

- 1 Изучить принцип работы зонда с СВЧ-резонатором
- 2 Измерить локальную концентрацию плазмы на экспериментальной установке "КРОТ"
- 3 Изучить временную зависимость концентрации для распадающейся плазмы

Актуальность работы

- 1 Моделирование космических явлений
- 2 Моделирование процессов в ионосфере
- 3 Идея управляемого термоядерного синтеза
- 4 МГД-преобразование энергии и ионные двигатели
- 5 Газовые лазеры
- 6 Газоразрядные электронные приборы

Плазма – частично или полностью ионизированный газ, образованный из нейтральных атомов (или молекул) и заряженных частиц.

- 1 Квазинейтральный газ
- 2 Экранирует действующие на неё на неё электрические поля
- 3 Высокая проводимость
- 4

Плазма является электрически нейтральной системой.

Генерация плазмы в КРОТе

Для генерации плазмы используется индукционный газовый разряд, осуществляемый при помощи высокочастотных вихревых электрических полей, создаваемых мощными катушками индуктивности, расположенными внутри установки.

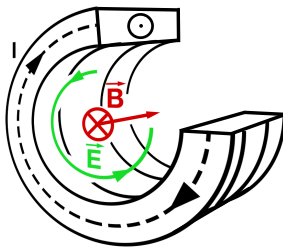


Рис.: Генерация ВЧ поля

Зонд с СВЧ-резонатором

Идея метода замера локальной плотности плазмы заключается в измерении собственной частоты резонатора, помещенного в неё.

$$\omega_{res} = \left(\frac{\pi}{2l} \right) \frac{c}{\sqrt{\varepsilon}}, \quad (1)$$

где ω_{res} – собственная частота резонатора.

В плазме:

$$\varepsilon = \varepsilon(\omega) = 1 - \frac{\omega^2}{\omega_p^2}.$$

Тогда сдвиг резонансной частоты по сравнению с вакуумом:

$$\omega_{res}^2 = \omega_{0res}^2 + \omega_p^2,$$

где ω_{0res} – собственная частота резонатора в вакууме, а ω_p – плазменная частота

При этом концентрация однозначно связана с плазменной частотой:

$$N_e = \frac{m_e \omega_p^2}{4\pi e^2} \quad (2)$$

Зонд с СВЧ-резонатором

В нашем случае резонатором является четвертьволновый отрезок двупроводной линии (четвертьволновый резонатор), замкнутый на одном конце и разомкнутый на другом.

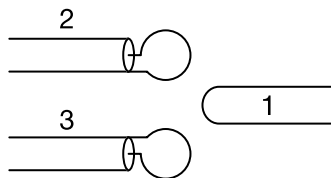


Рис.: Четвертьволновый резонатор

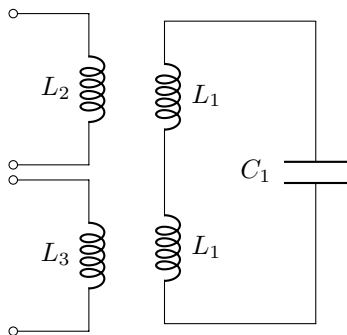


Рис.: Эквивалентная схема резонатора

Преимущества зонда с СВЧ-резонатором

- 1 Благодаря малым размерам резонатора, позволяет определять локальное, слабо возмущенное значение концентрации плазмы.
- 2 Результаты измерений не зависят от температуры плазмы.

Экспериментальная установка КРОТ

Размеры камеры: диаметр 3 м, длина 10 м.

Размеры соленоида: длина 3.5 м, диаметр 2 м.

Магнитное поле достигает величины $B \approx 1000$ Эрстед.

Предельный вакуум, достигаемый в объеме камеры $P = 3 \cdot 10^{-6}$ Торр.

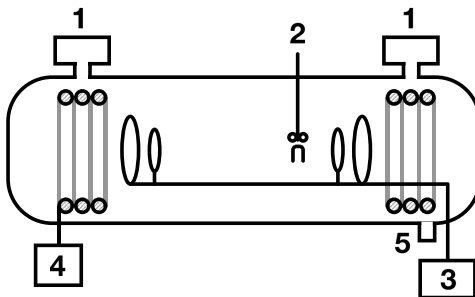
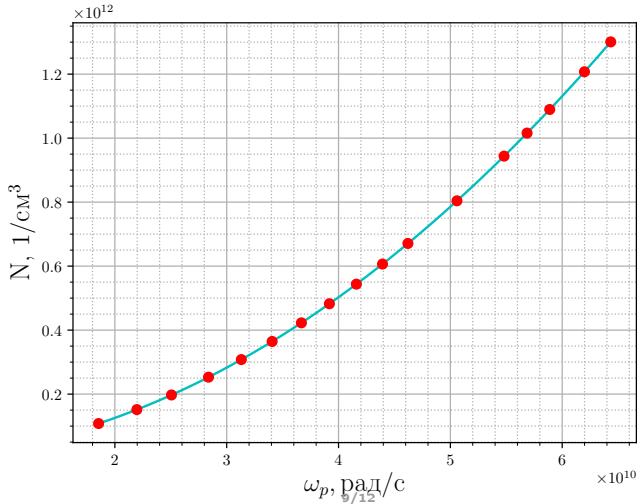


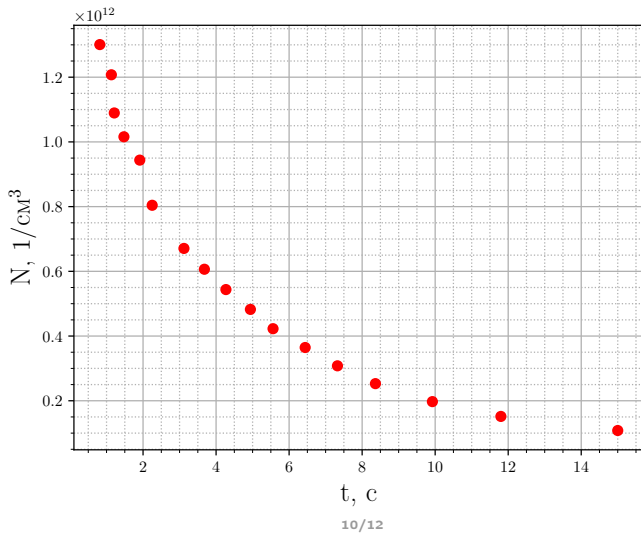
Рис.: 1 - вакуумная откачка, 2 - зонд с СВЧ-резонатором, 3 - ВЧ-генератор, 4 - соленоид с источником магнитного поля.

Измерение концентрации плазмы

Рабочий газ – аргон (Ag), $P = 4 \cdot 10^{-1}$ Торр.

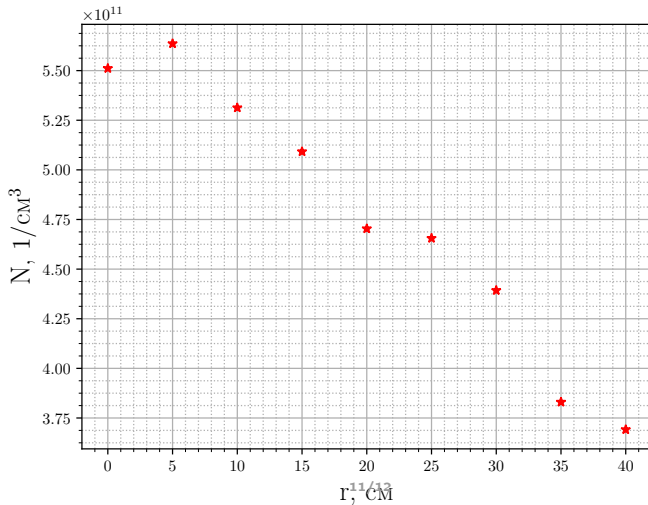


Распад плазмы



Зависимость на радиальной оси

Время после отключения ВЧ-генератора $t = 4.13$ мс



- 1 Мы изучили принцип работы зонда с СВЧ-резонатором
- 2 Измерили локальную концентрацию плазмы на экспериментальной установке "КРОТ"
- 3 Изучили временную зависимость концентрации для распадающейся плазмы