

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 548.535

В. А. ГОДЯК, А. А. КУЗОВНИКОВ, М. А. ХАДИР

### О ВЛИЯНИИ УСЛОВИЙ В ПРИСТЕНОЧНОМ ДВОЙНОМ СЛОЕ НА РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОНОВ ПО ЭНЕРГИЯМ В ПЛАЗМЕ ПОЛОЖИТЕЛЬНОГО СТОЛБА

В ряде работ показано, что характер энергетического распределения электронов в плазме положительного столба разряда низкого давления существенно определяется состоянием границы плазмы у стенки разрядной трубки [1, 2]. Для объяснения максвелловского распределения электронов в плазме положительного столба в условиях «парадокса Ленгмюра» Габором и другими [3], было высказано предположение о существовании спонтанных пристеночных ВЧ-колебаний, приводящих к максвеллизации электронов в объеме плазмы. При наличии ВЧ-колебаний в пристеночном двойном слое отражение электронов в поле осциллирующего потенциального барьера у границы плазмы происходит неупруго, так что в среднем за период ВЧ-поля электроны ускоряются в сторону плазмы, обогащая распределение быстрыми электронами. До настоящего времени вопрос о существовании спонтанных ВЧ-колебаний в области пристеночного двойного слоя остается открытым [4].

В настоящей работе изучается влияние пристеночных ВЧ-колебаний, задаваемых внешним источником, на вид энергетического распределения электронов в объеме плазмы положительного столба разряда низкого давления.

Зондовые характеристики и значения второй производной зондового тока определялись с помощью обычной зондовой схемы и специального прибора [5]. На кольцевой электрод, расположенный на внешней границе пристеночного двойного слоя, подавалось ВЧ-напряжение и измерялись значения второй производной зондового тока на оси разряда  $I_0''(V)$  при различных значениях напряжений  $V_{\sim}$  и частоты  $f$ . Размеры трубки и зондов, а также параметры разряда и методика измерений те же, что и в работе [2]. Во всех случаях частота ВЧ-напряжения  $f$  была ниже плазменной —  $f_0$ , что обеспечивало локализацию ВЧ-поля в области двойного слоя.

На рис. 1 представлены зависимости  $\ln I_0''(V)$  при различных эффективных значениях  $V_{\sim}$  ( $I_p = 50$  ма,  $f_0 = 480$  мГц. Из рисунка видно, что при наложении ВЧ-поля происходит значительный нагрев электронов на оси разряда, причем распределение быстрых электронов подобно максвелловскому (прямолинейная зависимость  $\ln I_0''(V)$ ). В таблице представлены значения ВЧ-напряжений и соответствующие им электронные «температуры» быстрых электронов распределения.

Для оценки частотной зависимости нагрева электронов были получены значения «температур»  $V_e'$  быстрых электронов распределения в зависимости от частоты ВЧ-напряжения с помощью специального прибора, так же как в работе [5]. Как и в предыдущем случае, частота внешнего ВЧ-

№	$V_{\sim}, b$	$V_e', b$
1	0	2,4
2	1	3,1
3	2	2
4	5	5

поля была ниже плазменной. На рис. 2 представлена частотная зависимость  $V_e'$  невозмущенное значение  $V_e^*$  равно  $2,4 \text{ в}$  ( $I_p = 50 \text{ ма}$ ,  $f_0 = 480 \text{ мг}$   $V_{\sim} = 1 \text{ в}$ ).

Наличие резонансной структуры в частотной зависимости  $V_e'$  на частотах, меньших плазменной, можно объяснить совпадением частот внешнего поля с собственными частотами граничного слоя плазмы; эти частоты определяются частотой резо-

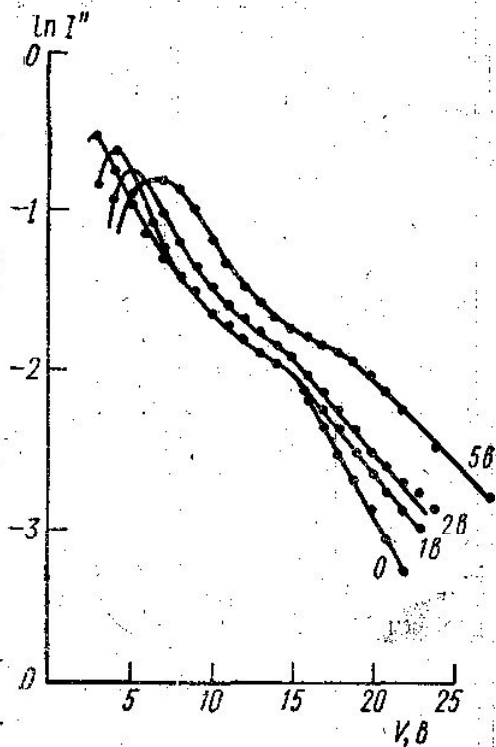


Рис. 1

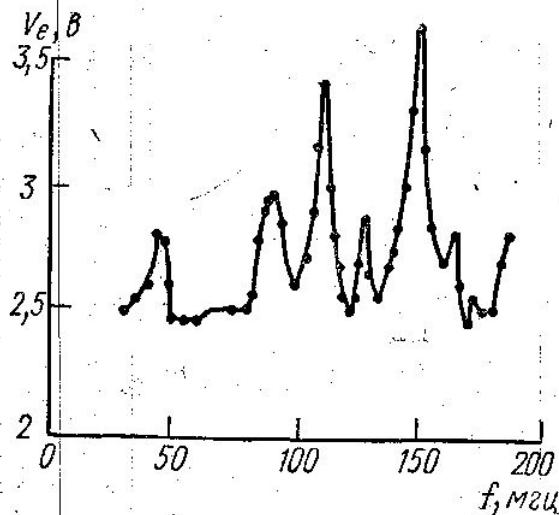


Рис. 2

нанса системы слой — плазма, известной из теории резонансного зонда, и рядом побочных частот, связанных с резонансами поверхностных волн, последние зависят от геометрии плазменного столба [5].

На частотах, соответствующих максимумам частотной зависимости  $V_e'$  наблюдалось значительное возмущение плазмы, так что приведенное на рис. 3 значение плазменной частоты  $f_0$  соответствует невозмущенной плазме, когда  $V_{\sim} = 0$ .

Из приведенных экспериментальных результатов видно, что в пристеночном двойном слое ВЧ-поле с частотой меньше плазменной производит значительный нагрев электронов плазмы в процессе статистического ускорения электронов осциллирующим двойным слоем. Степень нагрева зависит от амплитуды и частоты приложенного ВЧ-поля. Резонансный характер частотной зависимости нагрева связан с соответственными частотами граничного слоя плазмы.

Полученный эффект статистического нагрева электронов при сравнительно малых (порядка электронной температуры) ВЧ-напряжениях позволяет использовать его как метод управления энергетическим распределением электронов в плазме. Последнее, по-видимому, представляет интерес как метод накачки газовых ОКГ.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Коган Ю. М., Лягущенко Р. И., Миленин В. М. Тезисы I Всесоюзной конференции по физике низкотемпературной плазмы. «Наукова Думка», Киев, 1966.
2. Годяк В. А., Кузовников А. А., Хадир М. А. «Вестн. Моск. ун-та», физ., астрон., 12, 366, 1971.
3. Gabor D., Dracot E. A. *Natura*, 176, 916, 1955.
4. Grauford F. W., Self S. A. *Intern. Electr.*, No. 6, 18, 1965.
5. Годяк В. А. Реферат кандид. диссертации. МГУ, 1968.

Поступила в редакцию  
1.4 1970 г.

Кафедра  
электроники