



Kinetic Effects in RF Discharges

Philipp Hacker

Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Institut für Physik
Ernst-Moritz-Arndt-Universität Greifswald

3. Dezember 2017

Betreuer: Prof. Dr. R. Schneider

Gutachter: Prof. Dr. J. Meichsner



1. Motivation

2. Experiment

3. Particle-in-Cell Methode

4. 1D Simulation

5. Simulationen in 2D

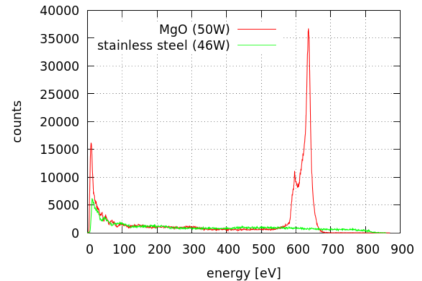
6. Ausblick

7. Referenzen



Kapazitive gekoppelte RF-Plasmen

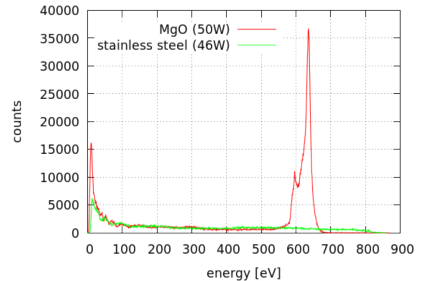
- Anwendung in Halbleiter- und Computerchip-Industrie
- in elektronegativen CCRF-Entladungen treffen schnelle Ionen auf die Elektroden
- Oberflächenprozesse an der Elektrode mit negativen Ionen



(Negative Ionen Energieverteilung in Sauerstoffentladungen) [2]

Kapazitive gekoppelte RF-Plasmen

- Anwendung in Halbleiter- und Computerchip-Industrie
- in elektronegativen CCRF-Entladungen treffen schnelle Ionen auf die Elektroden
- Oberflächenprozesse an der Elektrode mit negativen Ionen

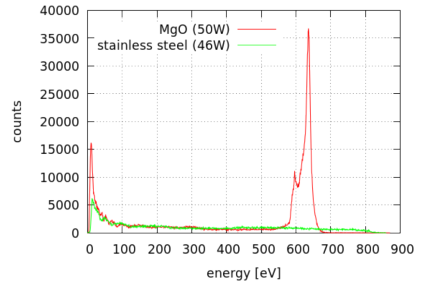


(Negative Ionen Energieverteilung in Sauerstoffentladungen) [2]



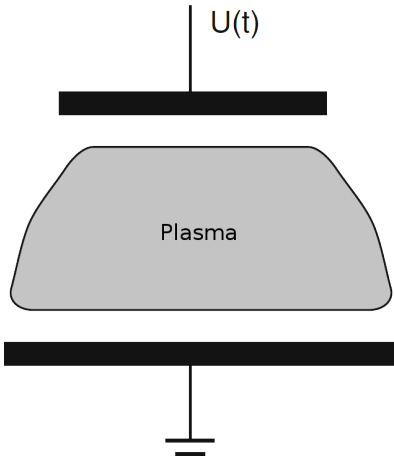
Kapazitive gekoppelte RF-Plasmen

- Anwendung in Halbleiter- und Computerchip-Industrie
- in elektronegativen CCRF-Entladungen treffen schnelle Ionen auf die Elektroden
- Oberflächenprozesse an der Elektrode mit negativen Ionen



(Negative Ionen Energieverteilung in Sauerstoffentladungen) [2]

Randschichteffekte



(Schema einer Entladung) [1]

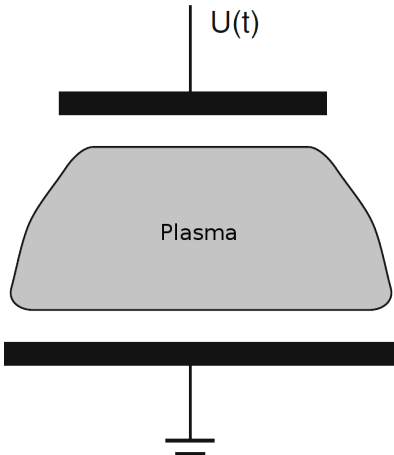
- negative Aufladung der Wände durch schnellere Elektronen
→ Self-Bias

- Ionen werden auf Bohm-Geschwindigkeit beschleunigt

$$v_{i,B} = \sqrt{\frac{k_B T_e}{m_i}}$$

- Asymmetrie der getriebenen/geerdten Elektroden

Randschichteffekte



(Schema einer Entladung) [1]

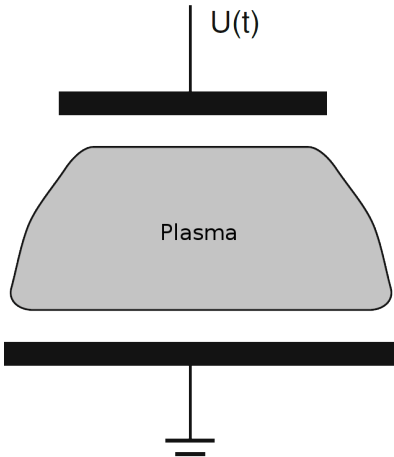
- negative Aufladung der Wände durch schnellere Elektronen
→ Self-Bias

- Ionen werden auf Bohm-Geschwindigkeit beschleunigt

$$v_{i,B} = \sqrt{\frac{k_B T_e}{m_i}}$$

- Asymmetrie der getriebenen/geerdten Elektroden

Randschichteffekte



(Schema einer Entladung) [1]

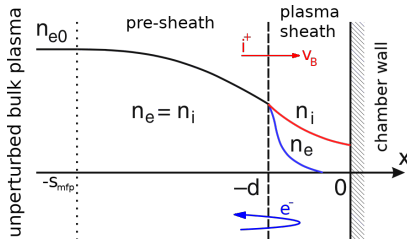
- negative Aufladung der Wände durch schnellere Elektronen
→ Self-Bias

- Ionen werden auf Bohm-Geschwindigkeit beschleunigt

$$v_{i,B} = \sqrt{\frac{k_B T_e}{m_i}}$$

- Asymmetrie der getriebenen/geerdten Elektroden

Randschichteffekte



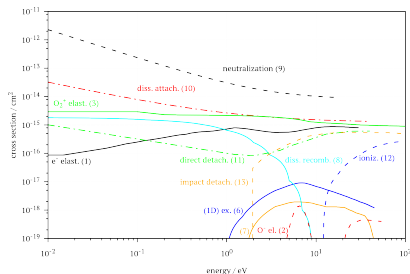
(Dichte und Potential vor einer Wand) [1]

- ...
- Kapazitive Kopplung führt zur Verschiebung des Plasma-Potentials



Oberflächen- und Stoßprozesse

- Test



(ausgewählte Stoßquerschnitte in Sauerstoff)

Das Experiment

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

- Test



Particle-in-Cell Methode

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

- Test



Monte-Carlo Stoßroutinen

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

- Test



1D Simulation

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

- Test



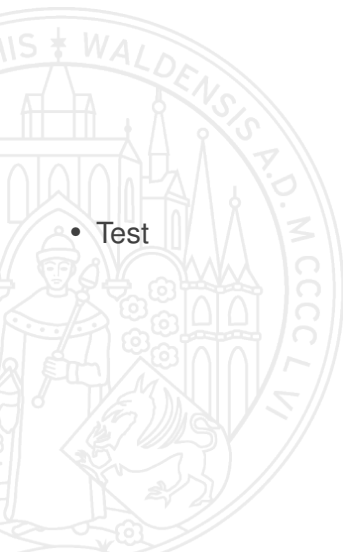
Energieverteilungen

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

- Test



Dynamik negativer Ionen

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

- Test



Simulationen in 2D

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

- Test



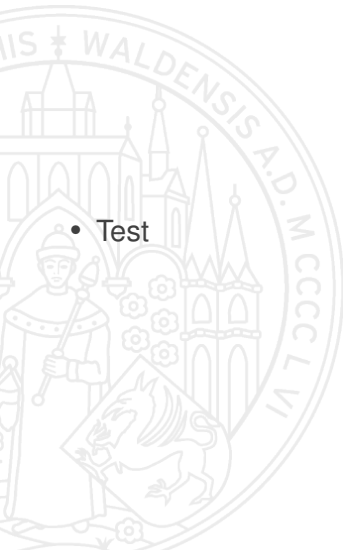
Vergleich mit 1D

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

- Test



Negative Ionen EVF

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

- Test



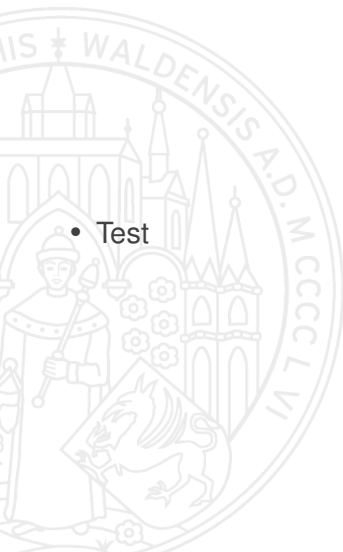
Asymmetrische Ranbedingungen

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

- Test



Einfluss des Self Bias

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

- Test



Ausblick

ERNST MORITZ ARNDT
UNIVERSITÄT GREIFSWALD



Wissen
lockt.
Seit 1456

- Test





Referenzen



A. Piel. „Plasma Physics - An Introduction to Laboratory, Space and Fusion Plasmas“. In: (2010), pp. 170 ff., 338 ff.



S. Scheuer. „Plasmadiagnostische Untersuchungen zur Charakterisierung von Moden in elektronegativen RF-Plasmen“. In: *Master thesis* (2015).

