

P 14 Poster: Niedertemperaturplasmen / Plasmatechnologie 6, Diagnostik 4

Zeit: Samstag 14:45–16:45

Raum: Poster HU

P 14.1 Sa 14:45 Poster HU

Discharge oscillations in a system with the high-ohmic electrode — ●SHALVA AMIRANASHVILI, SVETLANA GUREVICH, and HANS-GEORG PURWINS — Institut für Angewandte Physik, Westfälische Wilhelms-Universität

Discharge oscillations are considered in a sandwich-like discharge system consisting of two plane-parallel electrodes and a gaseous gap in between. The key system feature is a high-ohmic cathode opposed by an ordinary metal anode. We demonstrate that the breakdown is accompanied by current oscillations. The latter are caused by surface charge on the high-ohmic electrode and disappear when the electrode resistivity is small enough. Our results can be compared with experimental data and used to investigate discharge properties.

P 14.2 Sa 14:45 Poster HU

Filaments and their interaction in planar gas-discharge systems — ●HENDRIK U. BÖDEKER¹, ANDREAS W. LIEHR^{1,2}, and HANS-GEORG PURWINS¹ — ¹Institut für Angewandte Physik, Westfälische Wilhelms-Universität Münster, Corrensstr. 2/4, 48149 Münster — ²Freiburger Materialforschungszentrum, Stefan-Meier-Str. 21, 79104 Freiburg

We present new results concerning the formation and the dynamics of self-organized current filaments in a planar DC gas-discharge system with high-ohmic barrier. The structures are observed in nitrogen at pressures of approx. 300 mbar and a discharge gap width of 0.5 mm via the luminance density distribution emitted from the discharge gap. It turns out that the filaments exhibit interesting particle-like properties like generation and annihilation, scattering, and formation of molecules. Processes in which the filaments retain their shape can be analyzed by means of stochastic data analysis. In this way, both intrinsically standing and propagating filaments can be found, corresponding to Brownian and active Brownian motion. In addition, a distance-dependant interaction law between mutually interacting dissipative solitons can be determined, quantitatively explaining the experimentally observed interaction phenomena. The observations are explained in the context of a phenomenological model taking account of the macroscopic properties of the gas-discharge system.

P 14.3 Sa 14:45 Poster HU

Diagnosics of the afterglow of a Dielectric Barrier Discharge running in Ar/CxHy mixtures — ●I. P. VINOGRADOV, M. SHAKHATRE, and A. LUNK — Institut fuer Plasmaforschung, Universitaet Stuttgart, Pfaffenwaldring 31, D-70569 Stuttgart

FTIR- and broad band UV- absorption spectroscopy diagnostics were applied in the afterglow of a dielectric barrier discharge (DBD-afterglow) running in Ar/fluorocarbon mixtures (C3HF7, c-C4F8) at a pressure of one bar in dependence on the gas flow rate and the power. The gas analysis was performed in the volume which is several mm (up to 10 mm) away from the active region of a dielectric barrier discharge. From all mentioned diagnostics tools only stable products in a DBD afterglow were identified. The analysis of data shows that there are no big differences between stable products in a DBD-afterglow in comparison to the active zone of a DBD. The concentration of CF2 depends linearly on gas flow rate. Only the absolute values of concentrations are different. In Ar/c-C4F8 the density of reaction products and also the film deposition rate are linear proportional to the gas flow rate and the discharge power. In C3HF7 no polymer film could be deposited in afterglow. AFM, REM and XPS methods were applied for analyses of polymer film deposited on silicon wafer. In DBD-afterglow the F/C ratio in the film is much higher (1.98) in comparison to F/C ratio of films produced in a DBD (1.44) at the same outer discharge parameters. From the results measured the question of the precursor species responsible for the film deposition in a DBD appears in a new light and will be discussed in detail.

P 14.4 Sa 14:45 Poster HU

The atmospheric pressure plasma jet (APPJ): Characteristics and diagnostics — ●S. REUTER, K. NIEMI, V. SCHULZ-VON DER GATHEN, and H.F. DÖBELE — Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Physik, 45141 Essen

The APPJ [1] operates with a high-flow (several m^3/h) helium and small amounts of molecular additives, such as e.g. O_2 between electrodes

with RF excitation. The discharge is typically homogeneous and provides an efficient effluent of radicals. Plasma parameters are typically $n_e \sim 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ and $T_e \sim 2 \text{ eV}$. The plasma operates under ambient conditions. The temperature of the effluent is below 100°C . The cold and neutral effluent containing highly reactive radicals is considered for etching, coating, in-situ treatment of sensitive tissues. Diagnostics applied to the APPJ are TALIF, OES, thermography, and diode laser absorption spectroscopy. Concentric and planar versions have been realized. The jet can now be operated with argon as feedgas and in a pulsed mode in case of helium. The absolute density profile of atomic oxygen [2] is compared to results from other diagnostic methods. The measurements show that the reactive species is present far more outside the jet than previously expected. VUV radiation is detected at several cm distance from the nozzle in air. The diagnostics include also metastable Helium or Argon Atoms. Supported by the 'Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen'.

[1] Selwyn et al. 1998 IEEE Trans. Plasma Sci. 26 1685

[2] K. Niemi; see contribution at this meeting

P 14.5 Sa 14:45 Poster HU

Negative Sauerstoffionen in einer gepulsten RF-Entladung mit induktiver Einkopplung in Edelgas / Sauerstoff-Gemischen — ●J. A. WAGNER, H. M. KATSCH und H. F. DÖBELE — Universität Duisburg-Essen (Campus Essen), Fachbereich Physik, D-45117 Essen

In einer gepulsten Sauerstoff-RF-Entladung mit einem modifizierten GEC-Reaktor wurde die zeitabhängige Dichte der negativen Sauerstoffionen untersucht. Durch Vergleich mit Modellrechnungen konnten aus dem zeitlichen Verhalten der positiven und negativen Ladungsträgerdichten im Afterglow der Entladung die wesentlichen Verlustprozesse der negativen Ionen identifiziert werden. Bei Plasmadichten $\geq 10^{11} \text{ cm}^{-3}$ ist der Hauptverlustprozess für negative Ionen durch gegenseitige Neutralisation mit den positiven Ladungsträgern gegeben. Einen kleineren Einfluss auf den Verlust der negativen Ionen haben Stöße mit atomarem Sauerstoff und Stöße mit den metastabilen Sauerstoffmolekülen, $O_2(a^1\Delta_g)$. Alle Edelgas / Sauerstoff Mischungen zeigen bis zu einem Verhältnis von 9 zu 1 einen hohen Anteil negativer Ionen. Im Vergleich zum Ergebnis von Modellrechnungen nimmt im Afterglow die Dichte der negativen Ionen deutlich langsamer ab. Offensichtlich wird ein weiterer Erzeugungskanal für die negativen Ionen im Afterglow wirksam. Messungen mit zeitabhängiger Appearance-Potential Massenspektrometrie lassen den Einfluss der metastabilen Edelgasatome und der hochliegenden metastabilen Sauerstoffmoleküle, $O_2(A^3\Sigma_u^+, C^3\Delta_u, c^1\Sigma_u^-)$, als weitere Bildungskanäle für negative Sauerstoffionen wahrscheinlich erscheinen. Dieses Projekt wird von der DFG im Rahmen des SFB 591, Teilprojekt A7, gefördert.

P 14.6 Sa 14:45 Poster HU

Higher order Chapman-Enskog electrical conductivities of Hg, Na, and rare-gas plasmas — ●MARTIN WENDT, MANFRED KETTLITZ, and HARTMUT SCHNEIDENBACH — INP Greifswald, Friedrich-Ludwig-Jahn-Str. 19, 17489 Greifswald

We investigate the influence of the approximation order N of the Chapman-Enskog method on the electrical conductivity $\sigma(N)$ which is a key parameter in HID-lamp modelling [1]. Devoto demonstrated that this method converges rather slowly for Argon at low temperatures where electron-atom collisions dominates [2]. This slow convergence is associated with the Ramsauer-minimum in the electron-atom cross section of rare-gases. We give detailed numerical results of $\sigma(N)/\sigma(N-1)$ for all rare-gases (except Rn) and some rare-gas/metal plasmas. We conclude that for He and Ne, that do not show an equally sharp Ramsauer-minimum as Ar, Kr and Xe, $\sigma(N)$ converges rapidly below 8000 K ($\sigma(3)/\sigma(2) < 1.03$ for He, $\sigma(4)/\sigma(3) < 1.05$ for Ne). For Ar, Kr and Xe which have a more pronounced Ramsauer-minimum the convergence is slower. For Ar only $\sigma(5)/\sigma(4)$ is below 1.10 for all $T > 2000 \text{ K}$. For Kr and Xe one still gets maxima of 1.18 and 1.22 in $\sigma(6)/\sigma(5)$ at 3750 and 4200 K, respectively. The conductivities are used to validate the temperature profiles coming from a fit of the sodium D lines in an HID-lamp with a NaI-Xe fill.

[1] S. Chapman, T. G. Cowling, "The Mathematical Theory of Non-Uniform Gases", Cambr. University Press (1953)

[2] R. S. Devoto, Phys. Fluids, **9** (1966) 1230.

P 14.7 Sa 14:45 Poster HU

Temporal evolution of atomic oxygen density profiles in a pulsed rf plasma — ●SILKE PETERS, KRISTIAN DITTMANN, BERT KRAMES und JÜRGEN MEICHSNER — Institute of Physics, University of Greifswald, Domstr. 10a, 17489 Greifswald, Germany

Atomic oxygen represents an important reactant in plasma surface treatment of materials. The knowledge about spatio-temporal density distributions of such species is of great interest for better understanding of elementary processes involved, and comparison with results from simulation. In the used capacitively coupled rf-discharge the atomic oxygen density distributions are determined by diffusion as well as by generation and loss processes in plasma chemical reactions. For various plasma parameters the axial and radial profiles were studied by two photon absorption laser induced fluorescence spectroscopy (TALIF) at different time delays after plasma ignition and during the afterglow. The results from pulsed plasmas are compared with previous measurements under continuous discharge conditions. Both, the investigations of plasma-on and the plasma-off phase provide results about the radial profiles which confirm very well the explanation in the case of continuous plasma. On the other hand, the time-evolution of the axial profiles shows different behaviour compared with continuous discharge mode.

P 14.8 Sa 14:45 Poster HU

Investigation of diffuse barrier discharges in gas mixtures of nitrogen with noble gases — ●RONNY BRANDENBURG¹, HANS-ERICH WAGNER¹, PETER MICHEL¹, DAVID TRUNEC², ZDENEK NAVRATIL², and PAVEL STAHEL² — ¹Institute of Physics, University of Greifswald, Domstr. 10a, 17491 Greifswald — ²Department of Physical Electronics, Masaryk University, 61137 Brno, Czech Republic

Usually barrier discharges (BDs) are characterized by many microdischarges occurring (so-called filamentary mode). But under special conditions they can be operated in a diffuse mode. Diffuse BDs have been investigated in helium, nitrogen and neon by plasma diagnostics and numerical modelling by different authors. It was demonstrated that the diffuse BD in nitrogen is a Townsend-like discharge, while in helium respectively neon the structure of a sub-normal glow-discharge has been investigated (so-called Glow-like mode). This contribution reports results on experimental studies of diffuse BDs in mixtures of nitrogen with the noble gases argon, helium and neon respectively. The discharge voltage and current are measured and spatio-temporally resolved optical emission spectroscopy is performed. It is shown that the discharge remains in the diffuse mode until a relative high admixture of noble gases. The aim of this work is the investigation of the transition between the Townsend- and the Glow-like mode. By this, one can contribute to a better understanding on the elementary processes leading to diffuse as well as filamentary BDs, respectively. In particular the process of pre-ionisation of the gas before the breakdown by nitrogen metastable states and the important role of collisional quenching of these active species will be figured out.

P 14.9 Sa 14:45 Poster HU

Ein Schwerteilchen-Transportmodell für Niedertemperatur-Plasmen — ●THOMAS SENEGA und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum

Das entwickelte Modell beschreibt die Transporteigenschaften der Schwerteilchen (Gesamtheit der Neutralteilchen und geladenen Teilchen) in einem Niedertemperatur RF-Plasma. Basierend auf der Boltzmann-Gleichung wurden dazu die fluiddynamischen Momentengleichungen und geeignete Transportkoeffizienten entwickelt. Dabei wurde berücksichtigt, daß die Schwerteilchen im Impuls- und Energiegleichgewicht stehen und jede einzelne Schwerteilchensorte eine Teilchenerhaltungsbilanz erfüllt. Eine Entwicklung der Verteilungsfunktionen der Schwerteilchen in eine geeignete Orthogonalreihe wird dazu verwendet, um die Transporteigenschaften zu berechnen. Damit können die Terme zur Beschreibung der Wärmediffusion, des viskosen Drucks und damit die Drift-Diffusion der Teilchen dargestellt werden. Durch die konsistente Herleitung aus der Kinetik ist gewährleistet, daß die Schwerteilchen in ihren Eigenschaften korrekt beschrieben sind. Dabei werden alle Schwerteilchen gemeinsam als ein Gesamtmedium betrachtet, die den physikalischen Erhaltungssätzen genügen. Jede einzelne Teilchensorte ist bezüglich dieses Gesamtmediums durch ein Drift-Diffusionsmodell beschrieben.

P 14.10 Sa 14:45 Poster HU

Randbedingungen für Drift-Diffusions-Modelle mehrkomponentiger Plasmen — ●RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Elektrotechnik und Informationstechnik

Die selbstkonsistente fluiddynamische Theorie mehrkomponentiger Plasmen beinhaltet eine Reihe mathematischer Schwierigkeiten, die den resultierenden Modellen numerisch ungünstige Eigenschaften verleihen. Ein Beispiel dafür liefert das Auftreten interner räumlicher Strukturen in den fluiddynamischen Modellen eines elektronegativen Plasmas [1,2]. Die physikalische Realität dieser Strukturen ist noch umstritten, und sie sind vermutlich auch dynamisch unerheblich; dennoch führt ihre mögliche Präsenz zu einer erheblichen Steifheit der numerischen Modelle. Ein möglicher Weg zur Umgehung dieser Schwierigkeiten besteht in der Verwendung der mathematisch einfacheren Drift-Diffusions-Modelle, die aus der fluiddynamischen Beschreibung unter Vernachlässigung der Trägheitseffekte hervorgehen. Hier ergibt sich allerdings das Problem, dass die Verhältnisse in der trägheitsbestimmten Randschicht nicht korrekt erfasst werden. Der Beitrag analysiert dieses Problem und schlägt zu seiner Behebung die Einführung korrigierter Randbedingungen für die Drift-Diffusionsmodelle vor, die aus der vollen Fluiddynamik durch Anwendung asymptotischer Methoden hergeleitet werden. Die Unterschiede zum bekannten Bohm-Kriterium werden analysiert.

[1] I.G. Kouznetsov et al., J. Appl. Phys. 86 (8), pp. 4142 (1999)

[2] R.N. Franklin, Plasma Sources Sci. Technol. 11 pp. 31 (2002)

P 14.11 Sa 14:45 Poster HU

Erweiterte Analyse eines Multifluid-Plasmodells der kathodischen Randschicht thermischer Plasmen — ●FRANK H. SCHARF und RALF PETER BRINKMANN — Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum

M.S. Benilov entwickelte ein Modell, das die kathodische Randschicht thermischer Plasmen als einen Satz von Flüssigkeiten beschreibt (jeweils für Elektronen, Ionen, und Neutralteilchen)[1,2]. Das Modell hat für die Simulation sogenannter High-Intensity-Discharges große Bedeutung. Vergleiche von verschiedenen Experimenten mit auf diesem Modell basierenden Simulationen haben in weiten Teilen gute Übereinstimmung gezeigt, allerdings scheint in anderen Teilen eine weitere Randbedingung zu fehlen, um eine eindeutige Lösung zu bestimmen. Das Modell basiert auf vier Gleichungen (Impuls- und Teilchenzahlerhaltung für Ionen und Neutralteilchen). Die Gleichungen enthalten Variablen für die Dichte und die Geschwindigkeit beider Teilchensorten: n_i , n_a , v_i und v_a . Benilov löst die Gleichungen nach n_i und v_i auf. Ein Auflösen nach v_i und v_a stattdessen ermöglicht uns andere Einsichten in die mathematische Struktur des Problems. Mittels dieser Einsichten können wir Benilovs Ergebnisse bestätigen und analytische, selbstkonsistente Lösungen präsentieren.

[1] M S Benilov J. Phys. D: Appl. Phys. 28 (1995) 286-294

[2] M S Benilov et al., Proc. GEC2004, MT1.002

P 14.12 Sa 14:45 Poster HU

Elektromagnetische Effekte in kapazitiv gekoppelten Niedertemperaturplasmen — ●THOMAS MUSSENBRÖCK, TORBEN HEMKE und RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, D-44780 Bochum, Germany

Kapazitiv gekoppelte Niedertemperaturplasmen (CCPs) sind unter anderem bei der Fabrikation mikroelektronischer Schaltungen zu einem wichtigen Werkzeug geworden. Die Kontrolle, Steuerung und Regelung der entsprechenden Plasmaprozesse kann auf Grund der besonderen Anforderungen, die das industrielle Umfeld stellt, häufig nur auf der Basis adäquater Modell-basierter Plasmadiagnostikmethoden realisiert werden. Bei der entsprechenden Modellierung von CCPs beschränkt man sich oft auf die elektrostatische Näherung der Maxwell-Gleichungen. Allerdings ist insbesondere auf Grund der immer größer werdenden Plasmareaktoren und Betriebsfrequenzen zu hinterfragen, ob diese Näherung ihre Gültigkeit behält oder ob nicht der volle Satz der Maxwell-Gleichungen bei der Modellbildung zu berücksichtigen ist [1]. Der vorliegende Beitrag nimmt sich dieser Fragestellung an. Er diskutiert exemplarisch den in CCPs zu beobachtenden Skin-Effekt, der in gewissen Regimen einen nennenswerten Einfluss auf die durch die zu Grunde liegende Modellbasierte Diagnostikmethode ermittelten Plasmamaparameter zeigt und somit möglicherweise nicht unberücksichtigt bleiben darf.

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

P 14.13 Sa 14:45 Poster HU

Messung der H_3^+ -Dichte in einer Oberflächenwellenentladung mittels Cavity-Ringdown-Spektroskopie — ●M. BERGER^{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 Kenntnis der Ionenzusammensetzung in wasserstoffdominierten

Plasmen ist für eine Vielzahl von Anwendungen von Interesse. Sie beeinflusst sowohl die Reaktionskinetik von Schwerteilchenprozessen im Volumen, als auch die Erosions- und Depositionsausbeute an Oberflächen. Mit Hilfe von wellenlängen aufgelöster Cavity-Ringdown-Spektroskopie kann die Linienabsorption von H_3^+ mit hoher Empfindlichkeit gemessen werden, so dass dadurch eine nicht-invasive spektroskopische Methode zur Dichtebestimmung dieser Ionensorte gewonnen werden kann. Vorge stellt werden ein modulares transportables System zur Cavity-Ringdown-Spektroskopie an H_3^+ und erste Testmessungen an einer Oberflächenwellenentladung. Die Ergebnisse werden diskutiert und mit Modellierungen verglichen.

P 14.14 Sa 14:45 Poster HU

Optimierte Photodiodendiagnostik zur Anwendung an negativen Ionenquellen (H^-/D^-) — ●M. DREXEL¹ 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

Negative Ionenquellen sollen zukünftig in Neutralteilchenheizungen für Fusionsreaktoren eingesetzt werden. Die negativen Ionen werden in Wasserstoffplasmen über Volumenprozesse und Wechselwirkungen von Wasserstoff mit Cäsiumatomen an Oberflächen erzeugt. Dies führt zu einer zeitlichen Dynamik des Quellenplasmas, weshalb eine zeitauf lösende Messung der Plasmakenngrößen wünschenswert ist. Die Emissionsspektroskopie stellt dabei eine Methode dar, die von Störquellen wie HF- und Magnetfeldern unbeeinflusst ist. Zur Diagnostik des Plasmaperhaltens werden die Balmerlinien des Wasserstoffatoms ausgewertet, für das Cäsiumverhalten drei Cäsiumlinien (für Neutrale und Ionen). Die dabei wichtigen Spektrallinien im Wellenlängenbereich von 400 nm - 900 nm weisen einen großen Dynamikbereich in der Intensität auf, weshalb ein Diodensystem als Standarddiagnostik entwickelt wurde. Um Intensitätsverluste zu minimieren, wird das Licht über einen Drehspiegel mit hoher Frequenz auf 8 Photodioden reflektiert, welche mit Interferenzfiltern ausgestattet sind. Erste Messungen mit diesem System an einer HF-angeregten H^-/D^- -Quelle werden dargestellt und diskutiert.

P 14.15 Sa 14:45 Poster HU

Berechnung von Teilchendichten für die Diagnostik an Niedertemperaturplasmen — ●D. WÜNDERLICH^{1,2} und U. FANTZ^{1,2} — ¹Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Institut für Physik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Assoziation

Zur Bestimmung von Plasmaparametern (n_e , T_e , Vibrationsbesetzung von Molekülen, ...) mittels Emissionsspektroskopie sind Besetzungsmodele nötig. Die Qualität dieser Modelle hängt stark von der Qualität der eingehenden Datenbasis ab. Im Gegensatz zu Atomen weist die Datenbasis für fast alle Moleküle quantitative und qualitative Einschränkungen auf. Da das Wasserstoffmolekül H_2 sowohl in Fusions- als auch in Prozessplasmen eine wichtige Rolle spielt, wurde die Datenbasis für dieses Molekül um Einsteinkoeffizienten, Franck-Condon-Faktoren sowie Wirkungsquerschnitte für Elektronenstoßprozesse ergänzt. Unter Verwendung der erweiterten Datenbasis wurde ein Stoß-Strahlungsmodell für H_2 erstellt. In diesem Modell ist die Hauptquantenzahl $n = 3$ nach den einzelnen elektronischen Zuständen aufgelöst, zudem werden die Vibrationsniveaus einiger elektronisch angeregter Zustände berücksichtigt. Zur Implementierung des Modells wurde der neu entwickelte Solver Yacora verwendet. Dieser Solver ermöglicht es, im Modell den atomaren Wasserstoff sowie die relevanten Schwerteilchen zu berücksichtigen. Somit liegt eine Kombination von Stoß-Strahlungsmodell und Dissoziationsmodell vor. Die Resultate des erstellten Modells werden mit an einem Niedertemperaturplasma experimentell bestimmten Werten verglichen. Weitere Anwendungsmöglichkeiten werden vorgestellt und diskutiert.

P 14.16 Sa 14:45 Poster HU

A Novel Method for Absolute Atomic Density Measurements by Photoionization-Controlled Two-Photon Laser-Induced Fluorescence in Collision-Dominated Media — ●K. NIEMI, V. SCHULZ-VON DER GATHEN, and H. F. DÖBELE — Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Physik, Universitätsstr. 5, 45117 Essen

Collisional quenching of excited particles in media at elevated pressure represents the main problem for quantitative fluorescence spectroscopic measurements. We present a novel method based on photoionization-controlled loss spectroscopy [Salmon et al. 1986 *Opt. Lett.* **11** 419] for local measurements of effective quenching rates and, consequently, absolute particle densities with conventional nanosecond laser systems in collision-dominated situations without information on the quenching processes

required. For a proof-of-principle we use a flow-tube reactor to generate O-atoms, which are diagnosed in the overlap of two focussed laser beams – one at $\lambda = 225$ nm for two-photon excitation and the other at $\lambda = 338$ nm for subsequent photoionization. The particular source provides a basis for comparison, because the quenching rate of the laser-excited atoms can be calculated from measured quenching coefficients and known collider densities. The results of preliminary measurements are promising. The applicability of this method limited by the high radiation intensities required for substantial photoionization and the associated risk of artificial particle generation, e.g. by photodissociation, may be extended using alternative schemes of two-photon excitation to higher states from which photoionization can be achieved with lower photon energies.

P 14.17 Sa 14:45 Poster HU

Absolute Atomic Oxygen Density Measurements in an RF Excited Atmospheric Pressure Plasma Jet (APPJ) by Two-Photon Laser-Induced Fluorescence Spectroscopy (TALIF) — ●K. NIEMI, S. REUTER, V. SCHULZ-VON DER GATHEN, and H. F. DÖBELE — Universität Duisburg-Essen, Fachbereich Physik, Universitätsstr. 5, 45117 Essen

The APPJ operated with a high helium flux and small molecular admixtures such as oxygen, fluorine or hydrogen contains a homogeneous plasma generated between concentric electrodes by capacitively coupled RF power at 13.56 MHz [Selwyn et al. 1998 *IEEE Trans. Plasma Sci.* **26** 1685]. The jet effluent leaving the discharge through a ring-shaped nozzle contains high concentrations of radicals at a low temperature – the key-property for a variety of applications like etching, coating, sterilization and decontamination of temperature sensitive surfaces and possibly *in-situ* medical treatment. We report on quantitative atomic oxygen density measurements in the effluent of an APPJ by TALIF using a novel calibration scheme with xenon. Near the nozzle atomic oxygen densities up to $3 \times 10^{15} \text{ cm}^{-3}$ and a temperature of 80 °C were measured at a helium flux of $2 \text{ m}^3/\text{h}$, an oxygen admixture of 0.5% and an RF-power of 150 W. The atomic density decreases by two orders of magnitude along a distance of ~ 10 cm from the nozzle while remaining concentrated on axis.

This work was supported by the 'Ministerium für Wissenschaft und Forschung des Landes Nordrhein-Westfalen'.

P 14.18 Sa 14:45 Poster HU

Electric field measurements by Doppler-free spectroscopy in hydrogen — ●MINJA GEMISIC ADAMOV, ANDREAS STEIGER, and JOACHIM SEIDEL — Physikalisch-Technische Bundesanstalt Berlin

Direct measurements of local electric field strengths in low-density plasmas are possible by Doppler-free two-photon spectroscopy, based on the Stark splitting of the atomic resonance lines. For this purpose, an advanced pulsed UV-laser tuneable around 205 nm is used which provides both the high peak power needed for two-photon excitation and the high spectral resolution required to resolve hyperfine splitting. Hydrogen is suitable because of the simplicity of its spectra and its presence in most low density plasmas. In this experiment atomic hydrogen is produced by thermal dissociation in a small cell filled with hydrogen gas. In the homogeneous electric field between two parallel electrodes, the Stark-splitting of the 1S-3S, 3D transition is detected by an opto-galvanic signal and the Balmer- α fluorescence. For comparison, both signals induced by two-photon excitation at 205 nm are measured simultaneously.

P 14.19 Sa 14:45 Poster HU

Atlas of EUV spectra of light elements — ●ŽELJKO ANDREIĆ¹, HANS-JOACHIM KUNZE², and ANTE HEČIMOVIĆ³ — ¹Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, University of Zagreb, Pijerotijeva 6, 10 000 Zagreb, Croatia — ²Institute of Experimental Physics V, Ruhr-University, 44780 Bochum, Germany — ³Faculty of science, University of Zagreb, Bijenička 32, 10 000 Zagreb, Croatia

Spectra of laser produced plasmas of light elements (Be-F) were systematically gathered with the help of a flat-field grazing-incidence spectrograph build around Hitachi 1200 l/mm grating. For each element the instrumental spectrum and the "true" spectrum, cleaned of the higher order of spectral lines is assembled out of several spectra to cover as large spectral range as possible. The spectra are accompanied by tables of major identified spectral lines and description of acquisition conditions, file format and other usefull details. Some basic software will also be available in future as freeware. Spectra from this atlas can be used to simplify wavelength calibration of XUV instruments built around the same or a similar gratings, line identification in this spectral range, etc.

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

P 14.20 Sa 14:45 Poster HU

Physical Diagnostic Design and Optimization — ●HEIKO DREIER¹, ANDREAS DINKLAGE¹, RAINER FISCHER², HANS J. HARTFUSS¹, MATTHIAS HIRSCH¹, and EKKEHARD PASCH¹ — ¹Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, Teilinstitut Greifswald, Wendelsteinstr. 1, D-17491 Greifswald — ²Max-Planck-Institut fuer Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, D-85748 Garching

In this work concepts for the design and optimization of diagnostic units for fusion plasmas will be presented. Background of this study is the preparation for the measurement of plasma parameters for Wendelstein 7-X. Depending on the physics scenario, different goals for the design can be defined, such as the reconstruction of spatial dependencies itself (e.g. density profiles) or the measurement of gradients (e.g. for bootstrap current modelling). Hence, the physical issue to be treated leads to different figures of merit for optimization. Technically, this information maximization with respect to expected data is performed within Bayesian decision theory. First studies on Thomson scattering and interferometry are subjects of the present work. Optimization parameters are, e.g., the number of sightlines and their respective geometry. Finally, it is planned to combine different diagnostics in order to arrive at *meta-diagnostics* benefitting from the respective strength of complementary measurements.

[1] R. Fischer, A. Dinklage, E. Pasch, Plasma Phys. Control. Fusion **45**, 1095 (2003)

P 14.21 Sa 14:45 Poster HU

Konsistente Zerlegung von Massenspektren mit Hilfe der Bayesschen Datenanalyse — ●THOMAS SCHWARZ-SELINGER und VOLKER DOSE — Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Euratom Association, 85748 Garching

Quadrupol-Massenspektrometer bieten prinzipiell die Möglichkeit Komponenten eines Gasgemisches mit hoher Sensitivität nachzuweisen. Durch die Fragmentierung der Moleküle im Ionisator und die daraus resultierende Überlagerung der Signalanteile verschiedener Spezies ist bei vielen Anwendungsfällen jedoch die eindeutige Interpretation des Meßsignals erschwert. Bisher gängige Methoden erlauben nur eine näherungsweise Zerlegung der Spektren und liefern oft unphysikalische Ergebnisse wie z.B. negative Konzentrationen. Die Zerlegung der Massenspektren mit Hilfe der Bayesschen Datenanalyse überwindet diese Einschränkungen. Sie erlaubt, die Daten zusammen mit allen Zusatzinformationen wie etwa den Kalibriermessungen zu analysieren. Durch die konsistente Einbeziehung der Meßgenauigkeit in die Analyse erhält man neben den Erwartungswerten für die relativen Konzentrationen auch die Fragmentierungsmuster und zusätzlich deren Vertrauensintervalle. Damit ist es mit dieser Methode auch möglich Radikale verlässlich zu identifizieren und deren Fragmentierungsmuster zu bestimmen. Die Frage, wie viele Komponenten in einem unbekanntem Gasgemisch enthalten sind, kann mit Hilfe der Methode des Modellvergleichs beantwortet werden. Die Grundlagen der Methode werden vorgestellt und an Hand von Beispielen erläutert.

P 14.22 Sa 14:45 Poster HU

Electron heating by vibrationally excited molecules in the afterglow of a pulsed, inductively coupled rf discharge — ●DEBORAH O'CONNELL¹, MARIANA OSIAC¹, BRIAN HEIL¹, THOMAS SCHWARZ-SELINGER², MILES TURNER³, TIMO GANS¹, and UWE CZARNETZKI¹ — ¹Institut für Plasma- und Atomphysik, Ruhr-Universität Bochum, 44780 Bochum, Germany — ²Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM Association, 85748 Garching, Germany — ³Plasma Research Laboratory, Dublin City University, Dublin 9, Ireland

Investigations in the afterglow of a pulsed-mode, inductively coupled, hydrogen plasma reveal that the positive space charge sheath does not fully collapse in the post discharge. Time resolved measurements of ion energy distribution functions (IEDFs), using a mass resolved ion energy analyser incorporated into the grounded electrode, exhibit a finite energy of a few eV, for several hundred micro-seconds in the afterglow. This is attributed to electron heating by super-elastic collisions with vibrationally excited molecules. A particle in cell (PIC) simulation confirms electron heating through super-elastic collisions. Measurements of the vibrational temperature, by optical emission spectroscopy, also support this electron heating mechanism. Decay times for the electron density, measured with

a Langmuir-probe, are in good agreement with the decay of the ion flux. The project is funded by the DFG in the frame of SFB 591.

P 14.23 Sa 14:45 Poster HU

ICP OES Präzisionsmessverfahren für die Elementanalytik — ●OLAF RIENITZ — Bundesallee 100, 38116 Braunschweig

Das Präzisionsmessverfahren mit Hilfe der ICP OES (Inductive Coupled Plasma Optical Emission Spectroscopy, Spectro Ciros CCD) beruht auf der Plasma-Fluoreszenzemission des untersuchten Elements. Dabei werden bis zu 10 verschiedene Spektrallinien einer frisch präparierten primären Lösung sowie einer Lösung unbekanntes Elementgehaltes analysiert. Die Vielzahl der für die Analyse nutzbaren Spektrallinien wird durch die hohe Anregungsenergie, die im Plasma zur Verfügung steht, erreicht. Die Fluoreszenz wird über einen Gittermonochromator spektral zerlegt und simultan im Spektralbereich von 130 nm bis 750 nm mit Hilfe eines CCD-Arrays detektiert. Der Elementgehalt der primären Lösung wird anhand der Peakflächen iterativ an den der unbekanntes Lösung angepasst. Als interner Standard wird überwiegend Yttrium verwendet. Die Lösungen werden im sog. Bracketing-Verfahren gemessen. Mit diesem Verfahren ist es gelungen, am Beispiel von Cu- und Fe-Lösungen relative Messunsicherheiten im Bereich von 0,05 bis 0,07 Prozent für den Massenanteil zu erreichen. Die vorgestellte Methodik ist Teil des Projektes Rückführungssystem für die Elementanalytik.

P 14.24 Sa 14:45 Poster HU

Untersuchung plasmapolymerisierter Barrierschichten auf Polymeren — ●M. LEINS, A. SCHULZ, M. WALKER und U. STROTH — Institut für Plasmaforschung, Universität Stuttgart, Pfaffenwaldring 31, D-70569 Stuttgart, Deutschland

Die Permeation von Gasen, wie z. B. von O₂ oder CO₂, stellt in der Lebensmittelverpackungsindustrie ein schwerwiegendes Problem dar. Auch in anderen Bereichen werden flexible Polymere mit guten Barriereigenschaften gefordert. Hier können z.B. die Entwicklung und Herstellung von organischen LEDs oder organischen Solarzellen genannt werden.

Es gibt verschiedene Methoden die Barriereigenschaften von Polymeren zu verbessern. In der Verpackungsindustrie werden vor allem Polymere, die Polyvinylidenchlorid- (PVDC) oder Ethylenvinylalkohol- (EVOH) Schichten enthalten, verwendet. Zudem sind häufig Schichten nötig, die die Bindung zwischen Polymer- und Barrierschicht verstärken. So ergibt sich ein mehrschichtiger Aufbau des Polymer mit deutlich verbesserten Barriereigenschaften.

Das Poster behandelt die Erzeugung und Untersuchung plasmapolymerisierter Barrierschichten auf Polyethyleneterephthalat (PET, Dicke: 26 µm). Zur Herstellung der Barrierschichten wurde eine Mikrowellenplasmaanlage in Form einer ECR (Electron Cyclotron Resonance)-Anordnung verwendet. Hiermit ist es möglich großflächig, homogene Schichten abzuschneiden. Für die Abscheidung der SiO_x-Schichten wurden Sauerstoff (O₂) und eine organische Siliziumverbindung Hexamethyldisiloxan (HMDSO) eingesetzt. Die Schichten wurden mit Hilfe der Infrarotabsorptionsspektroskopie (FT-IR) und Rasterelektronenmikroskopie (REM)-Untersuchungen charakterisiert. Die Sauerstoffpermeation wurde mit der Trägergasmethode als Funktion der Zeit gemessen. Für die Analyse der O₂-Moleküle wurde ein Keramik- (ZrO₂) Detektor eingesetzt.

P 14.25 Sa 14:45 Poster HU

Control of chaotic transport in Hamiltonian systems — ●G. CIRAOLO¹, C. CHANDRE¹, R. LIMA¹, M. VITTOT¹, M. PETTINI², and PH. GHENDRIH³ — ¹Centre de Physique Theorique, CNRS, Marseille, France — ²Osservatorio Astrofisico di Arcetri, Firenze, Italy — ³Departement de Recherche sur la Fusion Controlee, CEA-Cadarache, France

Chaos often represents a severe obstacle for the set-up of many-body experiments, e.g., in fusion plasmas or turbulents flows. We propose a strategy to control chaotic diffusion in Hamiltonian systems. The core of our approach is a small apt modification of the system which channels chaos by building barriers to diffusion. It leads to practical prescriptions for an experimental apparatus to operate in a regular regime (significant enhancement of confinement).