

NUMERISCHE SIMULATION DES BOUNCE-RESONANZ-EFFEKTS IN KAPAZITIVEN HOCHFREQUENZPLASMEN

Sebastian Wilczek, Jan Trieschmann, Denis Eremin und Thomas Mussenbrock



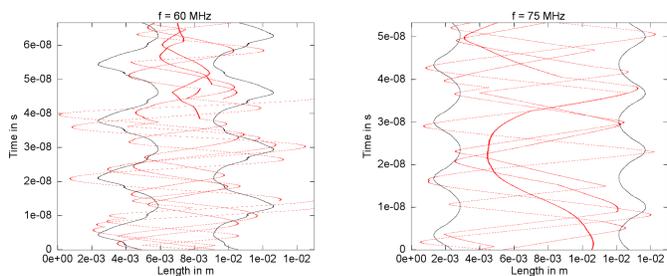
Lehrstuhl für Theoretische Elektrotechnik, Ruhr-Universität Bochum, Universitätsstraße 150, 44801 Bochum

✉ thomas.mussenbrock@rub.de, www.tet.rub.de

Motivation

Die Heizung der Elektronen in kapazitiven Hochfrequenzplasmen wird im Regime sehr kleiner Drücke nicht mehr durch Stöße mit den Atomen des neutralen Hintergrundgases getragen, sondern durch Impulsübertrag von der oszillierenden Randschicht auf die Elektronen.

Die Elektronen bewegen sich nahezu stoßfrei durch die Entladung, treten mit den Randschichten vor den gegenüberliegenden Elektroden in Wechselwirkung und nehmen dabei Energie auf.

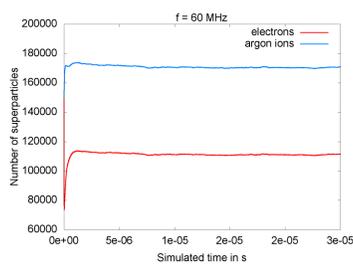


Für bestimmte Kombinationen von Oszillationsfrequenzen und Elektrodenabständen kommt es zu wiederholten (resonanten) Wechselwirkungen zwischen den Elektronen und den Randschichten. Dieses Phänomen, das ein Teil des Gesamtbildes der Stochastischen Heizung ist, wird als Bounce-Resonanz-Effekt bezeichnet [1].

Simulationsbasis

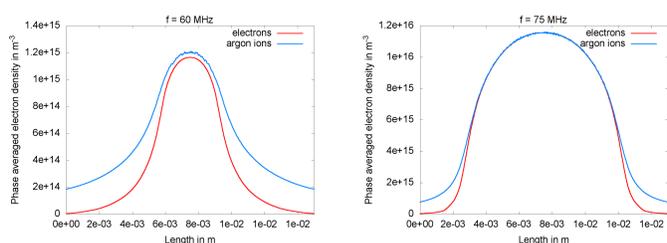
Als Simulationsbasis dient der serielle Particle-In-Cell-Code **yapic**

- **yapic** (1d3v) ist im Rahmen einer groß angelegten Benchmark-Aktivität für PIC-Codes getestet.
- Argon bei 1 Pa, Stoßquerschnitte aus der JILA-Datenbank (Phelps [2])
- Elektrodenabstand 1.5 cm, Spannung 150 V, Frequenz 50 ... 110 MHz



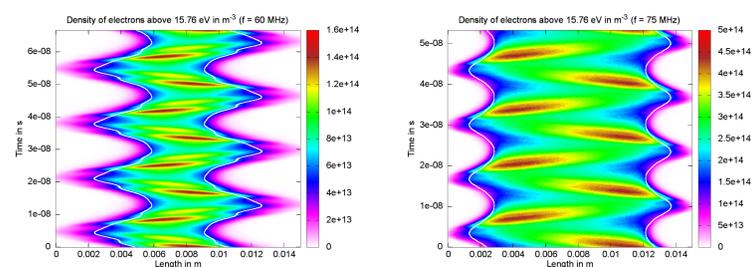
Dichteprofile

Phasen-gemittelte Profile der Elektronen- und Ionendichte für zwei unterschiedliche Anregungsfrequenzen (links: 60 MHz, rechts: 75 MHz).

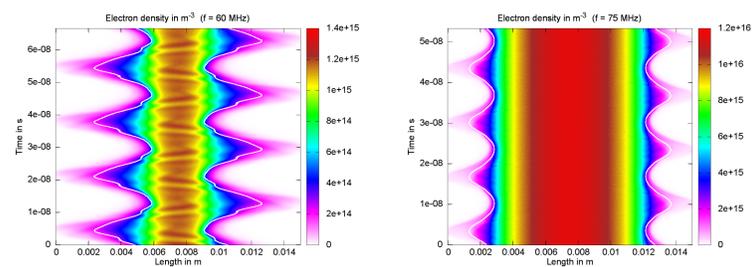


Numerische Ergebnisse

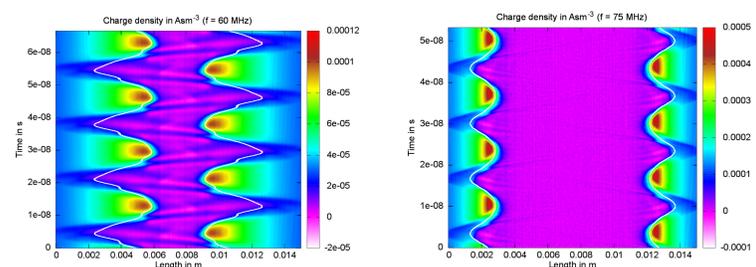
Raum-Zeit-Dynamik der Dichte schneller Elektronen ($E_{kin} > 15.76$ eV)



Raum-Zeit-Dynamik der Elektronendichte

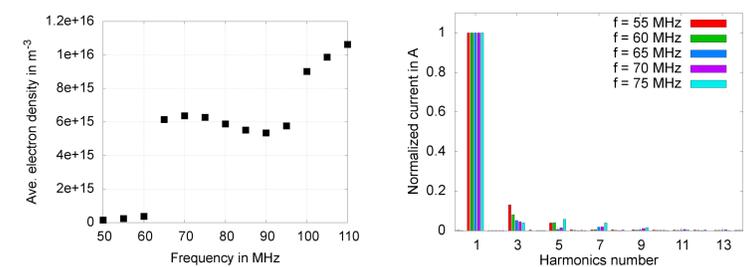


Raum-Zeit-Dynamik der Ladungsdichte



Resonanzanregung ?

Räumlich gemittelte Elektronendichte für unterschiedliche Anregungsfrequenzen (links) sowie das Amplitudenspektrum des Entladungsstromes für einige ausgesuchte Anregungsfrequenzen (rechts).



Referenzen und Danksagung

- [1] X.Y. Liu, Phys. Rev. Lett. **107**, 055002 (2011)
- [2] M.M. Turner et al., Bull. Am. Phys. Soc. **56**, 15 (2011)
- [3] A.V. Phelps, J. Appl. Phys. **76**, 747 (1994)

Die Autoren danken der DFG für die finanzielle Unterstützung im Rahmen des Sonderforschungsbereichs TRR 87 und Dr. Julian Schulze sowie Prof. Ralf Peter Brinkmann für ihre Diskussionsfreudigkeit und wertvollen Hinweise.