

ДЕПОЛЯРИЗАЦИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ВОЛН ПРИ НЕЛИНЕЙНОМ ПРОСВЕЩЕНИИ ПЛАЗМЫ

Ю. В. Задирака, В. А. Силин, В. А. Цыганков

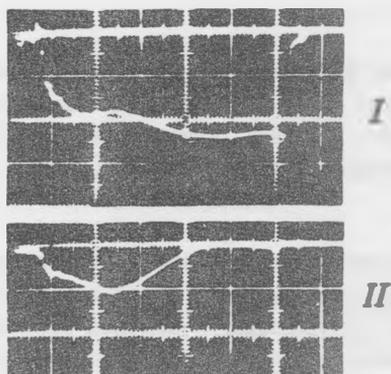
УДК 533.9

Экспериментально показано, что линейно поляризованная электромагнитная волна Ю-см диапазона частично деполаризуется при нелинейном проникновении в плазменный слой. Коэффициент деполаризации достигает 0,4 - 0,5 по амплитуде.

При падении достаточно сильной СВЧ волны на слой слабонеоднородной плазмы может осуществляться режим нелинейного проникновения /1/. Проведенные недавно измерения прохождения в плазму волн различного типа поляризации /2/ показали, в частности, что в случае облучения плазмы линейно поляризованной волной поляризация поля, по-видимому, не сохраняется. Указанные измерения проводились с помощью электрических СВЧ антенн, работающих за счет емкостной передачи сигнала в измерительный тракт. Известно, что в таком случае сигнал при расположении антенны в материальной среде с диэлектрической проницаемостью ϵ оказывается пропорциональным ϵE , а импеданс плазмы равен $Z_p = 1/i\omega\epsilon l$ (см., напр., /3/). В области концентраций плазмы вблизи $n = n_c$ импеданс всего зонда Z может изменяться от 0 до ∞ , поскольку $Z = Z_p + (1/i\omega C_1) + (1/i\omega C_2)$, где $C_{1,2}$ - емкости приэлектродных слоев. Следовательно, при измерениях E в плазме электрическими антеннами возникает неопределенность, которая может сильно исказить результаты в условиях близости к плазменному резонансу.

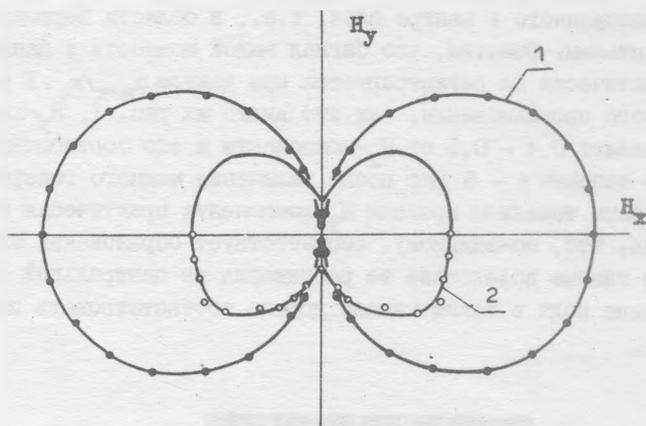
Для устранения этой неопределенности нами был изготовлен индуктивный СВЧ зонд и проведены сравнительные измерения различных компонент магнитного поля СВЧ волны. Емкостная составляющая сигнала зонда компенсировалась с помощью скобы, осуществляющей электростатическое экранирование петли зонда /4/.

Измерения без плазмы показали, что в падающей линейно поляризованной волне присутствует, в основном, H_x -компонента напряженности магнитного поля. Соответственно, электрическое поле имеет, в основном, E_y -компоненту (ось z соответствует направлению падения волны). Содержание компоненты H_y составляет 3 - 4% от H_x по амплитуде. В плазме, в области вблизи критической концентрации, регистрируется появление деполаризованной компоненты, т.е., H_y сильно возрастает на некоторое время в процессе нелинейного просветления слоя. На рис. I приводятся осциллограммы сигналов зонда, расположенного в центре слоя, т.е., в области первоначально плотной плазмы. Отметим, что сигнал малой мощности в данной точке слоя практически не регистрируется при данном n_{max}/n_c . В режиме нелинейного проникновения, как это видно из рис. I, H_y -компонента составляет 0,4 - 0,5 от H_x -компоненты и это соотношение сохраняется в течение 4 - 5 мкс после включения мощного генератора. С дальнейшим течением времени H_y -компонента практически обращается в нуль, что, по-видимому, соответствует образованию широкого канала в плазме вследствие ее растекания из центральной области. Поляризация поля в таком канале должна соответствовать падающей волне.



Р и с. I. Осциллограммы сигналов индуктивного СВЧ зонда:
 $n_{max}/n_c = 1,4$; $z = 24$ см; I - H_x , II - H_y . Мощность 90 кВт,
 детектирование линейное, развертка 2 мкс/дел., усиление одина-
 ковое

Весьма сходный эффект регистрировался и электрическими антеннами /2/, однако величина деполяризованной компоненты достигала 0,7 от падающей компоненты линейно поляризованной волны. Несовпадение результатов можно объяснить частичной потерей избирательности электрического зонда вблизи критической концентрации. Измерения магнитным зондом позволяют определенно говорить о деполяризации самой СВЧ волны.



Р и с. 2. Круговые диаграммы H -компонент СВЧ поля, регистрируемых индуктивным зондом: 1 - без плазмы; 2 - с плазмой, $n_{\text{max}}/n_c = 1,8$, $z = 24$ см. Мощность 250 кВт, детектирование линейное; кривые построены для момента времени 0,5 мкс от начала включения СВЧ импульса

Эффект деполяризации может быть проиллюстрирован зависимостями H -сигнала от угла поворота петли зонда (см. рис. 2). Как видно из рис. 2, для указанного момента времени (0,5 мкс) после включения СВЧ волны H_x -компонента в плазме уменьшается, а H_y возрастает примерно в 4 раза. Отметим, что кривая 1 на рис. 2 позволяет, в частности, определить угловую ширину диаграммы избирательности зонда при регистрации магнитных СВЧ полей, которая составляет $2\theta \approx 90^\circ$. Отсюда следует, что по данным измерениям нет возможности различить, соответствует ли появление

деполяризованного сигнала возникновению в плазме полей H_y (направленных точно вдоль оси y), или поворотам H_x на сравнительно небольшой угол.

Следует отметить также, что сигналы индуктивного СВЧ зонда совершенно не изменяются, если зонд закрывается для изоляции от плазмы тонким (~ 1 мм) слоем диэлектрика.

Итак, можно сделать вывод о том, что деполяризация плоскополяризованной СВЧ волны имеет место в плазме в режиме быстрого проникновения. Кроме того, регистрация магнитных СВЧ полей подтверждает тот факт, что в плазме возникают именно электромагнитные волны, рассеивающиеся на неоднородностях плазмы, а не электростатические поля, связанные с потоком электронов.

В заключение авторы выражают признательность Г. М. Батанову за инициативу проведения данных измерений.

Поступила в редакцию
28 февраля 1980 г.

Л и т е р а т у р а

1. Г. М. Батанов, В. А. Силин, Труды ФИАН, 73, 87 (1973); 92, 3 (1977).
2. Г. М. Батанов и др., Препринт ФИАН № 160, 1979 г.
3. В. Е. Голант, Сверхвысокочастотные методы исследования плазмы, "Наука", М., 1968 г.
4. Ф. Дж. Тишер, Техника измерений на сверхвысоких частотах, ГИТМЛ, М., 1963 г.