

P 30: Plasma Wall Interactions

Time: Friday 14:00–16:15

Location: SPA HS202

Invited Talk

P 30.1 Fri 14:00 SPA HS202

The material system beryllium-nitrogen-deuterium: review of recent results — ●TIMO DITTMAR¹, R. P. DOERNER², M. KÖPPEN¹, A. KRETER¹, CH. LINSMEIER¹, M. OBERKOFER³, and T. SCHWARZ-SELINGER³ — ¹Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich, Germany — ²Center for Energy Research, UC San Diego, San Diego, USA — ³Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, Germany

Beryllium has been chosen as first-wall amour material in JET-ILW and ITER. Due to the usage of N seeding in current tokamaks and a possible use of N in ITER, the properties of the Be-N-D material system became of greater interest: Ion beam experiments [1] showed the formation of thermally stable Be₃N₂. Beryllium samples exposed to D-plasma in the linear plasma device PISCES-B showed a significant reduction in Be erosion rate with N seeding [2]. Measured N/Be and D/Be ratios in codeposits were independent of the N seeding rate (0.8% - 10% N seeding) [3]. Gas balance measurements for N seeded L-mode discharges in JET indicate strong N retention and show a potential increase in D retention [4], possibly due to ND₃ formation.

This paper will re-visit and evaluate the available data from the different experiments in order to build a consistent model of the processes relevant for plasma-material interactions in the Be-N-D material system.

[1] Oberkofler et. al., Nuc. Fus. **50** (2010) 125001 [2] T. Dittmar et al., Phys. Scr. **T145** (2011) 014009 [3] T. Dittmar et al., JNM **438** (2013) S988 [4] M. Oberkofler et al., JNM **438** (2013) S258

P 30.2 Fri 14:30 SPA HS202

Untersuchung von strahlungsverstärkter Zerstäubung von Wolfram unter fusionsrelevanten Bedingungen — ●SÖREN MÖLLER, VOLKER PHILIPPS und ARKADI KRETER — Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, EURATOM Association, 52425 Jülich, Germany

Wolfram ist für die Verwendung als Plasmawandkomponente in zukünftigen Fusionsanlagen geplant. Die hohe Resistenz gegen plasmainduzierte Zerstäubung durch leichte Elemente, insbesondere Wasserstoffisotope und Helium, ist dabei einer der Hauptvorteile. Diesem Vorteil kann entgegenstehen, dass die Zerstäubung bei hohen Teilchenflüssen und/oder hohen Temperaturen gegenüber den Raumtemperaturwerten erhöht ist, ähnlich wie für Graphit beobachtet (Radiation Enhanced Sublimation, RES). Dies wird in einer Reihe von Veröffentlichungen berichtet. Dafür verantwortlich könnten leichter gebundene Oberflächenatome (ad-atoms) sein, die bevorzugt sublimieren. Ursächlich können entweder bestrahlungsinduzierte Zwischengitteratome (RES-Modell) oder geschwächte Bindungen oberflächennaher W-atome bei hohen Teilchenflüssen (Inclusion-Modell) sein. Daneben gibt es mögliche Veränderungen der Oberflächenstruktur, die die Zerstäubung erhöhen können. Modelle zur RES, ioneninduzierte Oberflächenrauigkeit und Tröpfchenausstritt durch Blasenbildung werden diskutiert und mit Abtragungsmessungen im Oberflächentemperaturbereich von 600-2000°C verglichen.

P 30.3 Fri 14:45 SPA HS202

Influence of tungsten microstructure and ion flux on deuterium plasma-induced surface modifications and deuterium retention — ●LUXHERTA BUZI^{1,2,3}, GREG DE TEMMERMAN², MICHAEL REINHART¹, DMITRY MATVEEV¹, BERNHARD UNTERBERG¹, GUIDO VAN OOST³, PETER WIENHOLD¹, UWE BREUER¹, and ARKADI KRETER¹ — ¹IEK - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Association EURATOM-FZJ, 52425 Jülich, Germany — ²FOM Institute DIFFER-Dutch Institute for Fundamental Energy Research, Edisonbaan 14, the Netherlands — ³Ghent University, Sint-Pietersnieuwstraat 41, B-9000, Ghent, Belgium

Tungsten is to be used as plasma-facing material for the ITER divertor due to its favourable thermal properties, low erosion and fuel retention. Bombardment of tungsten by low energy ions of hydrogen isotopes, at different surface temperature, can lead to surface modifications and influence the fuel accumulation in the material. This contribution will assess the impact of material microstructure and the correlation between the particle flux, surface modifications and deuterium retention in tungsten. Tungsten samples were exposed to deuterium plasma at a surface temperature of 510 K, 670 K and 870 K, ion energy of 40

eV and ion fluence of $10^{26} m^{-2}$. The high and low ion flux ranges were in the order $10^{24} m^{-2} s^{-1}$ and $10^{22} m^{-2} s^{-1}$. Depth profiling of deuterium in all the samples was done by secondary ion mass spectroscopy technique and a scanning electron microscope was used to investigate the surface modifications. Modelling of the D desorption spectra with the coupled reaction diffusion system model will be also presented.

P 30.4 Fri 15:00 SPA HS202

Bewertung von Aluminium als möglicher Ersatz für Beryllium in Experimenten zur Plasma-Wand-Wechselwirkung — ●MICHAEL REINHART, ARKADI KRETER, ALBRECHT POSPIESZCZYK, LUXHERTA BUZI und BERNHARD UNTERBERG — Forschungszentrum Jülich GmbH, Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, EURATOM Association, 52425 Jülich, Germany

Beryllium, das als Wandmaterial in ITER verwendet wird, kann aufgrund seiner Toxizität nur in wenigen Plasmaanlagen exponiert werden. Daher verwendet man als Alternative zum Beispiel Aluminium, das aufgrund seiner ähnlichen chemischen Eigenschaften als Ersatz für Beryllium in Frage kommt.

Dieser Vortrag zeigt die Ergebnisse von Aluminium-Exponierungen im linearen Plasmagenerator PSI-2. Die Proben wurden in einem Deuterium-Plasma mit $T_e=10$ eV, $n_e=1 \cdot 10^{18} m^{-3}$ und einem Ionenfluss von $1 \cdot 10^{22} m^{-2} s^{-1}$ mit einer D₂-Ionenenergie von 40 eV exponiert. Um den Einfluss von Plasmaverunreinigungen zu untersuchen, wurden Exponierungen sowohl mit reinem Deuterium, als auch mit zusätzlichen He- oder Ar-Verunreinigungen durchgeführt. Anschließend wurde die Deuterium-Rückhaltung, Oberflächenstruktur und die Zerstäubungsausbeute der Aluminiumproben untersucht.

Die Ergebnisse wurden mit Exponierungen von Beryllium im linearen Plasmagenerator PISCES-B verglichen. Es zeigt sich, dass die Veränderungen der Oberflächenmorphologie und der Zerstäubungsausbeute mit denen von Beryllium vergleichbar sind, während sich die Deuterium-Rückhaltung unterschiedlich verhält.

P 30.5 Fri 15:15 SPA HS202

Auswirkung der Geometrie kastellierter W-Strukturen auf den Teilchentransport in deren Spalten — ●M. HELWIG¹, A. LITNOVSKY¹, D. MATVEEV¹, A. KIRSCHNER¹, A. PODOLNÍK², M. KOMM³, Y. KRASIKOV¹, CH. LINSMEIER¹ und DAS TEXTOR TEAM¹ — ¹Institut für Energie- und Klimaforschung - Plasmaphysik, Forschungszentrum Jülich GmbH, Assoziation EURATOM-FZJ, 52425 Jülich, Deutschland — ²Department of Surface and Plasma Science, Charles University, CZ-18000 Prague, Czech Republic — ³Institute of Plasma Physics AS CR, v.v.i., Za Slovankou 3, 182 00 Prague 8, Czech Republic

Die Innenwand von Fusionsreaktoren wird zur Reduktion von Rissen und zur Verminderung von Wirbelströmen in einzelne Zellen, den sog. kastellierten Strukturen, unterteilt. Dadurch wird die Wandoberfläche, welche radioaktives T speichern kann, um die Spaltenoberfläche vergrößert. Eine Einlagerung von T muss jedoch aus Sicherheitsgründen limitiert werden. Dieser Beitrag beschäftigt sich den Möglichkeiten den Teilchentransport und damit die T-Einlagerung mit der Geometrie zu beeinflussen. Dazu werden Monte Carlo Simulationen mit 3D-GAPS in Kombination mit dem Particle-in-Cell Code SPICE2 vorgestellt. Zur Validierung der Simulationen wurden TEXTOR Experimente mit zwei unterschiedlichen W-Geometrien durchgeführt. Eine rechteckige Geometrie, bei einem Winkel von 3° zum toroidalen Magnetfeld, wird gegenüber einer gerundeten und abgeschrägten Geometrie laut Simulation einem ~2,5-fach größeren Teilchenfluss ausgesetzt. Dieser Unterschied wurde mittels der C-Deposition in den Spalten gemessen.

P 30.6 Fri 15:30 SPA HS202

Investigation of high-Z metal transport and fuel retention in the TEXTOR tokamak — ●ARMIN WECKMANN¹, PETTER STRÖM¹, PER PETERSSON¹, ARKADI KRETER², and MAREK RUBEL¹ — ¹KTH Stockholm, Sweden — ²Forschungszentrum Jülich, Germany

Fuel retention and transport of high-Z metal (e.g. W or Mo) impurities eroded from wall components in tokamaks is crucial for understanding material migration mechanism which may be decisive for the performance of next generation fusion devices. To understand these processes an experiment was carried out at the TEXTOR tokamak on the last operation day of that machine. A controlled injection of Molybdenum

Hexafluoride (MoF_6), used as a tracer gas, was performed to determine the high-Z transport. This was accompanied by the injection of a nitrogen marker (^{15}N isotope) to determine its accumulation in the machine. Following the experiment a large number of specimens were retrieved for ex-situ studies: (a) graphite and titanium short-term probes installed on test limiters only for that experiment and (b) components of the main toroidal and inner bumper limiters. Also dust samples from various locations were collected. The study is carried out by means of ion beam analysis methods, microscopy and thermal desorption to measure quantitatively the amount and distribution of deuterium, nitrogen and high-Z species in dust and on various plasma-facing components.

P 30.7 Fri 15:45 SPA HS202

Multiscale modeling approach for self-consistent coupling of drift-fluid turbulence and macroscale transport in the tokamak plasma edge — •FELIX HASENBECK¹, DIRK REISER¹, PHILIPPE GHENDRIH², YANNICK MARANDET³, PATRICK TAMAIN², and DETLEV REITER¹ — ¹IEK-4 - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany — ²CEA Cadarache, DRFC/SPPF, Saint-Paul-lez-Durance, France — ³PIIM, CNRS/Université de Provence, Marseille, France

Plasma transport in the edge region of tokamaks occurs on a wide range of separated temporal and spatial scales. Iterative multiscale modeling approaches are investigated to split the problem into sub-systems which can then be solved independently. In the current work, the local, gradient driven version of the drift-fluid turbulence code ATTEMPT is used to resolve the microscale transport processes on the millimeter/microseconds scale. Macroscopic evolution of the density on the centimeter/milliseconds scale is described by a 1D code. Benchmarking of this code package against full global, flux driven ATTEMPT simulations shows that the time evolution of flux surface averaged radial density profiles can indeed be reproduced under the assumption

of a diffusive macroscale transport model. Diffusion coefficients are in the range of 0.1 to 0.4 m^2/s ($n_e \approx 10^{19} \text{ m}^{-3}$, $T_e = 100 \text{ eV}$, $B = 1 \text{ T}$) and in agreement with values typically chosen for macroscale transport simulations. Further extension of the approach providing a more solid physical basis for cross-field transport coefficients in fusion edge transport codes (currently free model parameters) will be outlined.

P 30.8 Fri 16:00 SPA HS202

Turbulence evaluation at PSI-2 by fast visible imaging — •MICHAEL HUBENY, MICHAEL REINHART, ALEXANDER HUBER, and BERNHARD UNTERBERG — Institute for Energy and Climate Research - Plasma Physics, Forschungszentrum Jülich GmbH, EURATOM Association, Germany

Turbulent transport in the plasma edge poses a critical challenge for fusion reactors due to the high heat and particle fluxes on plasma facing components. Various chemical and physical processes lead to a deterioration of the surface morphology as well as the inner structure of wall materials. These processes depend strongly on the temperature and density of particles in their onset-threshold region. The turbulent, intermittent structures found in the edge of toroidal machines are also present in linear plasma devices, which running steady state, makes them ideal for studying properties of turbulence.

A fast CMOS camera with a typical time resolution of several 100.000 fps can resolve short turbulent events (blobs) in the linear plasma device PSI-2. Movies of the plasma were taken perpendicular from a side port and axial through the hollow plasma source.

Properties of the intermittent transport are evaluated by conditional averaging and other statistical methods to investigate the dependence of turbulence on discharge parameters and working gases. Intermittent transport events show a strong correlation to the global plasma rotation, thus they might be triggered by an $m=1$ instability, which appears as a 4 and 8 kHz Fourier component. The profile of the skewness supports the presence of blobs just outside of the density maximum.