

ВЛИЯНИЕ ГЛУБИНЫ НАЧАЛЬНОЙ МОДУЛЯЦИИ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ЭВОЛЮЦИЮ В ПЛАЗМЕННОМ БАРЬЕРЕ ВОЛНЫ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЗАРЯДА, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩЕЙ ЕГО ПРОСВЕТЛЕНИЕ

Н. А. Бойко, Д. Б. Палец, Л. И. Романюк

Экспериментально исследовано влияние глубины начальной модуляции электронного пучка на эволюцию в барьере созданной этой модуляцией волны пространственного заряда в пучке. Обнаружено изменение характера этой эволюции при превышении определенного уровня глубины начальной модуляции пучка, связываемое с нелинейными процессами взаимодействия искусственно созданной и собственных волн пространственного заряда с электронами пучка и их конкуренцией.

Теоретически предсказанное в [1] просветление плазменных волновых барьеров для электромагнитных волн с помощью электронного пучка было экспериментально обнаружено в [2, 3]. Механизм просветления включает в себя три стадии. Первая стадия состоит в том, что падающая на барьер электромагнитная волна, распространяющаяся под углом к направлению движения электронов пучка, модулирует их по скорости и создает в нем таким образом волну пространственного заряда (ВПЗ). Второй стадией является усиление ВПЗ в закритической плазме барьера, а третьей - ее трансформация на выходе из барьера в электромагнитную волну. Прозрачность барьера, таким образом, зависит от интенсивности ВПЗ на выходе из барьера, которая, в свою очередь, определяется характером ее эволюции в нем.

В экспериментальных исследованиях [4], где модуляция пучка электромагнитной волной имитировалась его модуляцией высокочастотным электрическим полем, возникающим вокруг введенного в пучок зонда при подаче на него соответствующего сигнала модуляции U_m , не было обнаружено влияния глубины модуляции на эволюцию ВПЗ в барьере. Во всем диапазоне использованных величин модулирующего сигнала наблюдался один и тот же характер распределения интенсивности ВПЗ вдоль барьера - координата максимума указанного распределения не изменялась; от глубины модуляции зависела только интенсивность ВПЗ в этом максимуме, причем практически линейно. Как было установлено в [5], указанный максимум своим существованием обязан возбуждению пучком в барьере интенсивных собственных ВПЗ и связанным с ними нелинейным процессам пучково-плазменного взаимодействия, которые приводят к существенной деформации энергетического спектра электронов пучка и, как следствие, к его демодуляции.

Следовало ожидать, что в случае, если искусственно созданная ВПЗ достигнет уровня интенсивности, когда станут существенными нелинейные процессы пучково-плазменного взаимодействия, раньше собственной ВПЗ, характер распределения интенсивности этой волны изменится. Поскольку инкремент у искусственно созданной ВПЗ всегда меньше, чем у собственных ВПЗ, то такая ситуация может возникнуть лишь при начальных глубинах модуляции электронного пучка в предбарьерной плазме, превышающих некоторую пороговую величину, тем меньшую, чем меньше надкритичность плазмы в барьере для падающей на него волны.

Целью настоящих исследований являлось экспериментальное обнаружение указанного выше влияния начальной модуляции электронного пучка на характер эволюции волны пространственного заряда в барьере.

Эксперименты проводились на установке, подробно описанной в [3], в том же, что и в [3 - 5], диапазоне параметров пучково-плазменной системы и с использованием тех же средств диагностики. Единственным отличием было то, что диапазон величин модулирующего электронного пучка сигнала, который в [3 - 5] составлял $0 < U_m < 300$ мВ, был расширен до $0 < U_m < 500$ мВ.

Рис. 1 демонстрирует распределения вдоль барьера интенсивности искусственно созданной ВПЗ на частоте модуляции $f_m = 2,73$ ГГц при различных величинах U_m . Можно видеть, что при $U_m < 300$ мВ зависимости $U(z)$ имеют один максимум, координата z_{max} которого практически не зависит от U_m , что и наблюдалось ранее [4]. Однако уже в этом диапазоне U_m наблюдается расширение «горба» преимущественно в сторону меньших z , т. е.

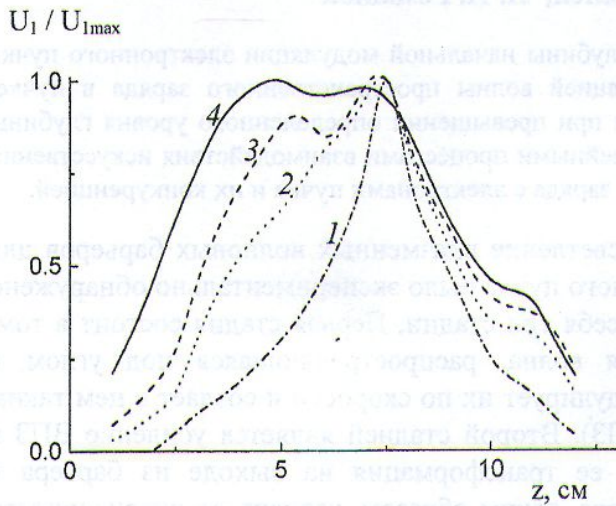


Рис. 1. Аксиальные распределения интенсивности ВПЗ в барьере. $V_b = 1$ кВ; $I_b = 4$ мА; $I_a = 0,4$ А; $f_m = 2,73$ ГГц. U_m : 1 - 126 мВ; 2 - 282 мВ; 3 - 354 мВ; 4 - 446 мВ. Каждая кривая нормирована на свое максимальное значение.

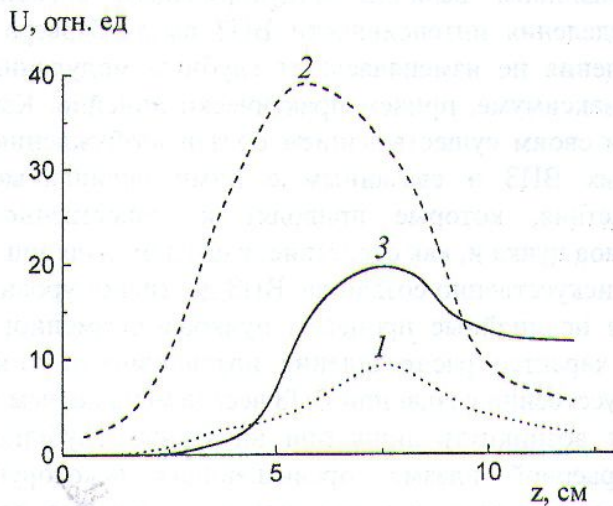


Рис. 2. Аксиальные распределения интенсивности искусственно созданной (1, 2) и собственной (3) ВПЗ в барьере. $V_b = 1$ кВ; $I_b = 5$ мА. 1 - $U_m = 10$ дБ, $f_m = 2,7$ ГГц; 2 - $U_m = 14,5$ дБ, $f_m = 2,7$ ГГц; 3 - $U_m = 0$, $f = 3,35$ ГГц.

к началу барьера, и деформация «горба» в области $z < z_{max}$. Эта деформация является зародышем еще одного максимума, который локализован в указанной области и возникает при $U_m > 300$ мВ. Характерно то, что максимальная амплитуда ВПЗ в распределении, как показал эксперимент, не насыщается при переходе от одnogорбого распределения к двугорбому, а продолжает монотонно возрастать с увеличением U_m .

Следует отметить, что при уменьшении надкритичности плазмы в барьере наблюдалось исчезновение второго вдоль траектории электронного пучка максимума интенсивности искусственно созданной ВПЗ при возникновении первого. Именно такой случай показан на рис. 2. Можно видеть, что при малых U_m координата максимума интенсивности искусственно созданной ВПЗ совпадает с координатой максимума интенсивности наиболее мощной компоненты амплитудно-частотного спектра собственных ВПЗ, а при $U_m > 300$ мВ максимум искусственно созданной ВПЗ наблюдается ближе к началу барьера, чем максимум собственной.

Таким образом, проведенные эксперименты подтвердили предположение о существовании определенного уровня глубины модуляции электронного пучка в предбарьерной плазме, превышение которого влечет за собой существенное изменение характера распределения в барьере интенсивности искусственно созданной в пучке посредством этой модуляции ВПЗ. Как показали теоретические исследования, выполненные И. А. Анисимовым [6], изложенные выше экспериментальные результаты можно

связать с нелинейными процессами, обусловленными захватом электронов пучка ВПЗ, осуществляющей просветление барьера, и дальнейшей ее конкуренцией с собственными ВПЗ пучково-плазменной системы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анисимов И.А., Левитский С.М. // ЖТФ. - 1989. - Т. 59, вып. 7. - С. 50 - 54.
2. Анисимов И.А., Левитский С.М., Опанасенко А.В., Романюк Л.И. // Там же. - 1991. - Т. 61, вып. 3. - С. 59 - 63.
3. Анісімов І.О., Зубарев О.А., Левитський С.М. та ін. // УФЖ. - 1995. - Т. 40, № 3. - С. 198 - 203.
4. Анісімов І.О., Котляров І.Ю., Левитський С.М. та ін. // Там же. - 1996. - Т. 41, № 2. - С. 164 - 170.
5. Опанасенко О.В., Палець Д.Б., Романюк Л.І. // Там же. - 1996. - Т. 41, № 9. - С. 802 - 807.
6. Anisimov I.O., Boyko N.O., Palets D.B., Romanyuk L.I. // Proc. & Contr. Papers XXIV Int. Conf. on phenomena in Ionized Gases, July 11 - 16 1999, Warsaw, Poland. - Vol. 4. - P. 143 - 144.

**ВПЛИВ ГЛИБИНИ ПОЧАТКОВОЇ МОДУЛЯЦІЇ ЕЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА
ЕВОЛЮЦІЮ В ПЛАЗМОВОМУ БАР'ЄРІ ХВИЛІ ПРОСТОРОВОГО ЗАРЯДУ, ЩО
ЗДІЙСНЮЄ ЙОГО ПРОСВІТЛЕННЯ**

Н. О. Бойко, Д. Б. Палець, Л. І. Романюк

Експериментально досліджено вплив глибини початкової модуляції електронного пучка на еволюцію в бар'єрі створеної цією модуляцією хвилі просторового заряду в пучку. Виявлено зміну характеру цієї еволюції при перевищенні певного рівня глибини початкової модуляції пучка, яка пов'язується з нелінійними процесами взаємодії штучно створеної і власних хвиль просторового заряду з електронами пучка та їх конкуренцією.

**THE EFFECT OF THE ELECTRON BEAM INITIAL MODULATION DEGREE ON THE
EVOLUTION WITHIN THE BARRIER OF THE SPACE CHARGE WAVE PERFORMING
ITS TRANSILLUMINATION**

N. O. Boyko, D. B. Palets, L. I. Romanyuk

The effect of the initial modulation level of electron beam on evolution within the barrier of the space charge wave created in the beam by this modulation is studied experimentally. The character of this evolution is found to change provided a certain level of initial beam modulation is exceeded. This is ascribed to nonlinear processes of the artificially created and intrinsic space charge waves interaction with plasma electrons and their concurrence.