

Induktiv gekoppelter HF- Plasmabrückenneutralisator

Frank Scholze, Horst Neumann

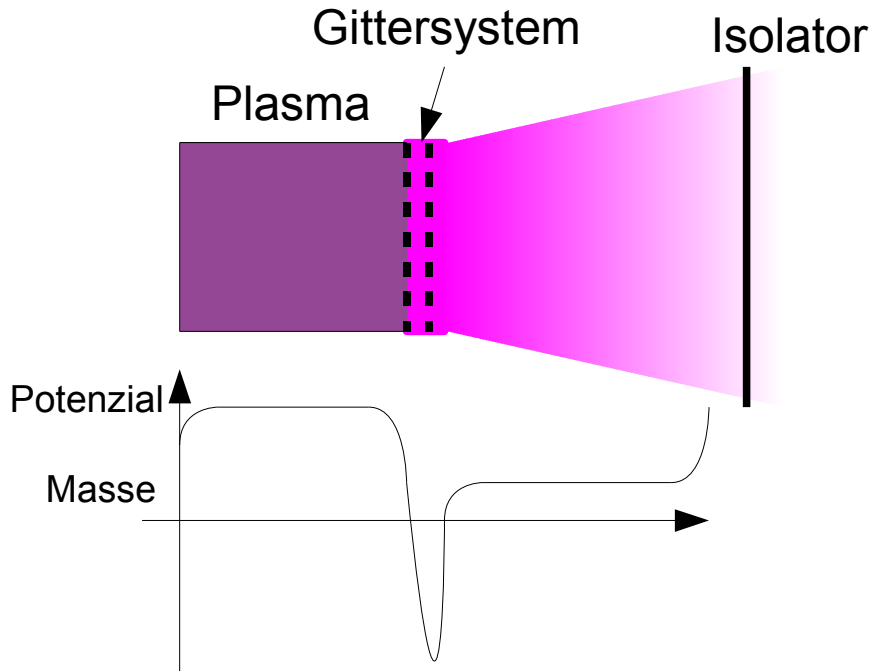
Leibniz-Institut für Oberflächenmodifizierung e.V.; Permoserstr.15; 04318 Leipzig

- Einleitung, Vorarbeiten
- erste Ergebnisse
- Zusammenfassung, Ausblick

Gefördert durch DLR : FKZ 50JR0443

Ionenstrahl-Neutralisation – Warum ?

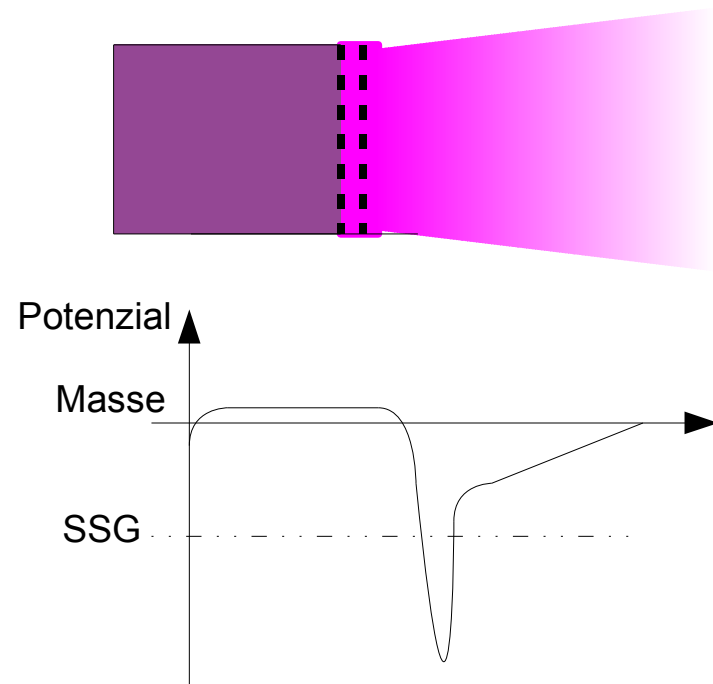
Bearbeitung isolierender Oberflächen



Oberfläche lädt sich positiv auf

Kompensation der OF-Ladung

Ionenstrahltriebwerk



Satellit behält negative Ladung

Ableitung der Elektronen

Idee und Vorarbeiten

- Induktiv gekoppeltes Plasma
- Minimierung des Entladungsraumes
- Extraktion von Elektronen

Spule :

Windungszahl, Material, Durchmesser, Kühlung

Entladungskammer :

Material, Durchmesser, Ionenfängerabmessungen

Anpassnetzwerk

Kondensator, Plattengröße, Dielektrikum, Paketgestaltung

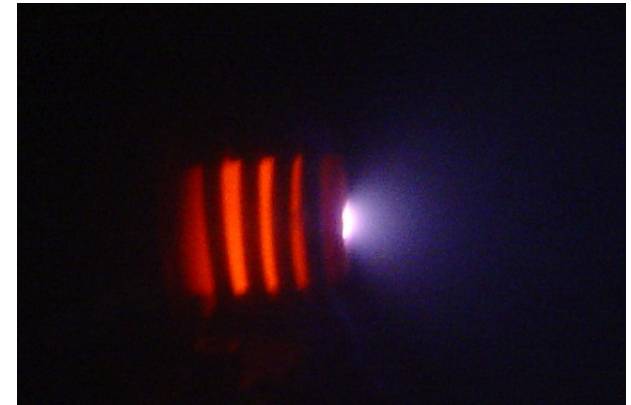
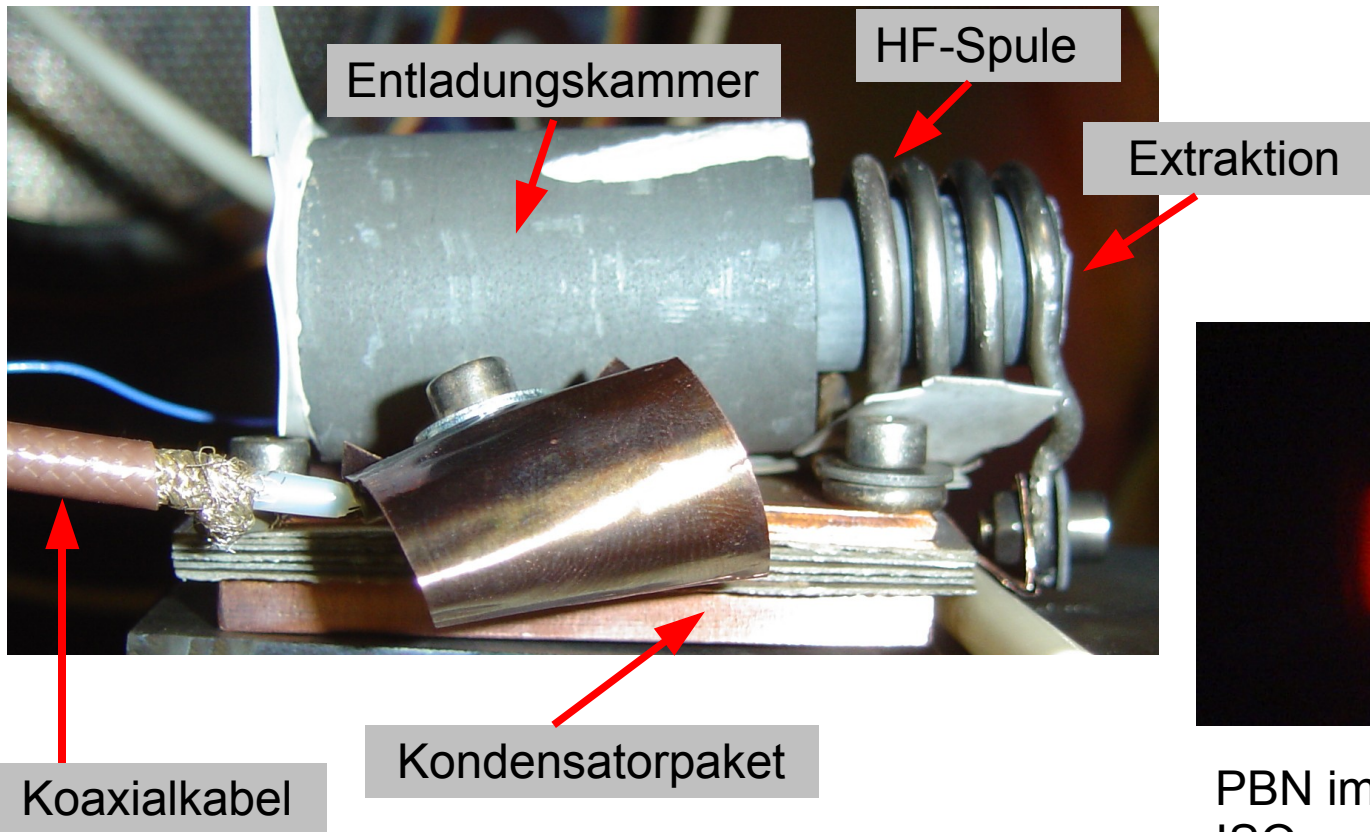
Medienzuführung :

Gasversorgung, Emissionsspannung, Kontaktierung

Konstruktion :

Mechanischer Aufbau

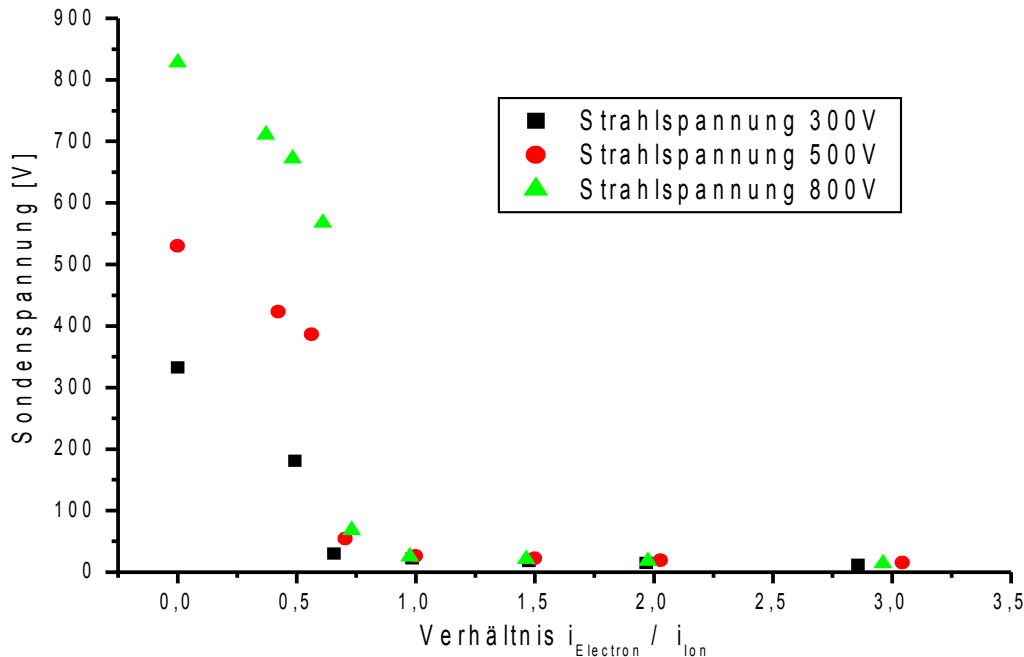
Testmuster



PBN im Betrieb ohne ISQ

Darstellung ohne Gehäuse, Gasversorgung und Emissionsspannungsanschluss auf der Rückseite

Neutralisationseffekt – isolierte Oberfläche



Aufbau

- Isolierte großfläche Sonde
- Messung des Potentials gegenüber Masse

Ergebnisse

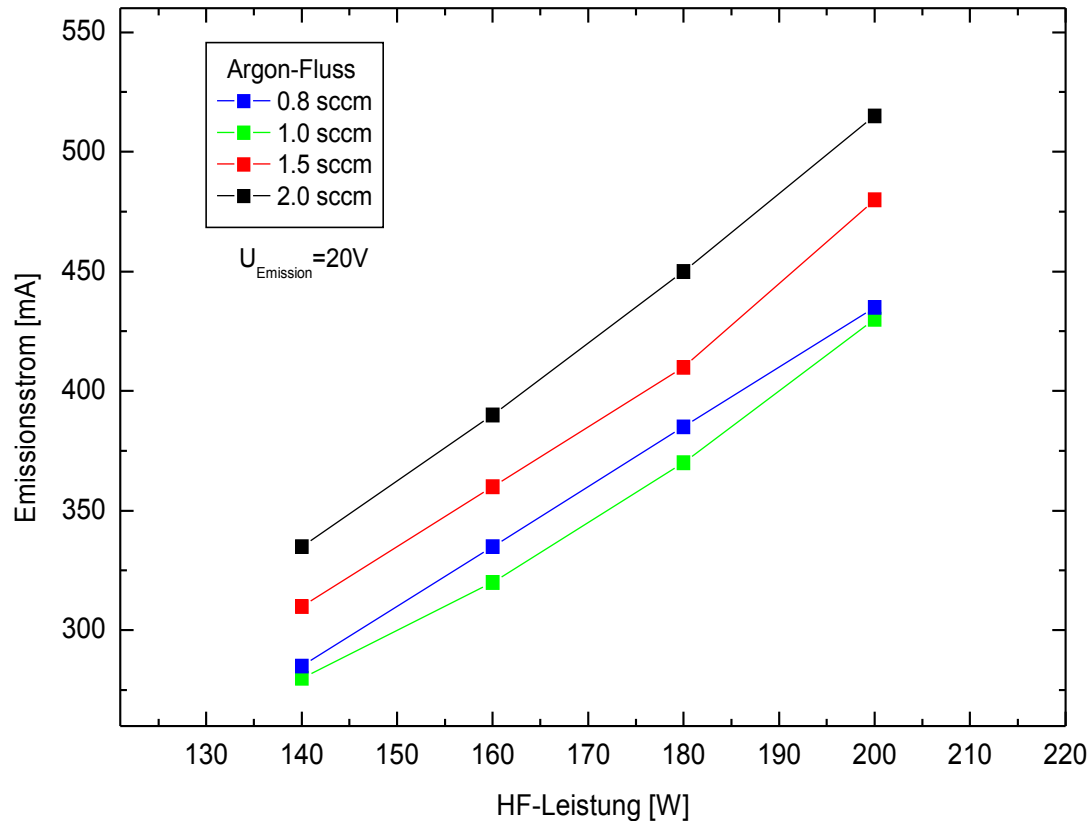
→ Ohne Neutralisation ($i_{\text{Elek.}} / i_{\text{Ion}} = 0$)

Sonde lädt sich auf Strahlspannung

→ Kompensierter Ionenstrom ($i_{\text{Elek.}} = i_{\text{Ion}}$)

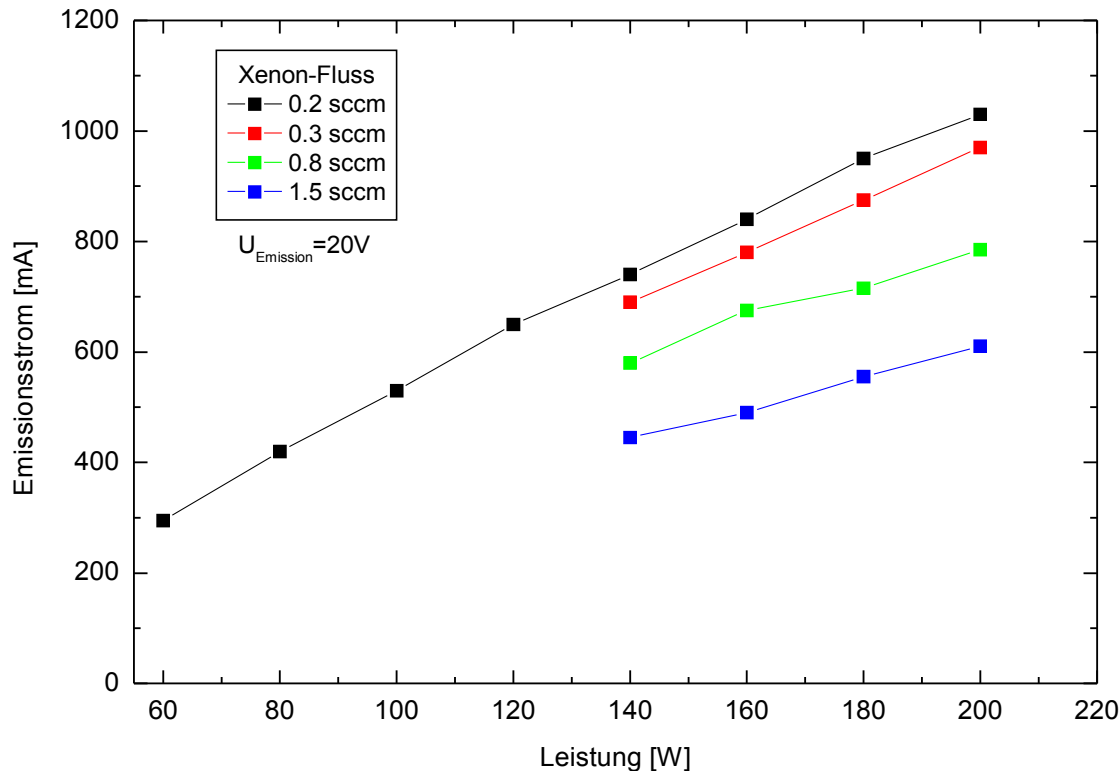
Sonde = Raumladungspotenzial $\approx 10 \dots 30 \text{ V}$

Elektronenemission bei Argon-Betrieb



- Kontinuierlicher Anstieg mit HF-Leistung
- kein Maximum erkennbar (bis 300 W getestet)
- Zunahme des Emissionsstroms mit steigendem Gasfluss

Elektronenemission bei Xenon-Betrieb



- Kontinuierlicher Anstieg mit HF-Leistung
- maximaler Strom bei 300W
 $I_{\text{Emission}} = 1,6\text{A}$
- größere Ausbeute als bei Argon

PBN - erste Einschätzung

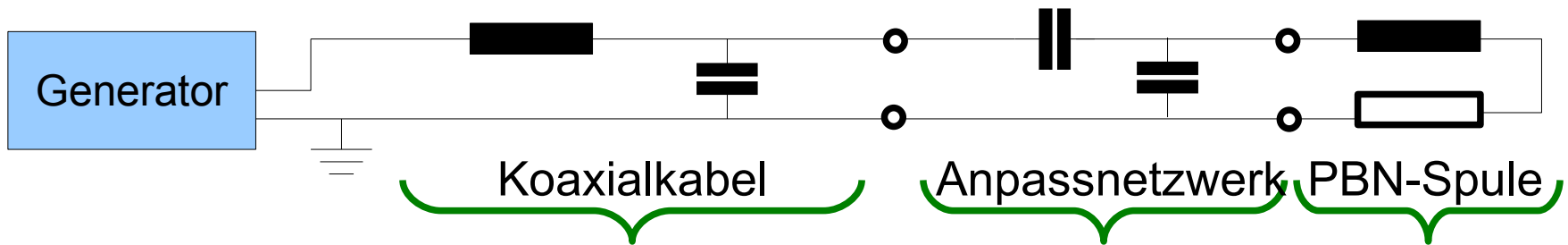
- Einfacher Aufbau
- Geringe Bauteilzahl
- Reproduzierbare Kennlinien
- Kompakt
- Keine Permanentmagneten
- Keine Kühlung

Reproduzierbarkeit weiterer Modelle ?

Variation um 0,1 mm

- Spulendurchmesser : Induktivität ändert sich $< \pm 1\%$
- Abstand Windungen : Änderung $\sim \pm 10\%$ → Resonanzfrequenz um 5% (z.B. 14,2 MHz)
- Kondensator : Kapazität $\sim \pm 20\%$

Ersatzschaltbild RF-PBN



$$Z = X_{L_{\text{Kabel}}} + (X_{C_{\text{Kabel}}} \parallel (X_{C_{\text{SK}}} \parallel (X_{C_{\text{Koppel}}} + (X_{C_{\text{SK}}} \parallel (X_{L_{\text{Spule}}} + R_{\text{Spule}}))))))$$

Vereinfachungen

Koaxialkabel :

- Leitungswiderstand ≈ 0
- Isoalation zwischen Schirm + Leiter $\rightarrow \infty$

Anpassnetzwerk :

- induktionsfreie Leitung
- unendlicher Isolationswiderstand

PBN-Spule :

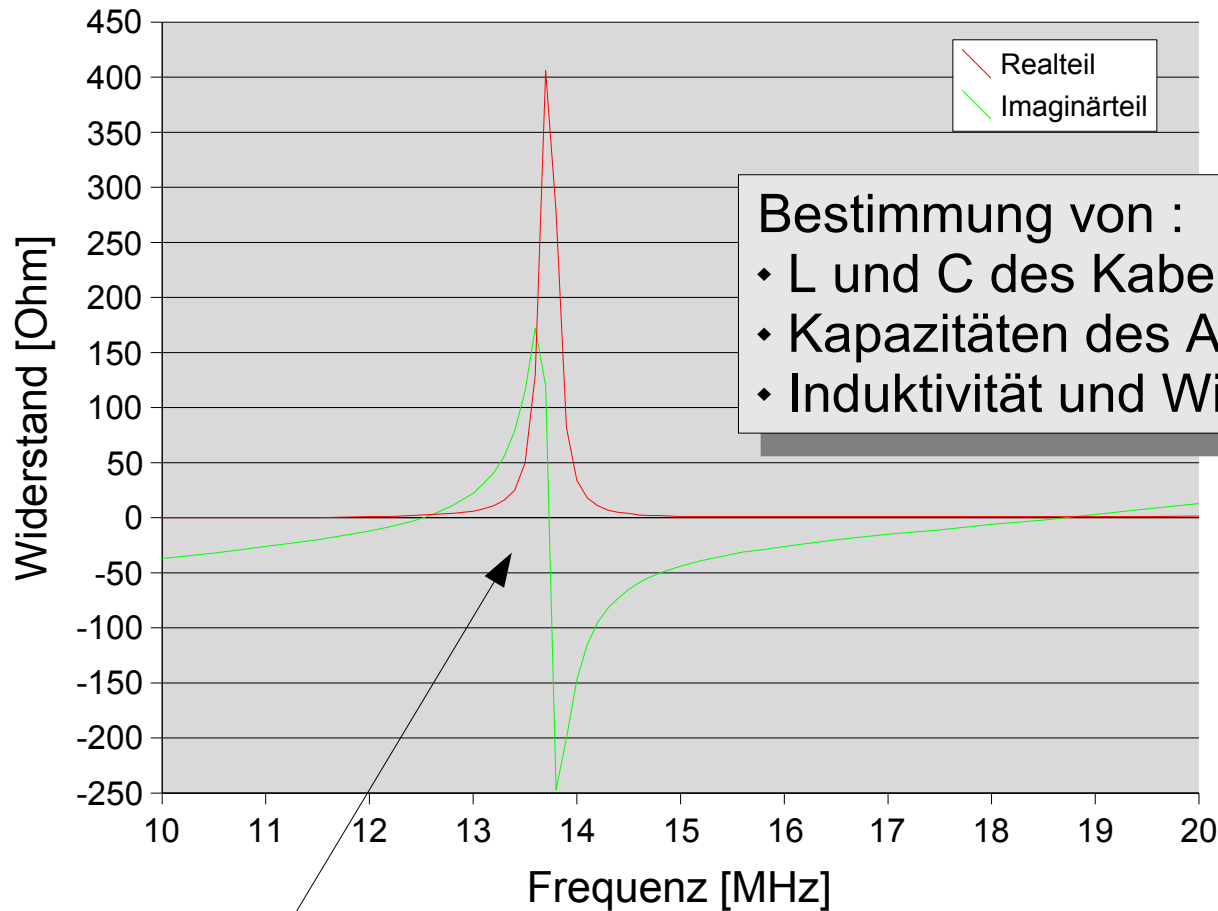
- kapazitätsarme Spule

Plasma nicht gezündet

$$XL = 2\pi f \cdot L \quad i$$

$$XC = \frac{-1}{2\pi f \cdot C} \quad i$$

Impedanz des PBN ohne Plasma



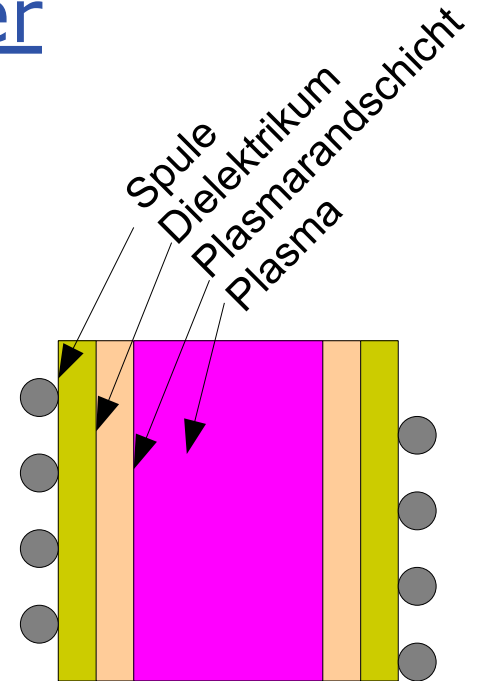
Abschätzung der Plasmaparameter

Normalbetrieb

- reflektierte Leistung = 0 W
- Impedanz des Systems = Generator
- ICP- Mode
- Plasma als Trafo mit komplexem Widerstand
- Sekundärwindung = 1

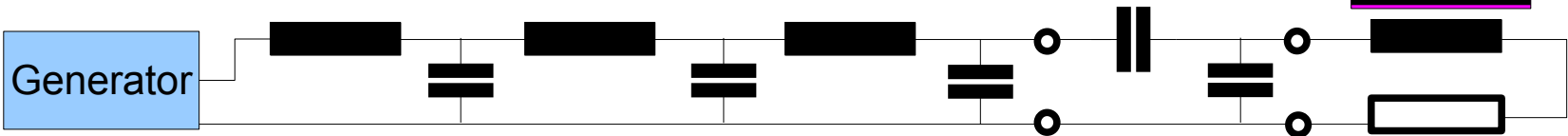
kapazitiver Anteil

$$\text{Ergebnis : } Z_{\text{Plasma}} = (3,2 - 2,1i) \text{ Ohm}$$



Generator

Plasma



Anschluss an Lieberman-Modell

Bisher

Emissionsstrom als Vergleichskriterium (Modell - Experiment)

Jetzt

zusätzlich Plasmawiderstand und -kapazität

Vergleich bzgl. Lieberman-Model

- ♦ Emissionsstrom zu gering ~0,6
- ♦ Plasmawiderstand zu groß ~1,3
- ♦ Plasmakapazität zu groß ~1,2

- ✓ Größenordnungsmäßige Übereinstimmung mit Modell
- ✓ Verluste durch Spule nicht allein beschreibbar
- ✓ weiter Plasmasimulationen und -messungen notwendig, um Schwachstellen (Energieverlustorte) zu ermitteln

Zusammenfassung und Ausblick

- ★ Induktiv gekoppeltes Plasma kann als Elektronenquelle genutzt werden
- ★ Xenon als Arbeitsgas ergibt größere Elektronenausbeute als bei Argon
- ★ Zugeführte Leistung muss Schwellwert übersteigen (z.B. $> 60 \text{ W}$), um den PBN im ICP-Mode zu betreiben
- ◆ Ausnutzung der HF-Leistung mittels Simulation abschätzen
- ◆ Schwachstellen – Orte energetischer Verluste lokalisieren
- ◆ Verwendung anderer Arbeitsgase um Elektronenausbeute weiter erhöhen
- ◆ Andere Frequenzen testen, um Leistungseffizienz zu optimieren