

## P 15: Poster: Theorie/Modellierung

Time: Wednesday 16:30–19:00

Location: Poster.III

P 15.1 Wed 16:30 Poster.III

**Diffusion and growth of metal clusters in nanocomposites: a Kinetic Monte Carlo study** — ●LASSE ROSENTHAL<sup>1</sup>, ALEXEI FILINOV<sup>1</sup>, MICHAEL BONITZ<sup>1</sup>, VLADIMIR ZAPOROJTCHEKOV<sup>2</sup>, and FRANZ FAUPEL<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, CAU Kiel, Leibnizstrasse 15, 24098 Kiel — <sup>2</sup>Institut für Materialwissenschaft - Materialverbunde, CAU Kiel, Kaiserstrasse 2, 24143 Kiel

Metallized polymers offer a broad range of applications in many fields of technology[1], including optical and electronic devices and magnetic recording media. Here we present a Kinetic Monte Carlo approach to simulate the coupled processes of diffusion and growth of metal clusters in nanocomposites[2]. Special emphasis is placed on the cluster growth, cluster size distribution and the penetration of clusters into the polymer matrix under different deposition conditions (deposition of metal atoms on a polymer surface and co-deposition of metal and polymer). Furthermore we also present preliminary results of the simulation of the self-organization of nanocolumns[3] during the co-deposition of metal atoms and the polymer matrix.

[1] F. Faupel, V. Zaporozhchenko et al., *Contrib. Plasma Phys.* 47 537 (2007).

[2] L. Rosenthal, A. Filinov et al., *Contrib. Plasma Phys.* 51, 971 (2011).

[3] H. Greve, A. Biswas et al., *Appl. Phys. Lett.* 88, 123103 (2006).

P 15.2 Wed 16:30 Poster.III

**Resilience of quasi-isodynamic stellarators against trapped-particle instabilities** — ●JOSEFINE HENRIETTE ELISE PROLL<sup>1</sup>, PER HELANDER<sup>1</sup>, and JOHN WILLIAM CONNOR<sup>2,3</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, Wendelsteinstraße 1, 17491 Greifswald, Germany — <sup>2</sup>Culham Centre for Fusion Energy, Abingdon OX14 3DB, United Kingdom — <sup>3</sup>Imperial College of Science, Technology and Medicine, London SW7 2BZ, United Kingdom

It is shown that one of the most important classes of orbit-optimized stellarators, so-called quasi-isodynamic ones, are immune to all the usual linear trapped-particle instabilities in the electrostatic and collisionless limit. This result, which is valid for frequencies below the electron-bounce frequency, follows from the requirement of positive entropy production and is thus independent of all other details of the magnetic geometry.

P 15.3 Wed 16:30 Poster.III

**Proton acceleration by a radially polarized chirped laser pulse** — ●JIAN-XING LI<sup>1</sup>, YOUSEF I. SALAMIN<sup>1,2</sup>, BENJAMIN J. GALOW<sup>1</sup>, and CHRISTOPH H. KEITEL<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institute for Nuclear Physics, Saupfercheckweg 1, D-69029 Heidelberg, Germany — <sup>2</sup>Department of Physics, American University of Sharjah, POB 26666, Sharjah, United Arab Emirates

Radially polarized light has a number of distinct features that make it uniquely suitable for certain applications, of which particle acceleration is only one. The electric field associated with such light has two components: an axial component  $E_z$ , oscillating along the direction of propagation, and a radial component  $E_r$  that oscillates transversely towards and away from the beam axis.  $E_z$  can be used to efficiently accelerate particles, while  $E_r$  helps to confine them to regions close to the beam axis, thus producing a good quality accelerated particle beam. The fact that tight-focusing of a radially polarized beam may be done more efficiently than in the case of a linearly polarized one, makes the former a better candidate for particle acceleration than the latter. Unfortunately, radially polarized light is difficult to produce, except at very low intensity from very low-power beams. Simulations have already been made that qualify such beams, if available in the near future, for the purpose of accelerating protons to energies suitable for applications in radiotherapy. When the frequency of such a beam is also chirped, lower intensities would be needed for the desired applications. Results from single- and many-particle calculations, supported by particle-in-cell (PIC) simulations, will be presented.

P 15.4 Wed 16:30 Poster.III

**Modeling Brown Dwarfs using an ab initio equation of state for hydrogen** — ANDREAS BECKER, ●NADINE NETTELMANN, and RONALD REDMER — Universität Rostock

Models of the interior of Giant Planets and Brown Dwarfs rely on

the equation of state (EOS) data for hydrogen, helium and water, as a representative of all heavier elements, which have usually considerable uncertainties in the high-pressure domain. We constructed a wide range EOS for hydrogen that consists of fluid variational theory data [1] for the low-density range ( $\rho < 0.2 \text{ g/ccm}$ ), EOS data derived from finite-temperature density functional theory molecular dynamics (FT-DFT-MD) [2] for the intermediate densities ( $0.2 \text{ g/ccm} < \rho < 70 \text{ g/ccm}$ ) and the Chabrier-Potekhin model for the high densities ( $\rho > 70 \text{ g/ccm}$ ) [3]. FT-DFT-MD methods are able to treat the exchange and correlation effects in correlated systems very accurately in such a way that the data reproduce the high-pressure experiments very well, e.g. [2,4,5]. Using these high quality data we model Brown Dwarfs in a fully convective one-layer model. We obtain interior structure profiles and mass-radius relationships and compare our results with those derived using the Saumon-Chabrier-van Horn EOS [6].

References: [1] Holst, B. et al. 2007: *Contr. Plasma Phys.* 47, 368. [2] Holst, B. et al. 2008: *Phys. Rev. B* 77, 184201. [3] Potekhin, A.Y., Chabrier, G., 2000: *Phys. Rev. E* 62, 8554. [4] French, M. et al. 2009: *Phys. Rev. B* 79, 054107. [5] Caillabet, L. et al. 2011: *Phys. Rev. B* 83, 094101. [6] Saumon, D. et al. 1995: *Astrophys. J. Suppl. Ser.* 99, 713.

P 15.5 Wed 16:30 Poster.III

**Ein neuer Zugang zur hydrodynamischen Modellierung von Gasentladungsplasmen** — ●MARKUS M. BECKER, FLORIAN SIGENEGGER und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Hydrodynamische Modelle werden häufig zur theoretischen Beschreibung von Gasentladungsplasmen bei mittleren und hohen Drücken verwendet. Das vollständige Gleichungssystem wird dabei vielfach durch die Drift-Diffusionsnäherung für die Teilchen- und Energiestromdichte der Elektronen vereinfacht. Die zugehörigen Beweglichkeiten und Diffusionskoeffizienten der Elektronen werden durch Lösung der stationären, räumlich homogenen Boltzmann-Gleichung bestimmt und fließen als Funktion der mittleren Elektronenenergie in das hydrodynamische Modell ein. In diesem Beitrag wird gezeigt, dass die vielfach verwendeten Teilchen- und Energietransportkoeffizienten der Elektronen erheblichen Beschränkungen hinsichtlich der Beschreibung nichtlokaler Phänomene unterliegen. Ausgehend von einer Entwicklung der Geschwindigkeitsverteilungsfunktion der Elektronen nach Legendre-Polynomen wird ein neuartiger Zugang zur Bestimmung der Transportparameter vorgeschlagen, der die Nachteile des konventionellen Zugangs umgeht. Die Anwendbarkeit der neuen Drift-Diffusions-Methode wird anhand von Ergebnissen von Modellrechnungen für räumlich eindimensionale Argonentladungsplasmen bei Nieder- und Atmosphärendruck sowie dielektrisch behinderte Entladungen verdeutlicht.

Die Arbeit wird von der DFG im Rahmen des SFB-TRR 24 unterstützt.

P 15.6 Wed 16:30 Poster.III

**Simulation of atomic-cluster coalescence** — ●KENJI FUJIOKA, LASSE ROSENTHAL, MICHAEL BONITZ, and FRANZ FAUPEL — Universität Kiel, Germany

Thin films are often built-up from the deposition of atoms onto a substrate. Often times, the deposited particles are not just single atoms, but clusters of up to several thousands of atoms [1]. Naturally, the formation of these atomic-clusters is a rudimentary process in the framework of nano-fabrication. In particular, the coalescence of two atomic-clusters into a single object is of fundamental importance. In the current study, we look at some dynamical processes involved in the coalescence of two atomic-clusters through molecular dynamics simulations [2]. As a basis for our models, we consider the pair-wise Lennard-Jones (LJ) potential that is often used to describe rare gases. We then extend the simple LJ model to the Baskes-LJ embedded-atom method which includes many-body effects [3]. This simple, two-parameter, embedded-atom method has been shown to reproduce many physical properties of metals with reasonable accuracy [4]. Careful attention is paid to the equilibration times of the various models in vacuum, with the intent of generating and justifying input parameters for kinetic Monte-Carlo simulations of cluster processes on a surface [5].

[1] P. Jensen, *Rev. Mod. Phys.* 71, 1695 (1999) [2] S. Hendy, S. A. Brown, and M. Hyslop, *Phys. Rev. B* 68, 241403 (2003) [3] M. I.

Baskes, Phys. Rev. Lett. 83, 2592 (1999) [4] S. G. Srinivasan and M. I. Baskes, Proc. R. Soc. Lond. A 460, 1649 (2004) [5] L. Rosenthal et al., Contrib. Plasma Phys. 51, 971 (2011)

P 15.7 Wed 16:30 Poster.III

**Selbstkonsistente Modellierung einer Mikrowellenentladung in Argon** — ●MARGARITA BAEVA, ANDRE BÖSEL, JÖRG EHLBECK und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald, Deutschland

Mikrowellenplasmen sind vom besonderen Interesse aufgrund der hohen Dichten der erzeugten Ladungsträger und aktiven Spezies. Durch das oszillierende elektromagnetische Feld ist die direkte Diagnostik im Plasma nicht durchführbar. Stattdessen werden nichtinvasive optische Diagnostik und numerische Modellierung eingesetzt, um die Plasmaparameter zu ermitteln. In dieser Arbeit wird ein zweidimensionales Modell eines Mikrowellenplasmas in Argon bei 2.45 GHz und Atmosphärendruck vorgestellt, das selbstkonsistent die Gasströmung, Energieeinkopplung ins Plasma und Reaktionskinetik der Spezies beschreibt. Das Modell wurde durch Messungen der Gastemperatur und Elektronendichte validiert. Es liefert die räumliche Verteilung der Teilchendichten, der Gas- und Elektronentemperatur und der absorbierten Mikrowellenleistungsdichte. Bei Erhöhung der absorbierten Mikrowellenleistung im Bereich von 2 bis zu 20 W ist eine Kontraktion der Entladung zur Achse zu beobachten, wobei die Elektronendichte maximal etwa  $3 \times 10^{21} \text{ m}^{-3}$  erreicht. Im Bereich der Höchsttemperatur des Gases von etwa 3400 K wird die Gasströmung bis zu einer axialen Geschwindigkeit von 15 m/s beschleunigt. In der Plasmasäule ist  $\text{Ar}^+$  das dominante Ion und am Säulenrand sind  $\text{Ar}_2^+$  und  $\text{Ar}^+$  präsent.

Die Arbeit wurde von AIF und DECHEMA (Projektnummer 15964BG) unterstützt.

P 15.8 Wed 16:30 Poster.III

**Numerical Simulation of Flux Rope Dynamics** — ●THOMAS TACKER<sup>1</sup>, JÜRGEN DREHER<sup>1</sup>, and RICHARD D. SYDORA<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Theoretische Physik I, Ruhr-Universität Bochum — <sup>2</sup>University of Alberta, Edmonton, Canada

Numerical simulations using an MHD model are made in close cooperation with a magnetized pulsed plasma experiment to investigate the evolution of arch-shaped magnetic flux ropes. Using a force-free coronal loop model by Titov and Demoulin, a kink mode can develop under non-equilibrium conditions. The development and growth rates of these kink modes are investigated. In a changed magnetic field configuration, the flux rope can expand due to the hoop force. The influence of the magnetic field configuration on the expansion velocity is investigated. The variation of the magnetic field strength allows a systematic study of the expansion velocity of the unstable flux rope and an comparison to the experimental observations. The influence of resistivity on the flux rope evolution and structure is also systematically studied to bring the simulation closer to laboratory conditions.

P 15.9 Wed 16:30 Poster.III

**Plasma diagnostics applying K-line emission profiles of mid-Z materials** — ●YILING CHEN, HEIDI REINHOLZ, and GERD ROEPKE — Institut für Physik, Universität Rostock

Narrow K-line emission of some keV is known as an appropriate light source for Thomson scattering on warm dense matter with solid and even over-solid electron density. However, as the K-spectra are emitted from a warm dense plasma themselves we are also able to infer plasma parameters by studying the line profiles [1]. Theoretical treatment of spectral line shifts is applied to various moderately ionized mid-Z materials. We focus on the opposing influence of ionization/excitation (blue shift) and plasma polarization effects (red shift).

Results on silicon (semi-conductor) are shown in comparison to titanium [1] (metal) and a chlorine [2] (polymere). Different configurations of the emitting Si ion ( $1s^1 2s^2 2p^\alpha$ ,  $\alpha = 6, 5, 4$ ) are considered that contribute components ( $K_\alpha L^i$ ,  $i = 0, 1, 2$ ) to the observed  $K_\alpha$  line using codes to calculate the atomic states. Synthetic spectra have been evaluated and compared with experimental data [3].

[1] U. Zastrau, A. Sengebusch et al., *High Energy Density Phys.* **7**, 47-53 (2011), [2] A. Sengebusch, H. Reinholz, and G. Röpke, *Contrib. Plasma Phys.* **49**, 748 (2009), [3] J.Rzadkiewicz, A. Gojska et al., *Phys.Rev.A* **82**, 012703 (2010).

P 15.10 Wed 16:30 Poster.III

**New effective absorption coefficients for radiation transport calculations in argon iron equilibrium plasmas** — MARTIN WENDT, DIRK UHRLANDT, and ●DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

swald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

MHD modelling can be used as a tool to optimize gas metal arc welding (GMAW) processes. In order to improve the quality of the modelling results, it is desirable to describe the radiation transport as correct as possible, because the energy transport due to radiation dominates the energy balance at the arc center. Consequently, it has a strong influence on the radial temperature profile. Recent publications show that in the high current phase of pulsed GMAW processes of iron using argon as shielding gas the arc core filled with iron has a lower temperature than the argon envelope [1,2]. It was suggested that this behaviour may be caused by radiation transport [3]. Using a set of spectral line data of argon and iron with calibrated Stark widths and experimentally determined temperature profiles we compare exact radiation transport calculations in cylindrical symmetry with those of the  $P_1$  model. Different strategies of forming averaged absorption coefficients are discussed. In particular, it was found that the usual method of using bands containing whole spectral lines results in a strong underestimation of the reabsorption of radiation in regions of low temperature.

[1] Rouffet et al. J. Phys. D: Appl. Phys. 43 (2010) 434003.

[2] Zielińska et al. Plasma Sources Sci. Technol. 16 (2007) 832.

[3] Schnick et al. J. Phys. D: Appl. Phys. 43 (2010) 022001.

P 15.11 Wed 16:30 Poster.III

**Aktive Plasmaresonanzspektroskopie: Funktionalanalytische Auswertung eines fluiddynamischen Modells der Impedanzsonde** — ●MICHAEL FRIEDRICH, JENS OBERRATH, THOMAS MUSSEN-BROCK und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität-Bochum

Mit der aktiven Plasmaresonanzspektroskopie existiert eine Methode zur industriekompatiblen Plasmadiagnostik, die in unterschiedlichen Bauformen realisiert wurde [1]. Die Impedanzsonde stellt eine einfache Bauform dieser Methode dar [2]. Sie besteht aus einer kugelförmigen Elektrode, über die ein hochfrequentes Signal in das Plasma eingekoppelt wird. Mit Hilfe eines Netzwerkanalysators kann die Impedanz als Systemantwort bestimmt werden und aus der wiederum Plasmaparameter wie z.B. die Elektronendichte.

Für die aktive Plasmaresonanzspektroskopie kann ein allgemeines, fluiddynamisches Modell hergeleitet werden. Auf der Basis funktionalanalytischer Methoden ist dieses Modell allgemein lösbar. Die konkrete Lösung des Modells für eine bestimmte Sondenbauform ist von der Geometrie der Sonde abhängig. Im Fall der idealisierten Impedanzsonde handelt es sich um ein kugelsymmetrisches Problem. Dies erlaubt die Berechnung der Eigenzustände des Systems und damit die analytische Auswertung der Systemantwort.

[1] Braithwaite et al., Plasma Sources Sci. Technol. 18, 014008 (2009) [2] D.N Walker et al., Phys. Plasmas 17, 113503 (2010)

P 15.12 Wed 16:30 Poster.III

**Coulomb explosion of uniformly charged spheroids** — ●PIERFRANCESCO DI CINTIO<sup>1</sup>, MICKAEL GRECH<sup>1</sup>, RACHEL NUTER<sup>2</sup>, ALEXEY MIKABERIDZE<sup>1</sup>, LAURENT GREMILLET<sup>2</sup>, ERIC LEFEBVRE<sup>2</sup>, ULF SAALMANN<sup>1</sup>, JAN MICHAEL ROST<sup>1</sup>, and STEFAN SKUPIN<sup>1,3</sup> — <sup>1</sup>Max Planck Institute for the Physics of Complex Systems, Nöthnitzer Straße 38, 01187 Dresden, Germany — <sup>2</sup>CEA, DAM, DIF, F-91297 Arpajon, France — <sup>3</sup>Friedrich Schiller University, Institute of Condensed Matter Theory and Solid State Optics, D-07743 Jena, Germany

We propose a semi-analytical model for non-relativistic Coulomb explosion of a uniformly charged spheroid. The model allows to derive the time-dependent particle energy distributions. Simple expressions are given for the characteristic explosion time and maximum particle energies in the limits of extreme prolate and oblate spheroids as well as for the sphere. Our theoretical predictions are found to be in good agreement with particle (both molecular-dynamics and particle-in-cell) simulations. Our results may give simple design guidelines how to optimize target properties; for example, for inertial fusion applications or for ion acceleration from laser-solid interaction characterized by the emission of short, compact, and highly-charged ion bunches. Propagation of these bunches is strongly affected by space charge effects. By approximating the accelerated ion bunches as uniformly charged spheroids, the results presented here allows to derive the conditions required for limited energy and angular dispersions.

P 15.13 Wed 16:30 Poster.III

**Wissenschaftliches Dienstleistungsnetz für die Plasmaphysik** — ●THOMAS HARDER, MARKUS BECKER, ANDREAS WEGNER, PAUL

ZIEMANN, MARTIN WENDT, SERGEY GORCHAKOV und DETLEF LOFFHAGEN — INP Greifswald, Felix-Hausdorff-Str. 2, 17489 Greifswald

Ergänzend zum Aufbau einer Serviceinfrastruktur zur Simulation von plasmatechnologischen Anwendungen, deren Fokus auf Anwendern aus der Industrie liegt, wurden im Rahmen des Projektes Plasma-Technologie-Grid ([www.pt-grid.de](http://www.pt-grid.de)) weitere wissenschaftliche Programme für die gridfähige Nutzung über ein öffentliches Portal ([portal.inp-greifswald.de](http://portal.inp-greifswald.de)) vorbereitet. Die Demonstratoren zur Reduktion komplexer plasmachemischer Reaktionskinetiken, zur Berechnung von Transportparametern in thermischen Plasmen und zur Zusammensetzungsbestimmung in Gleichstromentladungen werden vorgestellt. Anhand dieser Simulationswerkzeuge werden Weiterentwicklungsoptionen der virtuellen Forschungsumgebung, wie Import- und Exportbibliotheken, Datenbanken für physikalische und chemische Stoffdaten, Integration quantenmechanischer Berechnungsmethoden, Werkzeuge für die Steuerung von Parameterstudien, Schulungs- und Beratungsbedarf, diskutiert. Die Vorteile des erarbeiteten Konzeptes und die Anforderungen von Anbietern und Nutzern an die technische und organisatorische Umsetzung werden behandelt mit dem Ziel, die Demonstratoren in nachhaltige Werkzeuge für die Anwendung in Projekten und die alltägliche wissenschaftliche Arbeit zu überführen.

Die Arbeiten wurden vom BMBF unter dem Förderkennzeichen 01IG09001A gefördert.

P 15.14 Wed 16:30 Poster.III

**Inductive and Capacitive Coupling in a  $\mu\text{N}$  Radiofrequency Ionthruster (RIT)** — ●ROBERT HENRICH, MICHAEL BACHMANN, and CHRISTIAN HEILIGER — I. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität Giessen, D-35392, Germany

An increasing number of space operations require special thrusters for high precision positioning of spacecrafts. Actually, this demand is even increasing in the near future. Within this research field a very promising concept is that of the  $\mu\text{N}$  Radiofrequency Ionthruster (RIT). The advantage is that the basic design of a RIT needs only a slight change going to a miniaturized RIT. The modified thruster produces the ion plasma in a cylindrical vessel surrounded by a coil. In comparison to the original larger system the capacitive coupling of the coil to the plasma increases. In order to compare the size of the capacitive and inductive coupling we perform calculations based on the Particle in Cell method (PIC).

P 15.15 Wed 16:30 Poster.III

**Three-dimensional Plasma Discharge Simulation in a  $\mu\text{N}$  Radiofrequency Ionthruster (RIT)** — ●ROBERT HENRICH and CHRISTIAN HEILIGER — I. Physikalisches Institut, Justus-Liebig-Universität Giessen, D-35392, Germany

The  $\mu\text{N}$  Radiofrequency Ionthruster (RIT) is a very promising candidate for a high precision positioning of spacecrafts. In this system the plasma is produced in a cylindrical vessel surrounded by a coil. The typical gas pressure in such a system is in the range of  $10^{-3}$  Pa. Due to the low particle interaction the usual tool to describe the plasma is the Particle in Cell method (PIC). A full three dimensional simulation of a volume with the dimension of a cubic centimeter would require a large amount of calculation time and consequent data generation. Therefore, a common simplification is the treatment of a two dimensional system with rotational symmetry. However the use of this simplified model does not accurately represent the true non-symmetrical system. Furthermore, the simplified method uses a non-uniform grid which can lead to self-acceleration of the charged particles. Thereby, the resulting magnitude of error is unknown in this two dimensional simulation. In this poster we analyze these possible errors and give an assessment of which cases require a full three dimensional simulation rather than the simplified treatment.

P 15.16 Wed 16:30 Poster.III

**Configuration path integral Monte Carlo simulation of correlated fermions** — ●TIM SCHOOF<sup>1</sup>, MICHAEL BONITZ<sup>1</sup>, ALEXEJ FILINOV<sup>1</sup>, DAVID HOCHSTUHL<sup>1</sup>, and ALEXANDER PENNEY<sup>2</sup> — <sup>1</sup>Institut für Theoretische Physik und Astrophysik, Christian-Albrechts Universität zu Kiel, Germany — <sup>2</sup>Department of Physics & Astronomy, University of Calgary, Canada

A novel path integral Monte Carlo (PIMC) approach for correlated many-particle systems with arbitrary pair interaction in continuous space at finite temperatures is presented [1,2]. It is based on a representation of the N-particle density operator in a basis of (anti-)symmetrized N-particle states (configurations of occupation

numbers). Formally exact expressions for the thermodynamic quantities are obtained by a transition from discrete to continuous imaginary time representation [3]. The method is applied to degenerate, correlated fermions in a two dimensional trap. The efficiency of the method (fermion sign problem) is investigated for a broad range of temperatures, coupling parameters and particle numbers and compared to a standard path integral Monte Carlo method and an exact diagonalization method.

[1] T. Schoof, M. Bonitz, A. Filinov, D. Hochstuhl, and J. Dufty, *Contrib. Plasma Phys.* 51, 687 (2011)

[2] T. Schoof, *Thermodynamische Eigenschaften entarteter, korrelierter Fermionen*, Diplomarbeit, Universität Kiel (2011)

[3] N.V. Prokof'ev, B.V. Svistunov, and I.S. Tupitsyn, *JETP Lett.* 64, 911 (1996)

P 15.17 Wed 16:30 Poster.III

**Parametrische Verstärkung von Laserpulsen durch relativistische Raman- und Brillouin-Streuprozesse** — GÖTZ LEHMANN, ●FRIEDRICH SCHLACK und KARL-HEINZ SPATSCHKE — Heinrich-Heine Universität, 40225 Düsseldorf

Im Kontext von Verstärkungs-Konzepten für relativistische Laser-Pulse erhalten Raman- und Brillouin-Streuprozesse eine neue Bedeutung. Die Wechselwirkung eines Pump-Pulses und eines „Saat-Pulses“ (seed pulse) über eine Langmuirwelle (Raman-Streuung) bzw. eine ionenakustische Welle (Brillouin-Streuung) erlaubt einen Energieübertrag auf den Seed-Puls. In der Literatur wurden dazu Konzepte vorgeschlagen [1] die bei hohen Intensitäten erhebliche Vorteile gegenüber den bisherigen Methoden versprechen. Im Zuge dieser neuen Perspektiven parametrischer Prozesse untersuchen wir Raman und Brillouin Streuung für sehr hohe Intensitäten und Pulse. Wir beginnen mit der Raman- und Brillouin-Streuung von ebenen, monochromatischen Wellen mit relativistischen Amplituden. Analytische Aussagen über die Anwachsrate der Instabilitäten lassen sich zunächst nur im schwach relativistischen Fall machen. Im stärker relativistischen Regime wird die klare Trennung zwischen Raman- und Brillouin Streuung im Frequenzbereich auf Grund der sich ändernden Elektronenmasse aufgelöst. Neue numerische Methoden werden präsentiert, um Anwachsrate und Frequenzen parametrischer Instabilitäten im relativistischen Fall zu bestimmen. Erweiterungen auf experimentell interessante Konfigurationen werden diskutiert.

[1] L.Lancia *et al.*, *Phys. Rev. Lett.* 104, 025001 (2010)

P 15.18 Wed 16:30 Poster.III

**Ein Trajektoriencode zur Untersuchung der Beamhomogenität in großen Quellen zur Erzeugung von  $\text{H}^-/\text{D}^-$**  — ●BENJAMIN RUF<sup>1</sup>, PETER FRANZEN<sup>1</sup>, URSEL FANTZ<sup>1,2</sup> und NNBI-TEAM<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Max-Planck-Institut für Plasmaphysik, 85748 Garching, EURATOM Association — <sup>2</sup>Lehrstuhl für Experimentelle Plasmaphysik, Universität Augsburg, 86135 Augsburg

Für die ITER Neutralteilcheninjektion werden große Plasmaquellen ( $1 \times 2 \text{ m}^2$ ) zur Erzeugung negativer Wasserstoff/Deuteriumionen benötigt. Die  $\text{H}^-/\text{D}^-$  werden in einem Niedertemperaturplasma an dem cäsiumbeschichteten Plasmagitter erzeugt und dann extrahiert. Zur Unterdrückung der koextrahierten Elektronen wird ein magnetisches Filterfeld benötigt, welches durch eine Drift ein inhomogenes Plasma hervorrufen kann. Für ITER ist wegen der Transmission eine Beamhomogenität von weniger als 10% gefordert. Daher wird die Korrelation zwischen Plasma- und Beamhomogenität untersucht. Zur Rekonstruktion des Beams werden mit dem Trajektoriencode BBC-NI (Bavarian Beam Code for Negative Ions) die Beameigenschaften ermittelt und mit Plasmahomogenitätsmessungen korreliert.

Als Eingabe sind die Geometrie des Extraktionssystems, die vorherrschenden elektrischen und magnetischen Felder und die Stromdichte notwendig. BBC-NI errechnet daraus Beamemissionsspektren und Leistungsdichten auf beliebigen Oberflächen die mit Beamemissionsspektroskopie- und Kalorimetermessungen verglichen werden. Erste Ergebnisse von einem Benchmark des Codes an kleineren Quellen ( $0,32 \times 0,59 \text{ m}^2$ ) werden vorgestellt.

P 15.19 Wed 16:30 Poster.III

**Nonlinear dynamics of RF sheath: a kinetic self-consistent boundary sheath model matched to an experiment** — ●MOHAMMED SHIHAB<sup>1</sup>, MARINA PRENZEL<sup>2</sup>, ACHIM VON KEUDELL<sup>2</sup>, and RALF PETER BRINKMANN<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Ruhr-University Bochum, Institute for Theoretical Electrical Engineering, D-44780 Bochum, Germany — <sup>2</sup>Research group Reactive Plasmas, Ruhr-University Bochum, D-44780 Bochum, Germany

Fully arbitrary waveforms of the applied RF enable tailoring of the ion energy distribution function (IEDF) for particular purposes, such as etching selectivity, film crystallinity, etc. In this contribution, we match a kinetic self-consistent boundary sheath model to an experiment. However, not the well-known particle-in-cell (PIC) scheme is employed but a novel iterative algorithm termed "ensemble-in-spacetime" (EST). Our code allows to calculate the ion and neutral energy and angle distribution at the substrate behind the sheath (as well as the field distribution within the sheath) in about 1% of the CPU time of a comparable PIC simulation. In the experiment:  $Al_2O_3$  films are biased with arbitrary waveforms and the films growth is studied. During the experiment, the plasma parameters are measured to be used as input parameters for the model. A qualitative comparison between the calculated IEDF and the films growth will be done to reveal the role of the ion energy in the film growth. The financial support from the Federal Ministry of Education and Research within the frame of the project "Plasma Technology Grid" and the support of the DFG via the collaborative research center SFB-TR87 is gratefully acknowledged.

P 15.20 Wed 16:30 Poster.III

**Bound states in dense plasmas** — •NIELS-UWE FRIEDRICH BASTIAN<sup>1</sup>, HEIDI REINHOLZ<sup>1</sup>, DAVID BLASCHKE<sup>2</sup>, and GERD RÖPKE<sup>1</sup> — <sup>1</sup>Universität Rostock, Institut für Physik — <sup>2</sup>University of Wrocław, Poland

Properties of dense plasmas are strongly influenced by correlation effects, in particular the formation of bound states. A Green's function approach is used to investigate the two-particle problem in a dense fermion system with special account of degeneration effects. Bound states are suppressed by Pauli blocking [1,2].

The equation of state (pressure, chemical potential as function of temperature and density) as well as the current-current correlation function are considered for a partially ionized Hydrogen plasma in the high density, degenerated limit.

[1] W. Ebeling, D. Blaschke, R. Redmer, H. Reinholz, and G. Röpke, in *Metal-to-Nonmetal Transitions*, Eds.: R. Redmer, B. Holst, F. Hensel (Springer, Berlin 2010) pp. 37-59.

[2] W. Ebeling, D. Blaschke, R. Redmer, H. Reinholz, G. Röpke, *J. Phys. A: Math. Theor.* **42**, 214033 (2009).

P 15.21 Wed 16:30 Poster.III

**Kinetic effects in an atmospheric pressure RF He-N<sub>2</sub> discharge** — •DENIS EREMIN, TORBEN HEMKE, RALF PETER BRINKMANN, and THOMAS MUSSENBRÖCK — Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, Deutschland

Recently, the discharges in gases under atmospheric pressure have acquired great interest due to their technological feasibility. However, it is complicated to apply the existing diagnostic techniques to study such discharges due to their small size. Therefore, numerical simulations can be especially valuable in helping to understand the phenomena taking place in the atmospheric discharges. In this work we study a He-N<sub>2</sub> discharge under atmospheric pressure with a novel self-consistent hybrid numerical scheme, whereby ions are accounted for using a fluid model and the electrons are described in the fully kinetic framework.

The code is accelerated using parallelization of the kinetic part on a graphics card (GPU). We discuss the physics of the discharge and pay special attention to its aspects associated with the kinetic behaviour of the electrons.

The financial support by the DFG in the frame of FOR1123 and SFB-TR87 is gratefully acknowledged.

P 15.22 Wed 16:30 Poster.III

**Ein globales Modell zur Beschreibung einer HF-Entladung bei Atmosphärendruck** — •TORBEN HEMKE, ALEXANDER WOLLNY, THOMAS MUSSENBRÖCK und RALF PETER BRINKMANN — Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, Germany

Mikroplasmen bei Atmosphärendruck sind in den letzten Jahren verstärkt in den Fokus der experimentellen und theoretischen Forschung gerückt. Durch die große Vielfalt möglicher Anwendungen kommt den HF-Entladungen unter den Mikroplasmen - zum Beispiel in der Form von Plasmajets - eine besondere Bedeutung zu. In diesem Beitrag werden ausgehend von einer Skalenanalyse eindimensionale Gleichungen für das elektrische Feld in den charakteristischen Bereichen (quasineutrale, Übergangs-, und Verarmungszone) der HF-Entladung abgeleitet. Durch eine asymptotische Entwicklung kann das elektrische Feld für die gesamte Entladung analytisch dargestellt werden. Auf dieser Basis wird ein globales Modell entwickelt, das bei geringem Rechenaufwand die wesentlichen physikalischen Phänomene von HF-Entladungen bei Atmosphärendruck berücksichtigt.

Gefördert von der DFG im Rahmen der FOR1123 "Physics of Microplasmas".

P 15.23 Wed 16:30 Poster.III

**Ein nicht-lokales driftkinetisches Elektronenmodell für eine magnetisch unterstützte DC-Entladung** — •BENJAMIN SCHRÖDER und RALF PETER BRINKMANN — Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum

Dieser Beitrag stellt ein kinetisches Modell für eine magnetisch unterstützte DC-Entladung vor, wie sie bei der Advanced Plasma Source (APS) von Leybold Optics vorliegt. Es handelt sich dabei um eine bei sehr niedrigem Druck (typisch 0.02 Pa) betriebene koaxiale DC-Entladung. Eine geheizte LaB<sub>6</sub>-Kathode emittiert Elektronen, die sich in einem durch eine Zylinderspule hervorgerufenen magnetischen Feld bewegen. Das Plasma expandiert aus der Quelle in eine Vakuumkammer und enthält hochenergetische Ionen, die für die Unterstützung von Beschichtungsprozessen genutzt werden können. Während für den Expansionsbereich ein Modell erarbeitet wurde, fehlte bislang das Verständnis für die plasmaphysikalischen Eigenschaften der Entladungsregion. Aufgrund der großen freien Weglängen der Elektronen muss das Problem kinetisch betrachtet werden. Dazu lässt sich über eine Skalenanalyse und einen Störungsansatz aus der Boltzmann-Gleichung eine in ihren Variablen reduzierte, nicht-lokale driftkinetische Gleichung in Form einer inhomogenen Diffusionsgleichung herleiten. Die Verteilungsfunktion hängt dabei lediglich von der totalen Energie und einer Flusskoordinate ab. Die Gleichung wird unter der Annahme einer speziellen Form des elektrischen Potentials gelöst und Ergebnisse präsentiert.