protonenstrahl. Hierbei ist die lange Halbachse des Protonenstrahls um 90° gegenüber der langen Halbachse des Lasers gedreht. Dies kann durch Formung der Elektroschicht bei der Target Normal Sheath Acceleration erklärt werden. Die Verwendung von mikrostrukturierten Targets verschiedener Dicke und ortsauflösenden Dosimetriefilmstapeln (Radiochromic Films, RCF) erlaubt die energieaufgelöste Bestimmung charakteristischer Strahlparameter wie Divergenz und transversale Emittanz der Protonenstrahlen. Bei Erhöhung der Targetdicke wird der Einfluß der Form des Laserfokus geringer, so daß bei Targets über 50 µm Dicke ein nahezu runder Ionenstrahl erzeugt wird. Dies lässt Rückschlüsse auf den bis dato unverstandenen Elektronentransport durch das Target bei der Wechselwirkung von ultraintensiven Lasern mit Materie zu.

P 28.11 Mi 17:30 Flure

Ortsaufgelöste Bestimmung der Elektronendichte in lasererzeugten Plasmen mittels Laserinterferometrie — ●ALEXANDER PELKA¹, ABEL BLAZEVIĆ², THOMAS HESSLING², DIETER H.H. HOFFMAN^{1,2}, RENATE KNOBLOCH¹, GONZALO RODRIGUEZ PRIETO², MARKUS ROTH¹, GABRIEL SCHAUMANN¹ und MARIUS SCHOLLMEIER¹ — ¹TU Darmstadt — ²GSI Darmstadt

Für Experimente zur Untersuchung der Wechselwirkung von schweren Ionen mit lasererzeugten Plasmen an der Gesellschaft für Schwerionenforschung (GSI) wurde ein Laserinterferometer aufgebaut, das eine zeit-scharfe und ortsauflösende Bestimmung der Elektronendichte im Plasma erlaubt. Verwendet wird ein Laser mit einer Pulslänge von 500 ps, der wahlweise mit 532 nm oder 354 nm (2ω bzw. 3ω) betrieben werden kann. Damit können Elektronendichten bis zu einigen 10^{20} mit einer Auflösung von etwa 20 µm dreidimensional bestimmt werden. Präsentiert werden der Aufbau sowie Ergebnisse von Experimenten mit Laserenergien von 10 J bis 80 J.

P 28.12 Mi 17:30 Flure

Detektorstudie für den Nachweis von gepulsten Schwerionenstrahlen bei MHz-Repetitionsraten — ●FELIX WAMERS¹, ABEL BLAZEVIĆ², ELENİ BERDERMANN², RENATE KNOBLOCH-MAAS¹, ALEXANDER PELKA¹, GABRIEL SCHAUMANN¹, MARIUS SCHOLLMEIER¹ und MARKUS ROTH¹ — ¹Institut für Kernphysik, TU Darmstadt, Schlossgartenstraße 9, 64289 Darmstadt — ²Gesellschaft für Schwerionenforschung mbH, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt

Einer der Forschungsschwerpunkte der Abteilung Plasmaphysik an der GSI Darmstadt ist die Untersuchung der Wechselwirkung von Schwerionen mittlerer Energien (3-10 MeV/u) mit lasererzeugtem Plasma. Insbesondere der im Vergleich zum Festkörper erhöhte Energieverlust von schweren Ionen in Plasma ist Gegenstand experimenteller Untersuchungen.

Zu diesem Zweck soll ein neuer Detektor entwickelt werden, der kurze Ionenpulse (~ 3 ns FWHM) bei Repetitionsraten von 108 MHz mit einer hohen zeitlichen Auflösung (~ 1 ns) und bei niedrigen Strömen (~ 100 Teilchen pro Puls) nachweisen kann. Eine vielversprechende Möglichkeit dazu ist ein Halbleiterdetektor aus einer dünnen polykristallinen (PC) CVD-Diamantschicht. PC CVD-Diamant hat die Vorteile hoher Empfindlichkeit (13 eV pro erzeugtem Elektron-Loch-Paar) und hoher zeitlicher Auflösung (< 1 ns FWHM für α -Teilchen) bei sehr hoher Strahlungshärte. Der Einfluss von Detektorschichtdicke bzw. Eindringtiefe der Projektilionen auf Pulshöhen und Zählraten wird diskutiert.

P 28.13 Mi 17:30 Flure

Bremsstrahlung vs. Thomson scattering in VUV-FEL plasma experiments — ●CARSTEN FORTMANN¹, RONALD REDMER¹, HEIDI REINHOLZ¹, GERD RÖPKE¹, WOJZIECH ROZMUS², VOLKER SCHWARZ¹, and ROBERT THIELE¹ — ¹Institut für Physik, Universität Rostock — ²Department of Physics, University of Alberta, Edmonton

Thomson scattering is a powerful diagnostic tool for highly ionized dense plasmas. It will be used in VUV-FEL experiments at DESY to determine plasma parameters, such as density and temperature. On the other hand, thermal bremsstrahlung photons from the plasma form a non negligible background which has to be overcome by the Thomson signal. Thus, it is crucial to determine experimental conditions where the Thomson scattering signal is dominant against bremsstrahlung. This problem has so far been investigated by using classical expressions for the bremsstrahlung spectrum [1].

In this work, the bremsstrahlung spectrum is derived from linear response theory in a systematic manner [2]. Medium effects, such as screening and strong collisions, are accounted for. Thereby, we improve the standard formulas for bremsstrahlung used in previous works and provide a basis for future Thomson scattering experiments, e.g. the determination of threshold laser intensities. We show that the account of medium effects leads to larger threshold intensities as compared to previous work.

[1] H. A. Baldis, J. Dunn, and W. Rozmus. Rev. Sci. Inst. **73**, 4223 (2002).

[2] C. Fortmann, R. Redmer, H. Reinholz, G. Röpke, W. Rozmus, V. Schwarz, and R. Thiele (in preparation).

P 28.14 Mi 17:30 Flure

Entwicklung und Anwendung einer kompakten laserbasierten breitbandigen EUV-Plasmaquelle — ●LOTHAR KOCH und BERND WELLEGEHAUSEN — Institut für Quantenoptik, Universität Hannover

Die Halbleiterindustrie beabsichtigt, im nächsten Jahrzehnt EUV-Strahlung von laserinduzierten oder Entladungs-Plasmen, besonders bei 13,5 nm, für die Lithographie zu verwenden. Zur Zeit wird intensiv versucht, die dafür notwendigen Strahlungsflüsse zu erreichen und die nötigen optischen Komponenten zu entwickeln und zu verbessern.

Für die Vermessung solcher optischen Komponenten werden einfach anzuwendende Quellen und Spektrometer gebraucht. Wir berichten von der Entwicklung einer kompakten breitbandigen (10 - 50 nm) Laserplasma-EUV-Quelle, welche ein zylindrisches, galvanisch goldbeschichtetes Target mit 80 Stunden Standzeit verwendet.

Ein Problem, speziell bei Festkörperplasmen, ist die Entstehung von Debris, welches optische Komponenten in der Umgebung des Plasmas zerstören kann. Untersuchungen zu diesem Effekt, speziell zur Auswirkung von Golddebris auf einem goldbeschichteten Spiegel, und zur Debrisreduzierung werden vorgestellt, ebenso wie erste Anwendungen der Quelle, z.B. zur Charakterisierung von optischen Komponenten und in der Festkörperspektroskopie.

P 28.15 Mi 17:30 Flure

Experimentelle Bestimmung des Energiespektrums von lasererzeugten MeV-Ionenstrahlen mit Hilfe eines Thomsonparabel-Ionenspektrometers — ●KNUT HARRES¹, MARIUS SCHOLLMEIER¹, FRANK NÜRNBERG¹, JÖRG SCHREIBER², MARKUS ROTH¹, ABEL BLAZEVIĆ³ und ERIK BRAMBRINK⁴ — ¹Institut für Kernphysik, TU Darmstadt — ²Max-Planck-Institut für Quantenoptik, Garching — ³Gesellschaft für Schwerionenforschung, Darmstadt — ⁴Laboratoire d'Utilisation des Lasers Intenses, Palaiseau

Die von einem Laser beschleunigten MeV-Ionenstrahlen sollen in Bezug auf die Art der Ionen, deren Ladungszustand und deren Energie detektiert und charakterisiert werden. Dies erfolgt mit Hilfe einer Thomsonparabel (TP). Parallele E- und B-Felder separieren hierbei die Ionen nach ihrem Ladung zu Masse (q/m) Verhältnis. Die Detektion erfolgt dann durch eine MCP (micro channel plate). Im Gegensatz zu Kernspurplatten ermöglicht die MCP den Einsatz der TP in einem Lasersystem mit hoher Repetitionsrate (z.B. 10 Hz). Bei der Konstruktion der TP wurde ein Elektromagnet verwendet. Somit wird für verschiedene Teilchenarten eine optimale Energieauflösung möglich.

Eine genaue Kenntnis des Energiespektrums ist für Anwendungen der Nachbeschleunigung der Ionen und für die Nutzung als Ionenquelle notwendig.

P 28.16 Mi 17:30 Flure

System zur Manipulation von Staubkristallen unter Schwerelosigkeit — ●MATTHIAS WOLTER und ANDRE MELZER — Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt Universität Greifswald

In den zurückliegenden Jahren ist das Interesse an staubigen Plasmen enorm gewachsen. Nachdem die grundlegenden Phänomene wie Struktur und Kräftegleichgewicht bislang im Mittelpunkt der Untersuchungen standen, rücken nun mehr und mehr auch außergewöhnliche Phänomene in den Vordergrund. Dazu gehört auch die Beobachtung von Staubkristallen unter Schwerelosigkeit.

Ein System zur gezielten Manipulation von Staubeilchen mittels Laser haben wir erstmal entwickelt und auf Parabelflügen im September 2005 erfolgreich getestet.

Unser Manipulationssystem besteht aus einem ND:YAG-Laser mit einer Leistung von max. 600 mW bei 532 nm, einem optischen Fokussierungssystem und einem Galvanometerscanner. Der Laserstrahl kann durch den Galvanometerscanner so gesteuert werden, dass einzelnen Teilchen oder der gesamte Kristall angeregt werden können.

Mit Hilfe der in den Experimenten gewonnenen Videodaten war es uns möglich die Entstehung des Void genau zu beachten und die theoretischen Vorhersagen zur Staubverteilung und Dichte zu überprüfen. Außerdem konnten durch den Laser gezielte Veränderungen in der Voidkante und Struktur des Kristalles vorgenommen werden. Auch die Ausbreitung von Wellen und deren Beeinflussung durch den Laser waren Bestandteil unserer Experimente. Diese Arbeit wird von der DLR im Projekt 50WM0338 unterstützt.

P 28.17 Mi 17:30 Flure

Struktur von 3D Coulomb-Balls — ●SEBASTIAN KÄDING und ANDRÉ MELZER — Universität Greifswald, Institut für Physik, Domstraße 10a, 17489 Greifswald

In ein Plasma eingebrachte Partikel werden stark negativ aufgeladen und bilden unter dem Einfluß der elektrischen Wechselwirkung und weiterer wirkender Kräfte geordnete Strukturen. Nachdem es möglich ist, im Plasma auch 3D Coulomb-Balls zu erzeugen, wird nach Möglichkeiten gesucht, die dynamischen Eigenschaften dieser Plasmakristalle zu analysieren. Insbesondere bei Kristallen mit vielen Partikeln ist die Gewinnung von Daten zur Partikelverfolgung mit großem Aufwand verbunden. Wir nutzen hierfür ein System, das aus drei Hochgeschwindigkeitskameras besteht, die senkrecht zueinander angeordnet sind. Hiermit ist es möglich, die räumliche Struktur des Coulomb-Balls mit hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung zu bestimmen und seine Ordnungsprinzipien zu ermitteln. Die so erhaltenen Daten werden mit Simulationsrechnungen verglichen. Diese Arbeit wird gefördert von der DFG unter SFB TR 24, Projekt A3.

P 28.18 Mi 17:30 Flure

Particle charge measurements in 3D dust crystals. — ●YURIY IVANOV and ANDRÉ MELZER — Institut fuer Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universitaet Greifswald

The physics of dusty plasma has attracted a growing interest in the last years. Particles immersed and confined in a laboratory plasma usually form 2D dust crystals. Very recently, spherical 3D coulomb clouds have been generated in laboratory experiments [1]. To levitate particles in the plasma bulk thermophoretic forces have been used. The charge of particles in such 3D crystals has been investigated. The usual charge measurement methods for 2D dust crystals base on the investigation of dynamical properties (resonance and normal mode methods). They are much more difficult to investigate in 3D crystals due to two main reasons: first, due to necessity of simultaneous determination of a series of 3D particle trajectories. The second reason is related to the fact that stable 3D Coulomb balls can be generated only at high gas pressure which implies strong damping of the dynamic properties. Nevertheless, we use laser manipulation techniques and normal mode analysis to study the charge and confinement of the dust particles in a Coulomb ball. The obtained results will be compared with simulations of the dust clouds.

Supported by DFG under SFB TR24, project A3.

[1] O. Arp, D. Block, A. Piel and A. Melzer, "Dust Coulomb balls: Three-Dimensional Plasma Crystals", Phys. Rev. Lett. 93 (2004) 165004

P 28.19 Mi 17:30 Flure

Digitale Inline Holographie von Coulomb balls — ●MATTES KROLL, DIETMAR BLOCK, OLIVER ARP und ALEXANDER PIEL — IE-AP, CAU Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24098 Kiel

Die Strukturanalyse von 3D Systemen in komplexen Plasmen ist ein aktuelles Forschungsgebiet von großem Interesse. Dabei stoßen die üblichen Verfahren der Videomikroskopie insbesondere bei der Untersuchung dynamischer Prozesse an ihre Grenzen. Um zeitlich aufgelöst die Partikelposition bestimmen zu können, bieten sich zwei Verfahren an: die Stereoskopie [1] und die Digitale Inline Holographie (DIH). Diese beiden Verfahren besitzen komplementäre Eigenschaften was die Zeitauflösung und Tiefenschärfe betrifft. Dieser Beitrag diskutiert den Aufbau und die Anwendbarkeit der digitalen Holographie auf Coulomb balls [2,3]. Die Ergebnisse experimenteller Vorstudien werden vorgestellt.

[1] S. Käding et al., diese Konferenz [2] D. Block et al., diese Konferenz [3] O. Arp et al., diese Konferenz

P 28.20 Mi 17:30 Flure

Molecular Dynamics simulations of screened Coulomb balls — ●VOLODYMYR GOLUBNYCHYI¹, MICHAEL BONITZ¹, GERALD SCHUBERT², and HOLGER FEHSKE² — ¹Institute of Theoretical Physics and Astrophysics, CAU-Kiel, Leibnizstrasse 15, 24098 Kiel, Germany — ²Institute of Physics, University of Greifswald, Domstr. 10a, D-17487 Greifswald, Germany

Molecular Dynamics and Langevin dynamics methods are applied to investigate mesoscopic systems of charged dust particles in a three-dimensional spherical parabolic confinement potential. Different types of dust-dust interactions are studied. We compare shell populations and shell radii with known theoretical models. Influence of screening effects on thermodynamical and geometrical properties are discussed. Known experimental results are also compared with numerical simulations [1]. It is shown that a model with statically screened dust-dust interaction and confinement which does not depend on screening gives the best agreement with the clusters, observed in Ref.[2].

[1] M. Bonitz, D. Block, O. Arp, V. Golubnychiy, H. Baumgartner, P. Ludwig, A. Piel and A. Filinov, submitted to Phys. Rev. Lett., preprint at ArXiv: physics/0508212

[2] O. Arp, D. Block, A. Melzer and A. Piel, Phys. Rev. Lett. **93** 165004(2004)

P 28.21 Mi 17:30 Flure

Thermodynamic properties of screened Coulomb balls — ●HENNING BAUMGARTNER, ALEXEI FILINOV, and MICHAEL BONITZ — Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Leibnizstr. 15, D-24098 Kiel

We present an analysis of the influence of screening on the stability and melting behavior of spherical dust particle clusters (Coulomb balls) [1]. An explanation of our method to obtain thermodynamic properties and an analytical model [2] for the distance fluctuations and melting behavior of the Coulomb balls is given, which is compared to the Monte-Carlo simulation results. In particular, a modified coupling parameter [2] for screened interaction is presented. Furthermore, the influence of different confinements [3-4] on the melting of the Coulomb ball is discussed.

[1] O. Arp, D. Block, A. Melzer and A. Piel, Phys. Rev. Lett. **93** 165004 (2004)

[2] M. Bonitz, D. Block, O. Arp, V. Golubnychiy, H. Baumgartner, P. Ludwig, A. Piel and A. Filinov, submitted to Phys. Rev. Lett., preprint at ArXiv: physics/0508212

[3] H. Totsuji, T. Ogawa, C. Totsuji and K. Tsuruta, Phys. Rev. E **72** 036406 (2005)

[4] Z. Chen, M.Y. Yu and H. Luo, Physica Scripta **71**, 638-643 (2005)

P 28.22 Mi 17:30 Flure

Experimente zu ionenakustischen Wellen in einer Doppelplasmaanordnung — ●IMKE GOERTZ, FRANKO GREINER und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität, D-24098 Kiel

Ionenakustische Wellen werden mittels eines Gitters in der Tragkammer einer Doppelplasmaanordnung erzeugt und mit einer verschiebbaren Langmuirsonde phasenempfindlich detektiert. Wir untersuchen die Dispersion dieser Wellen in reinen Edelgasen und in Gegenwart negativer Ionen. Letztere führen zu einer Verarmung der Dichte n_e der freien Elektronen und hierdurch zu einer Zunahme der Phasengeschwindigkeit der Welle. Der Verarmungsparameter n_e/n_+ wird aus dem Verhältnis des Elektronen- zu Ionensättigungsstroms einer ebenen Langmuirsonde bestimmt. Die Elektronentemperatur, die in die ionenakustische Geschwindigkeit eingeht, folgt aus dem Anlaufbereich der Kennlinie. Das Fernziel dieser Studien ist ein Vergleich des Einflusses negativ geladener Staubeilchen mit dem negativer Ionen auf die Ausbreitungsgeschwindigkeit und Dämpfung ionenakustischer Wellen.

P 28.23 Mi 17:30 Flure

Experimente zur Synchronisation von staubakustischen Wellen — ●IRIS PILCH, THOMAS TROTTENBERG und ALEXANDER PIEL — Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Christian-Albrechts-Universität Kiel, 24098 Kiel

Staubakustische Wellen treten in anodischen Plasmen als natürliche Instabilitäten mit Frequenzen im Bereich 20-30 Hz auf. Die Quelle freier Energie für diese Instabilität ist der axiale Ionenstrom. Die Frequenz dieser Moden kann durch Modulation der Anodenspannung auf eine vorgegebene Frequenz synchronisiert werden. Diese Methodik ist etabliert zur Messung der Dispersion staubakustischer Wellen. In diesem

Beitrag untersuchen wir systematisch das Synchronisationsverhalten als Funktion von Modulationsfrequenz und Modulationsamplitude, bestimmen Arnold-Diagramme und diskutieren unvollständige Synchronisation an den Grenzen des Synchronisationsbereichs. Die Experimente werden mit Melaminpartikeln ($d \approx 1 \mu\text{m}$) in dem magnetisierten Plasma des MATILDA-2-Experiments durchgeführt. Aufbau und Parameteroptimierung werden beschrieben.

P 28.24 Mi 17:30 Flure

Aufbau und Charakterisierung eines Ferninfrarot-Resonators — •STEFANIE SCHORNSTEIN¹, JENS RÄNSCH¹, CARSTEN PARGMANN² und JÖRG WINTER¹ — ¹Lehrstuhl für Experimentalphysik II, Ruhr-Universität-Bochum, D-44780 Bochum — ²Lehrstuhl für Experimentalphysik V, Ruhr-Universität-Bochum, D-44780 Bochum

Zur Untersuchung von geordneten Plasmakristallen soll die kollektive Streuung elektromagnetischer Strahlung verwendet werden. Die Wellenlänge der Strahlung muß dafür in etwa dem Teilchenabstand entsprechen. Die 3D-Plasmakristalle haben eine Gitterkonstante von $100 \mu\text{m}$ bis $500 \mu\text{m}$. Für die Streumessungen verwenden wir deshalb Ferninfrarot (FIR)-Strahlung. Zur Erzeugung dieser Strahlung wurde ein FIR-Laser-System entwickelt, das einen kommerziellen CO_2 -Laser als Pumpquelle verwendet. Dieser erzeugt eine Besetzungsinversion zwischen zwei Rotationsniveaus im angeregten Vibrationsniveau organischer Moleküle wie z.B. Methanol (CH_3OH) und Ameisensäure (HCOOH).

Das Design und der Aufbau des Ferninfrarot-Resonators, sowie erste Messungen und Ergebnisse zur FIR-Strahlqualität und Leistung werden vorgestellt und diskutiert.

P 28.25 Mi 17:30 Flure

Influence of dust particles on metastable neon density in radio frequency discharge — •HOANG TUNG DO¹, HOLGER KERSTEN², and RAINER HIPPLER¹ — ¹Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald, Domstraße 10a, 17489 Greifswald, Germany — ²INP Greifswald, Friedrich-Ludwig-Jahn-Straße 19, 17489 Greifswald, Germany

Density and temperature of Ne metastables produced in a radio frequency reactor with neon as working gas were spatially investigated by means of tunable diode laser absorption spectroscopy (TDLAS). The experiments have been performed in the PULVA1 reactor which is designed for the study of complex (dusty) plasma. The plasma glow was located in the region above the planar aluminum rf-electrode ($\varnothing 130\text{mm}$). The wall of the spherically shaped reactor vessel ($\varnothing 400\text{mm}$) served as grounded electrode. The 13.56 MHz rf-power was supplied by a generator in combination with an automatic matching network. The rf discharge power was varied between 1 and 50 W.

The interaction of the micro-sized particles confined in radio frequency plasma with the plasma was investigated. Silicon oxide particles with a diameter of $10 \mu\text{m}$ were trapped in the sheath above the rf electrode. The observations provide evidence for a significant interaction between metastable atoms and injected micro-disperse powder particles which are important for energy transfer from plasma to the particles

P 28.26 Mi 17:30 Flure

Acting on flute modes and drift waves : open-loop synchronization and generation of turbulence — •FREDERIC BROCHARD¹, GERARD BONHOMME², and ETIENNE GRAVIER² — ¹Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Ass., 17491 Greifswald — ²LPMIA, Universite Henri Poincare, Nancy, France

Flute modes and drift wave dynamics are experimentally investigated in a low- β magnetized cylindrical plasma. A spatiotemporal open-loop synchronization method, successfully tested on drift wave turbulence [1], is applied to flute modes [2]. Control is reached using an octupole exciter, which generates an azimuthally rotating electric field of the same order of magnitude as the one due to the fluctuations. Weakly turbulent Kelvin-Helmholtz and Rayleigh-Taylor states are synchronized in a satisfactory way. However, the efficiency of the control is shown to depend on the relative distance to the exciter and to the location of the velocity shear layer. The eight-plates exciter can be used to destabilize regular modes as well. By adding an incommensurate frequency to the drift-mode, the Ruelle-Takens route to turbulence is easily recovered as the amplitude of the exciter is increased.

[1] C. Schröder et al., Phys. Rev. Lett. **86**, 5711 (2001)

[2] F. Brochard et al., Phys. Plasmas **12**, 062104 (2005)

P 28.27 Mi 17:30 Flure

First numerical description of self-organised patterns in ac gas-discharge — •LARS STOLLENWERK¹, SHALVA AMIRANASHVILI¹, JEAN-PIERRE BOEUF², and HANS-GEORG PURWINS¹ — ¹Institut für Angewandte Physik, Corrensstr. 2/4, 48149 Münster — ²CPAT, 118 route de Narbonne, 31 062 Toulouse Cedex, France

In this work a dielectric barrier gas discharge system consisting of a narrow discharge gap between large area electrodes is regarded. We use a classical drift-diffusion model for electrons and one ion species to describe the helium discharge. The model is solved in two and three dimensions. All model parameters and also the boundary conditions reflect realistic experimental conditions. The numerical simulations describe the genesis of periodic patterns during several tenth of breakdowns. In the experimental part of this work the onset of self-organised structures in the corresponding system was observed with a high speed camera. We find a good agreement between experimental and numerical results. This is the first time that a self-organised pattern in a planar ac gas-discharge system can be described theoretically in a quantitative manner.

P 28.28 Mi 17:30 Flure

A unified kinetic picture for collisional and non-collisional heating in capacitively coupled plasma — •RALF PETER BRINKMANN and FRANK HAMME — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Center for Plasma Science and Technology CPST, Ruhr-Universität Bochum, D-44780 Bochum

The industrial production of micro-electronics circuits frequently employs capacitively coupled plasmas (CCP's) in a regime where both collisional and non-collisional heating is present (transition regime $p \approx 1 - 10$ Pa). In this contribution we present a unified kinetic model of both heating mechanisms, thus bridging the gap between the previously treated cases of the local regime ($p \gg 10$ Pa) where only Ohmic (collisional) heating is present, and the so-called non-local regime ($p \ll 1$ Pa) which exhibits only non-Ohmic heating. The analysis of the presented description shows that Ohmic heating naturally appears in the formalism as volume term. The derived boundary condition for the underlying plasma bulk equations, on the other hand, describes non-Ohmic ("stochastic") energy dissipation in the sheath and the pre-sheath. The sheath and the pre-sheath contributions can be uniquely separated, they may be identified with the "Fermi acceleration" and "pressure heating" of previous investigations of Lieberman and Godyak, and Turner, respectively.

P 28.29 Mi 17:30 Flure

Reduced description of complex systems — •SHALVA AMIRANASHVILI, SVETLAVA GUREVICH, and HANS-GEORG PURWINS — Institut für Angewandte Physik, Münster, Germany

We discuss how to reduce the complexity of a spatially extended dissipative system on the example of a glow discharge system. The latter exhibits the formation of dissipative solitons in the form of current spots, e.g., anode spots. Starting from the basic discharge equations we systematically derive the reduced model and quantitatively compare the corresponding solutions with the numerical solutions of the original system. We also discuss "slow" physical phenomena that can be properly investigated only within the reduced equations, e.g., the expansion of the spots and the velocity selection problem.

P 28.30 Mi 17:30 Flure

Optimization of electron trajectories in a cold-cavity gyrotron resonator — •RITA MEYER-SPASCHE¹, MARKUS GOETZ¹, and CHRISTOPH BUESKENS² — ¹MPI für Plasmaphysik, 85748 Garching — ²Zentrum für Technomathematik, U Bremen

A system of initial value problems is considered which describes electron trajectories in a cold-cavity gyrotron resonator. First a parameter-dependent simplified dynamical system is analysed. Then two different optimizations of the $\eta_{\perp}$ -efficiency of the gyrotron are discussed: parameter optimization with given forcing term and deformation of the forcing term by optimal control.

Specific features of the problem are: the number of equations corresponds to the number of electrons in the beam - should be LARGE; bang-bang control is not possible because of the physics of the problem.

P 29 Plenarvortrag VI: G. Pretzler

Zeit: Donnerstag 08:30–09:15

Raum: 1002

Ultrakurz und superheiß: Plasmaphysik mit modernen Hochintensitätslasern — Der Beitragstext ist im Bereich Plenarvorträge abgedruckt.

P 30 Plenarvortrag VII: R. Klessen

Zeit: Donnerstag 09:15–10:00

Raum: 1002

Dynamical Processes in Star Formation — Der Beitragstext ist im Bereich Plenarvorträge abgedruckt.

P 31 Hauptvortrag 9: Diagnostik

Zeit: Donnerstag 10:30–11:10

Raum: 1002

Hauptvortrag

P 31.1 Do 10:30 1002

On progress in plasma process analysis using quantum cascade laser-absorption spectroscopy — •F. HEMPEL, N. LANG, J. RÖPCKE, G.D. STANCU, and K.-D. WELTMANN — INP Greifswald, 17489 Greifswald, Germany

The recent development and commercial availability of quantum cascade lasers (QCL) offers a new option for mid-infrared absorption spectroscopy as a technique for an improved understanding and control of chemical active discharges. Pulsed QCL are able to emit mid-IR radiation near to room temperature. QCLs allow the realization of very compact mid-infrared sources characterized by narrow line width combining single-frequency operation and high power values, sufficient to combine them with thermoelectrically cooled infrared detectors. This permits a

decrease of the apparatus size and gives a unique opportunity to design compact liquid nitrogen-free mid-IR spectroscopic systems. These positive features of QCLAS systems have opened up new fields of application in research and industry, including studies of gases in atmospheric, environmental and plasma chemistry but also for in-situ control of industrial plasma processes. This contribution describes a compact QCL based measurement and control system (Q-MACS) which has been developed for time-resolved plasma diagnostics, process control and trace gas monitoring. A rapid scan software with real-time line shape fitting provides a time resolution up to 1 us to study kinetic processes of infrared active compounds in plasmas or gases. With examples of phenomena in plasmas and trace gas detection the capabilities of the Q-MAC system is demonstrated.

P 32 Hauptvortrag 10: Niedertemperaturplasmen

Zeit: Donnerstag 10:30–11:10

Raum: 1004

Hauptvortrag

P 32.1 Do 10:30 1004

Dynamische Vorgänge in Gasentladungen — •CHRISTIAN WILKE — Institut für Physik der E.-M.-A.- Universität Greifswald Domstraße 10a D-17489 Greifswald

Schon mehr als hundert Jahre sind eine Vielzahl von Erscheinungsformen bei Gasentladungen bekannt. Doch auch heute sind die Mechanismen, die zu den Erscheinungsbildern führen teilweise wenig verstanden. Ein möglicher Schritt zum besseren Verständnis führt über das Studium eines Modellplasmas, im vorliegenden Fall einer zylindrischen Gasentladung in Neon, einem stoßbestimmten Nichtgleichgewichtsplasma. Unabdingbare Voraussetzung für die Aufklärung von komplizierten Raum-Zeit-Strukturen eines Plasmas ist ein Verständnis des linearen dy-

namischen Verhaltens eines Plasmas. Gelingt es, die statische Charakteristik und die Impedanz eines Plasmas quantitativ zu beschreiben so kann man in einem weiteren Schritt auch die Einsatzgrenzen von Instabilitäten in Übereinstimmung mit dem Experiment berechnen. Bei einem weiteren Eindringen in das Instabilitätsgebiet beobachtet man, dass Moden instabil werden und das System in einen anderen periodischen oder auch in einen turbulenten Zustand übergehen kann. Eine zentrale Rolle für das Verständnis dieser nichtlinearen Wellenphänomene nimmt die komplexe Ginzburg-Landau-Gleichung ein. Mit ihr kann man sowohl das Auftreten von Modenselektionsvorgängen, von Hysterese als auch von Wellenkopplungsprozessen verstehen. Als entscheidend für die Stabilitätseigenschaften des Plasmas (Verstärkung, Modenselektion) erweist sich die Geometrie des Plasmas.

P 33 Diagnostik 4

Zeit: Donnerstag 11:15–13:00

Raum: 1002

P 33.1 Do 11:15 1002

Messung der Elektronenenergieverteilungsfunktion in einem homogenen ECR-Plasma — •S. DIETRICH^{1,2} und U. FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Assoziation, 85748 Garching

Die Elektronenenergieverteilungsfunktion (EEVF) stellt eine wichtige Kenngröße eines Plasmas dar. Diese soll mit verschiedenen Methoden für ein homogenes ECR-Plasma ($f = 2.45$ GHz, $P_{max} = 1$ kW) experimentell bestimmt werden. Eine Standardmethode ist es, die EEVF aus der zweiten Ableitung der Strom-Spannungs-Kennlinie einer Langmuir-sonde zu bestimmen. Allerdings lässt sich mit dieser Methode nur der niederenergetische Teil (gasartabhängig bis $E \approx 25$ eV) der EEVF bestimmen. Um einen höheren Dynamikbereich zu erhalten, wird mit Hilfe der Boyd-Twiddy-Methode [1] versucht die Störanfälligkeit zu verringern. Dies geschieht hierbei durch die direkte Messung der Verteilungsfunktion mit Hilfe eines frequenzmodulierten Signals. Als dritte Methode wird mittels einer optischen Gegenfeldsonde der höherenergetische Teil der EEVF bestimmt. Das Prinzip dieser Sonde beruht auf der spektroskopischen Messung einer Emissionslinie in einem Gegenfeldanalysator, wes-

halb die EEVF mit dieser Methode erst ab der Anregungsenergie der entsprechenden Linie bestimmt werden kann. Zusammen mit Langmuir-sondenmessungen ist es so möglich, einen größeren Bereich der EEVF zu bestimmen. Die verschiedenen Diagnostikmethoden werden vorgestellt und erste Ergebnisse gezeigt.

[1] R.L.F. Boyd und N.D. Twiddy Proc.Roy.Soc. A 53 (1959) 250

P 33.2 Do 11:30 1002

Aufnahme des lokalen Reflexionsspektrums einer Entladung zur Bestimmung der Elektronendichte — •CHRISTIAN SCHARWITZ, MARC BÖKE und JÖRG WINTER — Ruhr-Universität Bochum, Institut für Experimentalphysik II

Zur Bestimmung der lokalen Elektronendichte von Plasmen werden in der Regel Sonden eingesetzt, die für die Messung der Entladung ausgesetzt werden müssen. Damit unterliegen sie bei der Verwendung in reaktiven Plasmen Abscheidungs- und Ätzprozessen, die einen Störfaktor für die Messung darstellen. Eine Möglichkeit, eine Sonde gegen diese Störeinflüsse zu schützen, besteht in einer sie abschirmenden Umman- telung. Dieses Konzept wurde von Sugai et al. vorgeschlagen [1]. Eine Absorptionssonde ist durch eine dielektrische Umhüllung geschützt,

mit Hilfe einer kleinen Antenne am Sondenkopf wird ein Reflexionsspektrum in Abhängigkeit von der Frequenz aufgenommen. Bei einer für die Elektronendichte charakteristischen Frequenz wird ein Absorptionssignal beobachtet, zur Erklärung des Absorptionsverhaltens können drei Mechanismen herangezogen werden. Ein Mechanismus wird durch die Ausbreitung von Oberflächenwellen gestützt, einer beruht auf Parallelresonanz und einer auf Serienresonanz. Mit wachsender Elektronendichte wird das Auftreten von Multiabsorptionssignalen beobachtet, jeder der drei Absorptionsmechanismen beinhaltet Erklärungen für diese Multisignale. Durch unterschiedliche Sondengeometrien werden Signale und Multisignale auf ihren Absorptionsmechanismus untersucht. Mit dem zugrundeliegenden Mechanismus lässt sich aus den Absorptionssignalen die Elektronendichte bestimmen. [1] (Jpn. J. Appl. Phys., Vol. 38, 1999)

P 33.3 Do 11:45 1002

Electron density measurements in reactive low-temperature plasmas by means of a simple far-infrared laser interferometer — •CARSTEN PARGMANN¹, SHAIENDRA VIKRAM SINGH², PHILLIPP KEMPKE¹, and HENNING SOLTWISCH¹ — ¹Ruhr-Universität Bochum — ²TU Eindhoven

A simple and sensitive far-infrared (fir) laser interferometer is described and its application to reactive low-temperature plasmas is shown. The fir beam leaves the resonator of an optically pumped fir laser through a coupling hole in the end mirror and is reflected back into the cavity by an external mirror. The output intensity of the laser undergoes strong non-linear variations, if the optical distance of the external mirror is changed. The power variation is monitored through a small opening in the external mirror. A wavelength of 432.6 μm and a Schottky-diode detector yield a minimum detectable change of the line-integrated electron density of about $3 \cdot 10^{15} \text{m}^{-2}$. Measurements in an inductively coupled rf discharge filled with argon, methane and oxygen have been made and the very good time resolution is demonstrated by switching the discharge between the E- and the H-mode. Whenever possible the results have been compared to Langmuir probe measurements.

P 33.4 Do 12:00 1002

Enhancement of spatial resolution for turbulence studies — •IULIAN TELIBAN¹, DIETMAR BLOCK¹, VOLKER NAULIN², and ALEXANDER PIEL¹ — ¹Institut für Experimentelle und Angewandte Physik, Universität Kiel, Olshausenstr. 40-60, 24340 Kiel, Germany — ²Risø National Laboratory, Denmark

Computer simulations have shown that plasma turbulence studies require high spatio-temporal resolution in order to resolve the involved processes. Experimentally, the spatial resolution of plasma diagnostics is severely limited by technical reasons and not satisfying. To overcome this limitation super-resolution algorithms can be used to transfer temporal information into an enhanced spatial resolution. To benchmark the algorithm and test its ability to handle the complex structure dynamics in turbulence it is applied to simulation data from a Hasegawa-Wakatani drift wave model, which are artificially downsampled. By comparing with original data the spatial resolution enhancement of super-resolution is proved and quantified by k-spectra.

P 33.5 Do 12:15 1002

Theoretical Study of the Balmer Line Profile of Neutral Hydrogen — •BANAZ OMAR¹, AUGUST WIERLING¹, SIBYLLE GÜNTHER², and GERD RÖPKE¹ — ¹Universität Rostock, Institut für Physik, D-18051 Rostock, Germany — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-85748 Garching, Germany

The profiles of Balmer lines for neutral hydrogen are calculated using a microscopic quantum-statistical approach, assuming local thermal equilibrium (S. Günter et al. 1991). Self absorption is taken into account by solving a one-dimensional radiation transport equation for a

plasma layer (S. Sorge et al. 2000), the bound-free and free-free contributions to the continuous spectrum are also considered. The calculated synthetic spectra are compared with the experimental results (R. Radtke and K. Günter 1986) of H_α , H_β and H_γ for plasmas generated by a wall-stabilized discharge arc in a temperature range (13000–22000) K and the corresponding electron density ($10^{23} - 10^{24} \text{m}^{-3}$). The present results are in good agreement with other calculated and experimentally measured spectra.

S. Günter, L. Hitzschke and G. Röpke 1991 *Phys. Rev. A* **44**, 6834.S. Sorge, A. Wierling, G. Röpke, W. Theobald, R. Sauerbrey, T. Wilhein 2000 *J. Phys. B: At. Mol. Opt. Phys.* **33**, 2983.R. Radtke and K. Günter 1986 *Contrib. Plasma Phys.* **26**, 143

P 33.6 Do 12:30 1002

Status Of The Fast Repetitive Multi-Pulse Edge Thomson Scattering System — •E. UZGEL¹, H. J. VAN DER MEIDEN², T. OYE-VAAR², S.K. VARSHNEY², M.YU. KANTOR³, D.V. KOUPIRIENKO³, A. POSPIESZCZYK¹, C.J. BARTH², and A.J.H. DONNÉ² — ¹Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Association EURATOM-FZJ, Germany — ²FOM-Rijnhuizen, Association EURATOM-FOM, The Netherlands — ³Ioffe Institute, RAS, Saint Petersburg

The commissioning of the fast repetitive multi-pulse edge Thomson scattering system in December 2005 will provide a sophisticated tool for the study of plasma wall interaction phenomena at TEXTOR tokamak. Its high spatial and temporal resolution and the more sensitive viewing optics are the main advantages of the new system. The diagnostic combines the ability to study the dynamic behaviour of fast plasma phenomena with a relatively high spatial resolution. The system utilizes a ruby laser capable of delivering 3 bursts of 30 pulses each with a pulse energy of about 15 J. The TEXTOR plasma is part of the 18 m long laser cavity allowing high laser energies and multiple passes of each laser pulse through the plasma. The core system, in operation since December 2003, provides electron temperature and density profiles along the full plasma diameter (900 mm) with 120 spatial channels of 7.5 mm each. The new edge system (160 mm) has 98 spatial channels of 1.7 mm each. Observational errors of 8% on the electron temperature (T_e) and 4% on the electron density (n_e) at $n_e = 2.5 \cdot 10^{19} \text{m}^{-3}$ for laser energies of more than 15 J have been achieved for the core system where the accuracies of the edge system are expected to be marginally better.

P 33.7 Do 12:45 1002

Einsatz eines Langpuls-Nd-YAG-Lasers zur thermischen Desorption von a-C:H-Schichten in Fusionsexperimenten — •F. IRREK, H.G. ESSER, A. LITNOVSKY, V. PHILIPPS, B. SCHWEER, G. SERGIENKO and U. SAMM — Institut für Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Assoziation EURATOM-FZJ, Trilateraler Euregio-Cluster, Deutschland

Die Kodeposition von Wasserstoff in a-C:H-Schichten ist von kritischer Bedeutung für das Tritiuminventar in ITER. An TEXTOR wird eine in-situ Diagnostik entwickelt, die mittels laserinduzierter thermischer Desorption Wasserstoff aus diesen Schichten ins Plasma freisetzt, wo er spektroskopisch quantitativ gemessen wird. Der Desorptionsvorgang wird zunächst in einem Laborexperiment an präparierten harten a-C:H-Schichten auf Graphitproben untersucht. Bei Leistungsdichten eines Nd-YAG Lasers von 20 bis 80 kWcm^{-2} über einige ms werden die Schichten lokal soweit aufgeheizt, dass der gesamte Wasserstoff desorbiert wird. Ziel ist, das Wasserstoffinventar auf einer definierten Fläche reproduzierbar zu desorbieren, ohne die Schicht bzw. das Substrat anzugreifen. Dazu wird die Freisetzung von H aus verschiedenen dicken a-C:H Schichten als Funktion der Laserparameter quantifiziert. Dies dient dann als Basis für die spätere Bestimmung der Konversionsfaktoren der spektroskopischen Signale aus Desorptionsmessungen in TEXTOR.

P 34 Dichte Plasmen 2 und Theorie 2

Zeit: Donnerstag 11:15–13:00

Raum: 1004

P 34.1 Do 11:15 1004

Coulomb crystallization in two-component plasmas — •MICHAEL BONITZ¹, VLADIMIR FILINOV², PAVEL LEVASHOV², VLADIMIR FORTOV², and HOLGER FEHSKE³ — ¹Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Uni Kiel, Leibnizstr. 15, 24098 Kiel — ²Institute for High Energy Density, Izhoroskaya 13/19, Moscow 127412 Russia — ³Institut für Physik, Universität Greifswald, 17487 Greifswald

The analysis of Coulomb crystallization is extended from one-component to two-component plasmas [1]. Critical parameters for the existence of Coulomb crystals are derived for both classical and quantum crystals. In the first case, a critical charge ratio is derived whereas in the latter case, a critical mass ratio of the two charged components is found which is of the order of 80. Thus, protons and alpha particles are predicted to support a Coulomb crystal which should be observable ex-

perimentally. Furthermore, holes in semiconductors with sufficiently flat valence bands are predicted to spontaneously order into a regular lattice. Such crystals in two-component plasmas are intimately related to Coulomb crystals of bare nuclei expected to exist in white dwarf stars and in the crust of neutron stars as well as to ion crystals produced in the laboratory. A unified phase diagram of two-component Coulomb crystals is presented and is verified by first-principle computer simulations.

[1] M. Bonitz, V.S. Filinov, P. Levashov, V.E. Fortov, and H. Fehske, Phys. Rev. Lett. issue of December 9 (2005)

P 34.2 Do 11:30 1004

Quantum molecular dynamics simulations for warm dense alkali metals — ●A. KIETZMANN¹, R. REDMER¹, F. HENSEL², M. P. DESJARLAIS³, and T. R. MATTSSON³ — ¹Universität Rostock — ²Philipps-Universität Marburg — ³Sandia National Laboratories

The physical properties of fluid alkali metals have been studied intensively both experimentally and theoretically. The most interesting feature is the occurrence of a metal-to-nonmetal transition in the density-temperature region of the liquid-vapor phase transition. The structural changes in alkali fluids when thermally expanded from the melting to the critical point were measured using neutron and X-ray scattering experiments. We have performed QMD simulations for expanded fluid Cs and Rb. The pair correlation function, next-neighbor distance and coordination number for several densities and temperatures were calculated by analyzing the QMD runs and compared with experimental results. The QMD calculations were performed on the highly parallelized compute server at the "Norddeutscher Verbund für Hoch- und Höchstleistungsrechnen".

P 34.3 Do 11:45 1004

Innerer Aufbau von Jupiter und Zustandsgleichungen von Wasserstoff — ●NADINE NETTELMANN, RONALD REDMER und BASTIAN HOLST — Universität Rostock, Institut für Physik, 18051 Rostock, Germany

Es gibt eine Vielzahl an theoretischen Zustandsgleichungen (EOS) für Wasserstoff im Bereich warmer dichter Materie. Mit der Entwicklung neuer Laborexperimente zur Kompression von Wasserstoff bis hin zu Drücken im Mbar-Bereich wuchs das Interesse, diese EOS-Daten auf Riesenplaneten wie Jupiter und Saturn anzuwenden. Während bei sternnahen extrasolaren Riesenplaneten neben der Masse-Radius-Beziehung aus den Messdaten allein Eigenschaften der Atmosphäre zugänglich sind, ermöglicht die bei den Voyager- und Galileo-Missionen gewonnene Kenntnis der Rotationseigenschaften von Jupiter und Saturn Rückschlüsse auf den inneren Aufbau, insbesondere auf den Massenanteil schwerer Elemente und eines festen Kernes. Je nach verwendeter EOS unterscheiden sich die Planetenmodelle in diesen Parametern. Wir stellen eigene Rechnungen zur EOS von Wasserstoff vor und vergleichen das resultierende Modell für Jupiter mit anderen Ergebnissen.

P 34.4 Do 12:00 1004

Instabile longitudinale Plasma-Oszillationen im Magnetfeldfeld: Nichtrelativistische und relativistische Betrachtungen — ●ROBERT TAUTZ, IAN LERCHE und REINHARD SCHLICKEISER — Theoretische Physik IV, Weltraum- und Astrophysik, Ruhr-Universität Bochum

Die nichtrelativistischen und relativistischen Stabilitätseigenschaften longitudinaler Wellen, die sich in einem in ein umgebendes Magnetfeld eingebetteten Plasma ausbreiten, werden untersucht. Dabei muss die Ausbreitungsrichtung nicht notwendig parallel oder senkrecht zum Hintergrundmagnetfeld sein. Die Analyse basiert auf dem von Harris (1959) eingeführten Konzept der Neutralpunkte im Wellenzahlraum, um Plasmastabilitäten auf der einen oder der anderen Seite eines solchen Neutralpunktes zu bestimmen. Die kritische Notwendigkeit besteht darin, zu bestimmen, ob eine bestimmte Plasma-Verteilungsfunktion die Existenz eines Neutralpunktes erlaubt. Obwohl es in vielen astrophysikalischen

Plasmen notwendig ist, sie einzubeziehen, erschweren relativistische Betrachtungen die Bestimmung der Instabilitätskriterien beträchtlich. In diesem Vortrag wird gezeigt, wie generelle Argumente zur Bestimmung solcher Neutralpunkte und zur Bestimmung der Instabilitätsraten in der Nachbarschaft von Neutralpunkten formuliert werden können. Darüber hinaus werden nur Wellen betrachtet, die unabhängig von resonanten Welle-Teilchen-Effekten sind.

P 34.5 Do 12:15 1004

Die relativistische Weibelinstabilität: Allgemeine Beschreibung und spezifische Veranschaulichung — ●URS SCHAEFER-ROLFFS, IAN LERCHE und REINHARD SCHLICKEISER — Theoretische Physik IV, Institut für Weltraum- und Astrophysik, Ruhr-Universität Bochum

Eine allgemeine Beschreibung der kinetischen Weibelinstabilität in relativistischen Plasmen wird für beliebige Plasmaverteilungsfunktionen entwickelt. Weiterhin werden allgemeine Bedingungen für die Existenz der relativistischen Instabilität sowie der Einfluss von Extremfällen auf das Wellenzahlregime und die Instabilitätsrate hergeleitet. Ein Vergleich mit vorhergehenden Arbeiten mit Bigaußverteilungen wird ebenfalls durchgeführt. Zudem werden ultrarelativistische und auch schwach anisotrope relativistische Verteilungen im Allgemeinen untersucht. Schließlich werden isolierte Weibel-Moden (in denen sowohl die Frequenz als auch die Wellenzahl festgesetzt sind) für asymmetrische relativistische Plasmaverteilungen hergeleitet und einschränkende Bedingungen für diese isolierten Moden entwickelt.

P 34.6 Do 12:30 1004

Erstmalige quantitative Beschreibung selbstorganisierter Muster in einer Wechselladungs-Gasentladung — ●LARS STOLLENWERK¹, SHALVA AMIRANASHVILI¹, JEAN-PIERRE BOEUF² und HANS-GEORG PURWINS¹ — ¹Institut für Angewandte Physik, Corrensstr. 2/4, 48149 Münster — ²CPAT, 118 route de Narbonne, 31 062 Toulouse Cedex, France

In dieser Arbeit betrachten wir ein Gasentladungssystem mit dielektrischer Barriere, das aus einem schmalen Entladungsspalt zwischen großflächigen Elektroden besteht. Das Arbeitsgas ist Helium. Zur Beschreibung der Gasentladung verwenden wir ein klassisches Drift-Diffusions-Modell für Elektronen und eine Ionenart. Sowohl die Modellparameter als auch die Randbedingungen entsprechen realistischen experimentellen Bedingungen. Die numerische Simulation beschreibt die Entstehung von periodischen Mustern innerhalb von einigen zehn Durchbrüchen. Im experimentellen Teil dieser Arbeit wird die Entstehung selbstorganisierter Strukturen im entsprechenden System mit einer Hochgeschwindigkeitskamera aufgenommen. Die experimentellen und numerischen Ergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung. In dieser Arbeit können erstmalig selbstorganisierte Muster in einem planaren Gasentladungssystem quantitativ theoretisch beschrieben werden.

P 34.7 Do 12:45 1004

Current patterns and slow behavior of electrical discharges — ●SHALVA AMIRANASHVILI, SVETLANA GUREVICH, and HANS-GEORG PURWINS — Institut für Angewandte Physik, Münster, Germany

As a matter of fact, glow current patterns, e.g., anode spots, evolve on a time scale that is much longer than both electron and ion travel times. We address the problem of glow description on this large time scale. Here a numerical solution of the relevant equations is difficult. Instead, we present a semi-analytical approach based on the multi-scale character of this problem.

A classical drift-diffusion set of discharge equations is systematically reduced to a reaction-diffusion set. The latter is much more simpler to analyze and implement numerically, as compared to the original system. Several applications to a glow discharge in the plane geometry are considered. It turns out that the reaction-diffusion approach is less informative but still capable for quantitative predictions.