

## 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 FUSSMANN<sup>1</sup>, WERNER BOHMEYER<sup>2</sup> und GORDON KRENZ<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Humboldt-Universität zu Berlin — <sup>2</sup>Max-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 (CH<sub>4</sub> 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 10<sup>18</sup> m<sup>-3</sup> 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<sup>+</sup> + CH<sub>4</sub> → CH<sup>+</sup> + H<sub>2</sub> + 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 besonderes Gewicht zu.

P 24.2 Mi 15:00 1002

**Spectroscopic Diagnostic of Tungsten in Fusion Plasmas** — ●T. PÜTTERICH<sup>1</sup>, R. NEU<sup>1</sup>, R. DUX<sup>1</sup>, M. O MULLANE<sup>2</sup>, A. WHITEFORD<sup>2</sup>, A. KALLENBACH<sup>1</sup>, J.C. FUCHS<sup>1</sup>, H. MEISTER<sup>1</sup>, I. RADIVOJEVIC<sup>1</sup>, and ASDEX UPGRADE TEAM<sup>1</sup> — <sup>1</sup>MPI für Plasmaphysik, EURATOM-Association, Garching, GERMANY — <sup>2</sup>Department 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 W<sup>27+</sup> to Co-like W<sup>47+</sup> 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 W<sup>46+</sup> to Be-like W<sup>70+</sup> 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. <sup>13</sup>CH<sub>4</sub> Gaseinlass-Experimente haben gezeigt, dass sich unter bestimmten Bedingungen C Verunreinigungen effektiver auf Graphit ablagnen 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 simulie-

ren. 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 (~ 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<sup>22</sup> to 10<sup>24</sup> D/m<sup>2</sup> 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<sup>1,2</sup>, K. KRIEGER<sup>1</sup>, N. AZARENKOV<sup>2</sup>, S. LEVCHUK<sup>1</sup>, and C. LINSMEIER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>MPI f. Plasmaphysik, EURATOM Assoc., Boltzmannstr. 2, 85748 Garching — <sup>2</sup>Kharkiv 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<sub>3</sub><sup>+</sup> ions and of C<sub>2</sub><sup>-</sup> 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 × 10<sup>22</sup> m<sup>-2</sup>. 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 KRYCHOWIAK<sup>1</sup>, PH. MERTENS<sup>2</sup>, B. SCHWEER<sup>2</sup>, S. BREZINSEK<sup>2</sup>, R. KÖNIG<sup>1</sup>, O. SCHMITZ<sup>2</sup>, M. BRIX<sup>2</sup>, T. KLINGER<sup>1</sup> und U. SAMM<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, EURATOM-Association, 17491 Greifswald — <sup>2</sup>Institut 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  $10^3$ . 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  $2^3S \rightarrow 3^3P^0$  ( $\lambda = 388.9$  nm) sowie  $2^3P^0 \rightarrow 3^3D$  ( $\lambda = 587.6$  nm) werden präsentiert.

P 24.7 Mi 16:15 1002

**Interaction of Hyperthermal H- and D- Atoms with Noble Metal Surfaces** — •TATIANA BABKINA<sup>1</sup>, DOMOKOS KOVACS<sup>1</sup>, TIMO GANS<sup>1</sup>, UWE CZARNETZKI<sup>1</sup>, and DETLEF DIESING<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institute for Experimental Physics, CPST, Ruhr-University Bochum, Germany — <sup>2</sup>Institute 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.