

## P 3: Plasma Wall Interactions

Zeit: Montag 14:00–16:40

Raum: HZO 50

**Hauptvortrag**

P 3.1 Mo 14:00 HZO 50

**The importance of impurity migration in present and future fusion experiments** — ●KLAUS SCHMID, GERD MEISL, and KARL KRIEGER — Max-Planck Institut für Plasmaphysik, Garching Germany

The plasma in the scrape off layer of magnetic confinement fusion plasmas is defined by the power and particle flux from the confined core plasma and by the recycling of hydrogen species and generation of impurities at the location where its open field lines intersect with plasma-facing wall components. The erosion of elements from these first wall elements is determined by physical or chemical sputtering by the incident particle flux or by sublimation at high temperatures. All of these processes also depend on the surface state (e.g. composition) which varies as material is eroded and subsequently re-deposited forming mixed-material layers.

Thus to describe the evolution of the first wall a coupled, self-consistent description of the particle sources at the surface and the migration of impurities in the plasma is required. To that end the WallDYN code was developed.

In this presentation the migration of two elements, Beryllium (Be) and Nitrogen (N), with rather different deposition properties will be compared by applying WallDYN to interpret experimental results from ASDEX-Upgrade and JET in ITER like Wall (JET-ILW) configuration. Finally based on this model benchmark an extrapolation of the expected Be co-deposition and N accumulation in ITER will be presented.

**Hauptvortrag**

P 3.2 Mo 14:30 HZO 50

**Laserablation zur Echtzeitcharakterisierung der Wand in Fusionsexperimenten** — ●NIELS GIERSE — Forschungszentrum Jülich GmbH, 52425 Jülich

Die hohen Teilchen- und Wärmeflüsse sowie hochenergetische Neutronen an der ersten Wand stellen eine große Herausforderung auf dem Weg zu einem kommerziellen Fusionskraftwerk dar und erfordern die Untersuchung von fortschrittlichen Wandmaterialien.

Die genannten Bedingungen erschweren zugleich die zeitaufgelöste Untersuchung der Materialien während der Plasmaexposition.

Die *in situ* Untersuchung mittels Laserstrahlung bietet einen Ausweg. Hierbei wird intensive Laserstrahlung auf eine zu untersuchende Stelle ( $\ll 1 \text{ cm}^2$ ) im Fusionsexperiment geleitet. Die Laserstrahlung führt zur Ablation weniger hundert Nanometer des Materials. Das ablatierte Material kann zu Strahlung angeregt werden, entweder durch den Laserprozess selbst (Laser-Induced Break-Down Spectroscopy, LIBS) oder durch Wechselwirkung des Materials mit dem Fusionsplasma (Laser Induced Ablation/Desorption Spectroscopy, LIAS/LIDS).

Die Interpretation der quantitativen spektroskopischen Messung erfordert das detaillierte Verständnis der Abtragungs- und Anregungsprozesse.

Es wird ein Überblick über quantitative Ergebnisse der LIAS- und LIBS Methode aus TEXTOR- und Labormessungen gegeben sowie ein Programm zur gezielten Untersuchungen der relevanten Einzelprozesse vorgestellt.

**Fachvortrag**

P 3.3 Mo 15:00 HZO 50

**Dynamik der Rückhaltung von Deuterium in Wolfram** — ●SÖREN MÖLLER, BERNHARD UNTERBERG und SEBASTIJAN BREZINSEK — Forschungszentrum Jülich - Plasmaphysik

Die Rückhaltung von Wasserstoffisotopen in den Wandmaterialien von Fusionsreaktoren stellt ein wesentliches Problem für Brennstoffhaushalt und Materialeigenschaften im Fusionsreaktor dar. Die vorgestellten Experimente zeigen die zeitliche Dynamik der Inventare nach der Beladung von Wolfram.

Die Beladung des Wolframs erfolgt mit einem Deuteriumplasma mit Flussdichten von  $3 \times 10^{21} \text{ D}/(\text{m}^2\text{s})$  und Ioneneinschlagsenergie von 100eV in der linearen Plasmaanlage PSI-2. Zur Inventarbestimmung wird in-situ Laserdesorption und ex-situ Kernreaktionsanalytik verwendet.

Die Inventarmessungen zeigen, dass etwa 80% des Deuteriuminventars innerhalb der ersten Stunde nach der Exponierung desorbiert. Das übrige Inventar wird langfristig gespeichert. Der Vergleich von polykristallinem mit nanokristallinem, plasmadeponierten Wolfram zeigt eine etwa 6fach größere Rückhaltung der nanokristallinen Struktur.

P 3.4 Mo 15:25 HZO 50

**Modular Extension for Systems Codes for an Improved Calculation of the First-Wall Lifetime of DEMO** — ●MITJA BECKERS, WOLFGANG BIEL, DETLEV REITER, and ULRICH SAMM — Forschungszentrum Jülich, Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik

In the early design phase of a nuclear fusion demonstration power plant (DEMO), systems codes remain major tools for exploring the range of reasonable design parameters. Nevertheless present systems codes lack in estimating the lifetime of a reactor first-wall (FW). Hence an important criteria for feasibility assessment of a DEMO design is not yet included in system studies. For example charge exchange (CX) results in severe FW damage, if the magnetic configuration allows hot neutral particles to be formed in regions of hot plasma. Consequently these hot neutrals sputter a substantial amount of wall material, when impinging with energies above 1 keV. For these reasons a 1-dimensional (1d) Monte-Carlo (MC) code was developed for estimation of the lifetime of a DEMO full-tungsten (W) FW in the main chamber that calculated the sputtering of wall material by incident ions and secondary CX neutrals. Also, the code requested ion fluxes incident to the FW, and 1d radial profiles that were extended by an edge pedestal scaling, and described electron temperature and density. More important it determined the FW lifetime as a dependent property of the magnetic configuration. To sum up, the modular extension code was developed according to the specific demands of systems codes and was ultimately benchmarked with the well established 3d MC Code EIRENE.

P 3.5 Mo 15:40 HZO 50

**Interaction of Deuterium Plasma with Sputter-deposited Tungsten Nitride Films** — ●LIANG GAO<sup>1,2</sup>, WOLFGANG JACOB<sup>1</sup>, THOMAS SCHWARZ-SELINGER<sup>1</sup>, ARMIN MANHARD<sup>1</sup>, and GERD MEISL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Boltzmannstr. 2, 85748 Garching, Germany — <sup>2</sup>Ruhr-Universität, Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum

N<sub>2</sub> seeding is frequently used for radiative power dissipation in fusion devices with full-tungsten divertor, such as ASDEX-Upgrade and JET. N implantation into W or redeposition of W in the presence of N may produce N-containing W surfaces. Magnetron-sputtered tungsten nitride (WN<sub>x</sub>) films were exposed to deuterium (D) plasmas to mimic the interaction of D plasmas with such re-deposited layers. RBS and NRA were employed to measure the composition of WN<sub>x</sub>, erosion by D plasma and D retention. D implantation was performed with ion energies below 215 eV at sample temperatures of 300 K and 600 K. Low energy Ar plasma exposure was combined with NRA measurements for D depth profiling in the uppermost nanometers. The experimental results are compared with SDTRIM.SP simulations. Results show that D was only retained within the ion penetration range for samples exposed at 300 K. At 600 K, the total amount of retained D decreases by 50% compared with 300 K and D diffuses beyond the implantation zone. Annealing of the WN prior to D implantation can partially heal the D trap-sites thus reducing the retained D in the implantation zone by about 10%.

P 3.6 Mo 15:55 HZO 50

**Tiefenprofilanalyse zur präferentiellen Zerstäubung von exponierten Fe/W-Proben mittels Glimmlampenspektroskopie** — ●JONATHAN STEFFENS, CHRISTIAN BRANDT, ARKADI KRETER, SÖREN MÖLLER, MARCIN RASINSKI und BERNHARD UNTERBERG — Forschungszentrum Jülich, Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, D-52425 Jülich

Die Erosionsrate der ersten Wand in einem Fusionsreaktor muss minimiert werden, zum einen um die Lebensdauer zu erhöhen und zum anderen um die Verunreinigung des Plasmas zu vermeiden. Wolfram ist das Material der Wahl wegen der sehr kleinen Erosionsrate. Als Alternative wird der niedrig aktivierbare Stahl EUROFER untersucht, bei dem sich durch präferentielle Zerstäubung der Eisenmatrix die Wolframkonzentration an der Oberfläche erhöhen kann. Die vorgestellten Experimente zeigen Tiefenprofilanalysen von D-Plasma exponierten Fe/W-Proben, welche als Modellsystem für die präferentielle Zerstäubung im EUROFER dienen. Die Proben wurden in der linearen Plasmaanlage PSI-2 unter Variation der Oberflächentemperatur und Energie der auffallenden Ionen exponiert und anschließend wurde mittels

Glimmlampenspektroskopie das Tiefenprofil erstellt. Bei einer Proben-temperatur von 420K und 460K während der Exposition ist eine Erhöhung der Wolframkonzentration in oberflächennähe zu beobachten.

P 3.7 Mo 16:10 HZO 50

**Exploring the Structure of the Modified Top Layer of Polypropylene during Plasma Treatment** — •CARLES CORBELLÀ, SIMON GROSSE-KREUL, and ACHIM VON KEUDELL — Ruhr-University Bochum, Bochum, Germany

Plasma modifications of polypropylene (PP) surfaces are analyzed by means of vacuum beam experiments. A plasma source provides Ar ion beams and a background of UV photons. Additionally, neutral oxygen beams are sent to perform reactive sputtering of PP. The etch rate and chemical state are monitored in real time by in situ Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy. At the onset of Ar bombardment, PP shows high sputter yields, which decrease down to a constant etch rate indicating the formation of a modified top layer. The stationary top layer is modeled as combination of a pristine fraction plus a cross-linked fraction of amorphous hydrocarbon. Photon- and ion-dominated etch processes provide different cross-linking fractions, whereas the sputter efficiency is maximized at intermediate ion energies (200 eV).

P 3.8 Mo 16:25 HZO 50

**Development of Smart Self-Passivating Tungsten Alloys as**

**Passive Safety Measure for Future Fusion Reactors** — •TOBIAS WEGENER<sup>1</sup>, ANDREY LITNOVSKY<sup>1</sup>, JENS BRINKMANN<sup>1</sup>, FREIMUT KOCH<sup>2</sup>, and CHRISTIAN LINSMEIER<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, 42425 Jülich, Germany — <sup>2</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, D-85748 Garching

Due to its high melting point, low tritium retention and low erosion yield tungsten is a candidate material for the first wall of a future fusion reactor. In case of a so-called loss-of-coolant accident (LOCA) wall temperatures of about 1200 °C are predicted due to nuclear decay heat. The worst case scenario of the LOCA accompanied with air and water ingress, would lead to formation of highly volatile and radioactive tungsten trioxide (WO<sub>3</sub>). A solution for this issue could be smart self-passivating tungsten alloys, which may prevent the formation of WO<sub>3</sub>. Presently, ternary material systems with chromium and titanium are well characterized and show the best performance. In this contribution we show first results of new yttrium containing W-Cr-Y alloys produced by magnetron sputtering. These alloys are supposed to show oxidation rates similar to those of W-Cr-Ti, but with a higher content of W. First experiments of the new Ti-free alloy show an oxidation rate of  $k_p = 4.7 \cdot 10^{-6} \text{ mg}^2 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ , which is about four orders of magnitude lower compared to those of pure W at 800 °C. Experimental results and simulations of evaporated material in the case of LOCAs will be presented.