

КОМБИНАЦИОННОЕ РАССЕЙНИЕ МИКРОВОЛН ПЛАЗМЕННЫМИ КОЛЕБАНИЯМИ

Н.Ф.Перепелкин

В последнее время проявляется большой интерес к явлению комбинационного рассеяния электромагнитных волн плазмой как методу исследования явлений, связанных с коллективными процессами в плазме [1].

В настоящем сообщении приводятся результаты исследований по нелинейному взаимодействию микроволн с плазмой, в которых наблюдался эффект комбинационного рассеяния падающей извне на плазму 4-миллиметровой волны собственными колебаниями в плазме с концентрацией электронов $\sim 6 \cdot 10^{13} \text{ см}^{-3}$ с излучением комбинационного спектра частот $\omega + \omega_{pe}$, лежащем в 2-миллиметровом диапазоне волн. При этом рассеяние падающей волны наблюдалось из локальной области в плазме, так как длина волны и конечные размеры сходящегося пучка падающего электромагнитного излучения были меньше диаметра плазмы.

Схема экспериментальной установки приведена на рис. 1. Водородная плазма (при условии $\omega > \omega_{pe} \gg \Omega_{He}$, $E_{\omega} \ll E_p$) создавалась прямым разрядом (типа Пеннинга) с холодными катодами в магнитном поле пробочной конфигурации. Колебания в плазме возбуждались

ударным витком Θ -пинча [2]. Интенсивность плазменных колебаний контролировалась по уровню собственного микроволнового излучения, спектр которого исследовался методом предельных волноводов на длинах волн 2, 4 и 8 мм. Всплески микроволнового излучения возникали во втором полупериоде тока Θ -пинча. Методом гетеродинирования обнаружено, что в спектре микроволнового излучения довольно интенсивны линии плазменной частоты и второй гармоники плазменной частоты

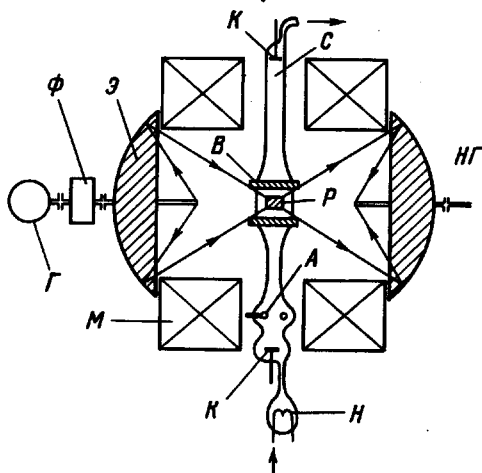


Рис. 1. Схема установки: Г - СВЧ-генератор, Ф - фильтр, Э - фокусирующая система, М - электромагнит, С - камера (диаметр 80 мм), В - виток пинча (диаметр 100 мм), А - анод, К - катоды, НГ - СВЧ-нагрузка, Р - приемный рупор

ты (концентрация электронов контролировалась по прохождению и отражению от плазмы сигнала на волне 4,28 мм).

Внешнее электромагнитное излучение антенной в виде эллипсоида вращения фокусировалось в пятно диаметром 6 мм в центре разрядной камеры (между витками). Применяв участок стекла толщиной в полволны, уровень рассеянных полей на частоте ω и 2ω удалось ослабить на 50 дБ. Кроме того, волноводный фильтр на 4-миллиметровом двойном тройнике (смещение частоты в СВЧ-импульсе ~ 5 МГц) позволял дополнительно ослабить гармонику СВЧ-генератора так, что в спектре падающего на плазму излучения не обнаруживалось сигнала с частотой 2ω .

Волновые векторы падающей и рассеянной волны и вектор напряженности магнитного поля взаимно перпендикулярны. Вектор напряженности электрического поля СВЧ-волны параллелен векторам напряженности постоянного и переменного магнитных полей. Рассеянное излучение принималось на волне $\lambda = 2$ мм приемником прямого усиления с полосой видеосузителя 150 МГц.

Когда момент развития достаточно интенсивных колебаний в плазме лежал в интервале времени работы СВЧ-генератора, на фоне собственного излучения из плазмы появлялся импульс комбинационного рассеяния, превышающий по амплитуде собственный уровень шумов в 4 раза (см. рис. 2). Режим установки: поле в пробках 3 кэ, пробочное отношение 3,3; разряд Пеннинга - $C = 55$ мкф, $U = 4$ кв, $I = 10$ ка, фронт тока 10 мксек, длительность 200 мксек; θ - пинч - $C = 6$ мкф, $U = 12$ кв, $I = 70$ ка, период 6,3 мксек, $p = 9 \cdot 10^{-4}$ мм рт.ст.

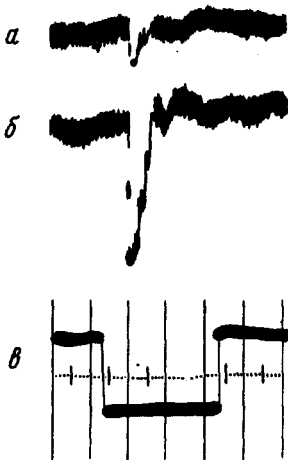


Рис. 2. Характерные осциллограммы: а - шумы на $2\omega_{pe}$; б - рассеянное излучение на $\omega + \omega_{pe}$, в - импульс СВЧ-сигнала частотой ω . Временной масштаб 0,3 мксек/дел.

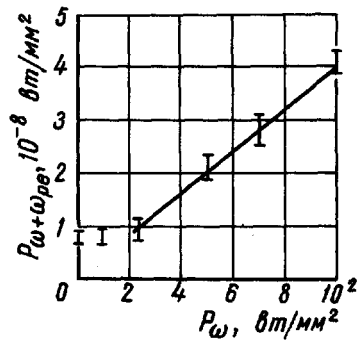


Рис. 3. Зависимость мощности рассеянного излучения от мощности СВЧ-сигнала, вводимого в плазму

Подтверждением того, что наблюдаемое явление есть комбинационное рассеяние с излучением спектра частот $\omega + \omega_{pe}$, служит следующее:

1. Условие $E_{\omega} \ll E_p \approx 4,2 \cdot 10^{-10} \omega \sqrt{\sigma T_e}$ [3] было выполнено в плазме, ибо для данного режима работы установки критическое поле в плазме $\sim 10^2$ в/см, при этом напряженность поля волны СВЧ в фокусе в плазме (для отношения $(\omega_{pe}/\omega)^2 \approx 1$) порядка $5 \cdot 10^{-2}$ в/см. Поэтому экспериментально не было обнаружено эффекта возмущения плазмы падающей волной СВЧ, что могло проявиться в виде рассеянного излучения на частоте 2ω на вынужденных волной СВЧ плазменных колебаниях [4], когда момент облучения волной СВЧ не совпадал со временем развития интенсивных собственных колебаний в плазме.

2. Наблюдалась линейная зависимость мощности рассеянного излучения от мощности сигнала, вводимого в плазму на частоте ω (рис.3), что согласуется с теорией [5] .

3. Импульс рассеянного излучения по длительности и по времени возникновения совпадает с импульсом шумов из плазмы в районе второй гармоники плазменной частоты.

Автор благодарит Р.А.Демирханова, Н.И.Мальха, Л.А.Уткину, Е.С.Ямпольского за постоянный интерес и помощь в работе, а также С.Д.Фанченко, Д.Д.Рютова и Б.А.Демидова за ценное обсуждение результатов.

Физико-технический институт ИКАЭ
г. Сухуми

Поступило в редакцию
6 февраля 1966 г.

Литература

- [1] Б.А.Демидов, С.Д.Фанченко. Письма ЖЭТФ, 2, 533, 1965.
- [2] И.Ю.Адамов, Л.А.Душин, В.Н.Кононенко, О.С.Павличенко. Атомная энергия, 16, 99, 1964.
- [3] Mokoto Moriama, Masao Sumi. J.Phys. Soc. Japan, 17, 397, 1962.
- [4] В.Л.Гинзбург, А.В.Гуревич. Успехи физ.наук, 20, 393, 1960.
- [5] И.А.Ахиезер, И.Г.Прохода, А.Г.Ситенко. ЖЭТФ, 33, 750, 1957.