

ДИНАМИКА НАГРЕВА ЭЛЕКТРОНОВ В ПОЛЕ
КОСЫХ ЛЕНТИМОРОВСКИХ ВОЛН

Г. М. Батанов, А. В. Сапожников, К. А. Сарксян,
Н. Н. Скворцова

УДК 533.9.01

На основании сравнения динамики нагрева электронов и развития ионно-звуковых колебаний делается вывод о связи нагрева с индуцированным $1s$ -рассеянием.

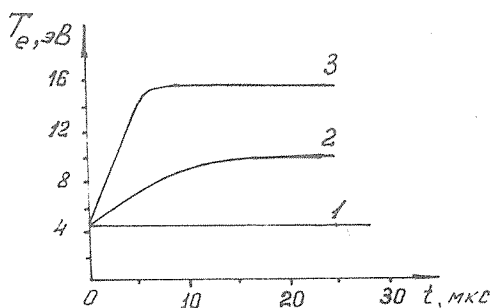
Для нелинейного взаимодействия волн с плазмой весьма актуальным является вопрос о механизмах передачи энергии от волн частицам. При этом особый интерес представляют механизмы, приводящие к передаче энергии основной массе электронов, т.е. к нагреву электронов. В качестве одного из таких механизмов в /1/ было рассмотрено индуцированное рассеяние лентиморовских волн на тепловых электронах с конверсией в звуковую волну (индуцированное $1s$ -рассеяние). Экспериментальные исследования, выполненные в /2/, показали, что в токовой плазме вблизи нижнего гибридного резонанса наблюдавшийся нагрев электронов связан именно с этим процессом. Однако стационарный режим эксперимента /2/ не позволил получить информацию о динамике нагрева. В

связи с этим были проведены исследования нагрева электронов при импульсном включении поля накачки, результатам которых посвящено настоящее сообщение.

Исследования проводились на той же установке, что и в работе /2/. Кратко напомним основные условия эксперимента. Стационарный столб плазмы диаметром 4 см и длиной 100 см с концентрацией $n = (1 - 2) \cdot 10^{10} \text{ см}^{-3}$ создавался в металлической камере, вдоль которой прилагалось магнитное поле $H = 600 \text{ Э}$. Плазма создавалась ионизацией аргона при давлении $p = 3 \cdot 10^{-4}$ торр пучком электронов с энергией $E_0 \approx 120 \text{ эВ}$. Плазма была неизотермической с температурой электронов $T_e \approx 3 - 6 \text{ эВ}$.

В качестве волны накачки в плазме возбуждалась мода Трайвеллеса - Гоулда на частоте $\omega_0/2\pi = 24 \text{ МГц}$. Напряженность поля волны накачки изменялась в пределах $E_0 = 0,1 - 15 \text{ В/см}$. Параметры импульса накачки: длительность до 1 мс, длительность фронта 0,1 мкс. При такой частоте волны накачки и указанных выше параметрах плазмы выполнялось следующее соотношение между характерными частотами: $\omega_{pi} \approx \omega_{IH} < \omega_0 \ll \omega_{pe} < \omega_{He}$, $\omega_0 \approx 5\omega_{IH}$, где ω_{pe} и ω_{pi} - электронная и ионная ленгмюровские частоты, ω_{IH} - частота нижнего гибридного резонанса, ω_{He} - электронная циклотронная частота.

Диагностика плазмы осуществлялась с помощью ленгмюровских зондов. Изменение температуры электронов во времени определялось по зондовым характеристикам, которые строились для фиксирован-

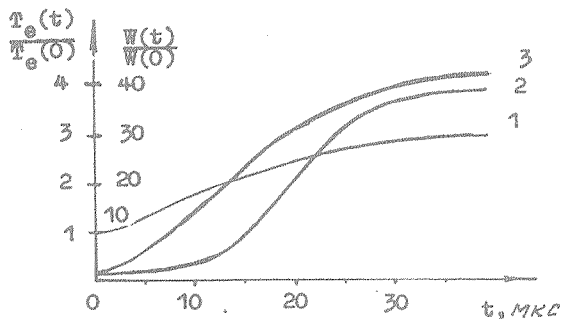


Р и с. 1. Изменение температуры электронов при включении ЭЧ поля накачки: $E_0 = 2,5 \text{ В/см}$ (1); $7,5 \text{ В/см}$ (2); $12,5 \text{ В/см}$ (3)

ных моментов времени на основании осциллограмм тока на зонд при различных потенциалах. Шумы плазмы регистрировались одиночным лентмюровским зондом в режиме ионного тока насыщения. Исследование развития ионно-звуковых шумов плазмы выполнялось с помощью полосовых усилителей /3/.

Импульсное включение поля накачки приводило к увеличению температуры электронов. На рис. 1 представлены графики изменения температуры электронов во времени после включения импульса накачки при заданной напряженности поля волны накачки. Видно, что с превышением поля накачки величины $E_0 = 2,5$ В/см температура электронов начинает расти. С увеличением напряженности поля накачки возрастает максимальное значение T_e , до которого нарастает температура электронов. Характерно, что максимальное значение T_e достигается за меньшее время при больших значениях E_0 . Так, при $E_0 = 7,5$ В/см температура возрастает почти в 2 раза за 10 мкс, а при $E_0 = 12,5$ В/см температура увеличивается в 3,3 раза за 5 мкс.

Для выяснения механизма нагрева представляло интерес провести сравнение динамики развития ионно-звуковых шумов и нагрева электронов. Так же, как в стационарном режиме [2], при импульсном включении поля накачки наблюдалась корреляция между ростом температуры и интенсивности ионно-звуковых шумов (рис. 2). Время нарастания температуры оказывается таким же,



Р и с. 2. Относительное увеличение температуры электронов (1) и интенсивности ионно-звуковых шумов, регистрируемых в диапазоне 0,4–0,7 МГц (2) и 0,4–5,0 МГц (3); $E_0 = 5$ В/см

как время нарастания самых коротковолновых ионно-звуковых колебаний. Возбуждение коротких ионно-звуковых волн, как было показано в работе /2/, связано с индуцированным $1s$ -рассеянием. Таким образом, можно сделать вывод, что результаты исследования динамики нагрева электронов в поле косых ленгмювских волн подтверждают связь нагрева с индуцированным $1s$ -рассеянием.

Поступила в редакцию
8 июня 1983 г.

Л и т е р а т у р а

1. Г. М. Батанов, Л. М. Коврижных, Физика плазмы, 5, 1067 (1979).
2. Г. М. Батанов и др., Письма в ЖЭТФ, 35, 248 (1982).
3. Г. М. Батанов и др., ЖЭТФ, 85, вып. 4(10), 1209 (1983).