

P 16: Theory and Modelling II

Time: Wednesday 14:30–16:55

Location: b302

Fachvortrag

P 16.1 Wed 14:30 b302

Elektronenheizung in CCPs: Ein thermodynamisches Bild —

•RALF PETER BRINKMANN — Ruhr-Uni Bochum

Die Elektronenheizung in kapazitiv gekoppelten Hochfrequenzplasmen wird auf Basis eines "quasi-thermodynamischen" Modells untersucht. Die Grundlage bilden fluiddynamische Gleichungen der Elektronendynamik, nämlich die Kontinuitätsgleichung, die Bewegungsgleichung, und die Energiebilanzen für die parallele und senkrechte Temperatur. Weiterhin wird auch eine Bilanzgleichung für die Entropie betrachtet. Elektrische und Druckkräfte sowie die elastische Wechselwirkung mit dem Hintergrundgas werden berücksichtigt; Ionisation und chemische Reaktionen werden vernachlässigt. Die Kopplung an eine gegebene stationäre Ionendichte erfolgt konsistent durch die Poisson-Gleichung. Unter den Annahmen, dass die Debye-Länge λ_D klein ist gegenüber der Schichtdicke l , und die treibende Hochfrequenz ω_{RF} klein gegenüber der Elektronenplasmafrequenz ω_{pe} wird eine asymptotische Entwicklung im Kleinheitsparameter $\epsilon = \lambda_D/l \sim \omega_{RF}/\omega_{pe}$ durchgeführt. Dieser Ansatz liefert einen expliziten Ausdruck für das elektrische Feld, das sog. Smooth Step Model (SSM) – welches sowohl im unipolaren wie im ambipolaren Bereich der Entladung gültig ist. Multiplikation mit der Stromdichte und Integration über den Schichtbereich liefert einen Ausdruck für die in der Randschicht dissipierte Energie als Summe von ohmscher und stochastischer Heizung. Ein Vergleich mit klassischen thermodynamischen Kreisprozessen erweist sich als instruktiv.

P 16.2 Wed 14:55 b302

The perturbing effect of density fluctuations on a microwave beam —

•ALF KÖHN¹, MATTHEW THOMAS², ANTTI SNICKER¹, OMAR MAJ¹, EBERHARD HOLZHÄUER³, RODDY VANN², JARROD LEDDY², and EMANUELE POLI¹ — ¹Max Planck Institute for Plasma Physics, Garching, Germany — ²York Plasma Institute, University of York, UK — ³Institute of Interfacial Process Engineering and Plasma Technology, University of Stuttgart, Germany

Electromagnetic waves in the microwave regime are widely used for heating and diagnostic purposes in fusion relevant plasmas. Of especial importance is the stabilization of neoclassical tearing modes by localized current drive which requires a well defined microwave beam at the position of absorption. Density fluctuations at the plasma boundary can lead to a widening of the beam and thereby in principle to a reduction of the current drive efficiency.

Here, we investigate the perturbing effect of density fluctuations on a propagating microwave beam by means of two full-wave codes, IPF-FDMC and EMIT-3D. The density fluctuations are created by a Hasegawa-Wakatani drift-wave turbulence model within the BOUT++ framework. In addition, the novel code WKBeam, based on solving the wave kinetic equation, is applied to the above mentioned scenario exploring its limits at high fluctuation amplitude.

P 16.3 Wed 15:10 b302

Spectral Kinetic Simulation of Ideal Multipole Resonance Probe —

•JUNBO GONG¹, SEBASTIAN WILCZEK¹, DANIEL SZEREMLEY¹, JENS OBERRATH², DENIS EREMIN¹, WLADISLAW DOBRYGIN¹, CHRISTIAN SCHILLING¹, MICHAEL FRIEDRICHS², and RALF PETER BRINKMANN¹ — ¹Institute of Theoretical Electrical Engineering, Ruhr-University Bochum, Germany — ²Institute of Product and Process Innovation, Leuphana University Lüneburg, Germany

Active Plasma Resonance Spectroscopy (APRS) denotes a class of industry-compatible plasma diagnostic methods which utilize the natural ability of plasmas to resonate on or near the electron plasma frequency ω_{pe} . The *Multipole Resonance Probe (MRP)* is a particular realization of APRS with a high degree of geometric and electric symmetry. The Ideal MRP (IMRP) is an even more symmetric idealization of that probe which is particularly suited for theoretical investigations. It consists of two hemispherical electrodes which dielectrically shielded from the plasma. In this contribution, a spectral kinetic scheme is presented to investigate the behavior of the IMRP in the low pressure regime. The scheme consists of two modules, the particle pusher and the field solver. The particle pusher integrates the equations of motion for the studied particle ensemble over a suitable time interval Δt . The Poisson solver, unlike the well-known particle-in-cell (PIC), determines the electric field at each particle position without employing a numerical grid. The proposed method overcomes the limitations of the cold

plasma model and covers kinetic effects like collision-less damping.

P 16.4 Wed 15:25 b302

Wechselwirkung magnetisierter Teilchen mit einer Plasmaschicht —

•DENNIS KRÜGER, SARA GALLIAN, JAN TRIESCHMANN und RALF PETER BRINKMANN — TET, Ruhr-Universität Bochum, Deutschland

High Power Impulse Magnetron Sputtering (HiPIMS) ist eine neuartige physikalische Gasphasenabscheidungstechnik. Durch die Feldkonfiguration in Kombination mit kurzen Pulsen hoher Leistung wird eine sehr hohe Plasmadichte sowie eine hohe Ionisationsrate unter den gesputterten Atomen erzeugt. Durch HiPIMS abgeschiedene Schichten zeichnen sich durch verbesserte Schichtqualität in Bezug auf Härte, Rauigkeit, Porosität und Adhesion aus. Zur vollständigen Charakterisierung der Systemdynamik eines HiPIMS-Prozesses ist eine 3D PIC-MC Simulation problematisch, da diese sehr lange Rechenzeiten benötigt. Der Grund liegt in den auftretenden sehr hohen Dichten im Bereich von 10^{18} m^{-3} . Die seit Jahrzehnten in der Fusionsforschung erfolgreich etablierte gyrokinetische Theorie könnte hierfür einen Ausweg liefern. Bei der Adaption dieses Formalismus stellt sich die Frage geeigneter Randbedingungen für die Schnittstellen zu anderen Gebieten innerhalb des Systems. Insbesondere die Schnittstelle zur Randschicht über dem Target soll deswegen hinsichtlich geeigneter Randbedingungen genauer untersucht werden.

(Diese Arbeit wird im Rahmen des SFB/Transregio 87 durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft gefördert.)

P 16.5 Wed 15:40 b302

Equilibrium and stability of a modulated beam in a plasma wakefield —

•ROBERTO MARTORELLI — Heinrich Heine Universität, 40225 Düsseldorf, Germany

Particle beams are necessary in a wide range of applications, from medicine to high energy physics. On the other hand the production of always improved beam with the actual technology results in an increasingly dimensions of the accelerator facilities. One promising alternative to RF accelerators is the plasma wakefield acceleration, due to the high acceleration gradients the plasma can sustain. In a plasma wakefield, a driver - laser or particle beam - is injected in a plasma channel, exciting Langmuir waves. The intense electric field carried by the wakefield can be then used for the acceleration of a witness bunch.

Our work is focused on the wakefield driven by a modulated beam. The core of the research consists in the analysis of the equilibrium configuration achieved by the modulated structure as well as in the transverse stability during the propagation in the plasma channel. A long lasting modulated beam is of key importance for an optimal energy transfer from the driver to the witness bunch. Through a semi-analytical approach, combined with particle-in-cell simulations, we study for the initial configuration achieved by the modulated beam, looking subsequently for the proper conditions in order to obtain a stable structure during the propagation in the plasma.

P 16.6 Wed 15:55 b302

Electron acceleration by coherent laser pulses —

•PHUC LUU THANH and ALEXANDER PUKHOV — Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf, Germany

We present the recent development in the electron acceleration scheme by coherent laser pulses in periodic structures. The periodic structures is designed to build up an accelerating field while damping down the deceleration phase. The FDTD model of dispersive material is implemented into the PIC framework to simulate the interaction between the laser and the structure. Arteezy was left. The ionisation process is also included. The efficacy of the scheme is measured through the consistent simulation of the electron propagation in dozen structure periods.

P 16.7 Wed 16:10 b302

Laser Ion Acceleration of Spherical Mass Limited Solid Density Targets —

•AXEL HUEBL^{1,2}, THOMAS KLUGE¹, RENÉ WIDERA¹, PETER HILZ³, JÖRG SCHREIBER³, ULRICH SCHRAMM¹, and MICHAEL BUSSMANN¹ — ¹Helmholtz-Zentrum Dresden - Rossendorf — ²Technische Universität Dresden — ³Ludwig-Maximilians-Universität München

We present simulation results regarding the acceleration of ions from mass limited solid density targets with short-pulse high power lasers. Taking advantage of large scale 3D3V PIC simulations (8000 GPUs each, INCITE award 2015) allows to give a detailed insight into the dynamics and unique features of truly isolated targets that were used in recent experiments.

We discuss the pre-plasma evolution, its dependence on laser contrast and its crucial influence on the dominant acceleration mechanism and on the directionality of the laser-accelerated ion beams. Extensive 2D3V parameter scans are presented for comparison with commonly used flat, wire or mounted target designs.

P 16.8 Wed 16:25 b302

3D-Simulation des Verunreinigungstransports in einem Fusions-Randschichtplasma mit dem massiv-parallelen Monte-Carlo Code ERO2.0 — ●JURI ROMAZANOV, DMITRIY BORODIN, ANDREAS KIRSCHNER, CHRISTIAN LINSMEIER, DIRK BRÖMMEL, BENEDIKT STEINBUSCH und PAUL GIBBON — Forschungszentrum Jülich GmbH, Wilhelm-Johnen-Straße, 52428 Jülich, Germany

Der 3D Monte-Carlo Code ERO ist ein etabliertes Werkzeug für die Modellierung der Plasma-Wand-Wechselwirkung (PWW) und des lokalen Verunreinigungstransports in Fusionsexperimenten einschließlich ITER. Der Code wird derzeit grundlegend weiterentwickelt (ERO2.0), um aktuelle und zukünftige Fragestellungen bearbeiten zu können. Insbesondere soll das Simulationsvolumen, welches ursprünglich bei $\sim(10\text{ cm})^3$ lag, signifikant vergrößert werden. ERO2.0 soll u. a. durch massive Parallelisierung die dafür nötige Recheneffizienz erreichen. In diesem Beitrag wird das physikalisch-technische Konzept von ERO2.0 vorgestellt, sowie der Effekt eines vergrößerten Simulationsvolumens anhand eines abstrahierten Szenarios der Erosion an einem Limiter untersucht. Da erodierte Partikel bei Vergrößern des Simulationsvolumens über größere Entfernungen verfolgt werden, kommen Ionisation,

sowie Reibung mit dem zum Limiter hinströmenden Plasma der Randschicht, zunehmend zum Tragen. Dies führt u. A. zu einer höheren Verunreinigungsdichte in direkter Nähe des Limiters. In Zukunft können damit experimentelle Ergebnisse z.B. zur Selbstzerstörung besser reproduziert werden.

P 16.9 Wed 16:40 b302

Experimental determination of electron impact transfer rate coefficients between argon 1s states — ●EMILE CARBONE¹, EDDIE VAN VELDHUIZEN², GERRIT KROESEN², and NADER SADEGHI¹ — ¹Univ. Grenoble Alpes, CNRS, CEA-Leti Minatec, LTM, F-38054 Grenoble Cedex, France — ²Department of Applied Physics, Eindhoven University of Technology, P.O. Box 513, 5600 MB Eindhoven, The Netherlands

Rather significant discrepancies between state of the art theoretical calculations and available experimental data have been observed over the years for electron impact transfer rates between excited states of noble gases. In this contribution, we present laser pump-probe experiments for the determination of the electron impact transfer rates between argon 1s metastable and resonant states [1, 2]. One 1s state is selectively depopulated by a nanosecond pulsed dye laser towards a 2p or 3p argon state. All four 1s states are measured by laser diode absorption spectroscopy while the electron density was determined by Thomson scattering. The analysis of the states densities relaxation following the laser perturbation allows us to provide a new set of rate coefficients for the losses of the 1s argon metastable states towards the 1s resonant states. Additionally, an important ion-core exchange term which goes between 1s₂ and 1s₄ states is measured. We confirm that the recent R-matrix theoretical calculations tend to underestimate the absolute values for the 1s transfer rates by electron impact.

[1] E. Carbone et al. J. Phys. D: Appl. Phys. (2013) **46** 415202.

[2] E. Carbone et al. J. Phys. D: Appl. Phys. (2015) **48** 425201.