

САМОФОКУСИРОВКА СВЧ ГЕЛИКОННЫХ ПУЧКОВ

З. К. Янкаускас

В работе [4] теоретически и экспериментально было доказано существование эффективного механизма самофокусировки геликонных пучков в намагниченной плазме полупроводника в радиочастотном диапазоне (вблизи 300 МГц). Настоящая статья посвящена экспериментальному исследованию самофокусировки геликонов в СВЧ диапазоне (около 30 ГГц) при температурах порядка 14 К.

Схема эксперимента изображена на рис. 1. Поверхность полупроводниковой пластины (n — InSb) приложена к открытому концу круглого волновода с рабочей волной типа TE_{01} . Постоянное магнитное поле \vec{H}_0 направлено перпендикулярно пластине. На противоположной поверхности ($z=l$) пластины измерялось радиальное распределение интенсивности выходного пятна. При небольшой мощности пучка ($P < 0,1$ Вт) происходило его дифракционное уширение. С ростом интенсивности в волноводном канале выделяется определенное количество тепла и повышается концентрация электронов N_1 по сравнению с концентрацией N_0 вне канала. Наличие разности концентраций $N_1 - N_0$ приводит к самофокусировке пучка.

Тепловая самофокусировка геликонов проявляется тем ярче, чем больше изменение концентрации электронов N в зависимости от температуры T . Энергия активации примесных уровней антимонида индия n -типа (n — InSb) равна 10^{-2} — 10^{-3} эВ. Следовательно, при температурах около 10 К, когда тепловая энергия электрона kT становится сравнимой с энергией ионизации примесей, начинается резкое возрастание концентрации электронов в зоне проводимости. Вследствие малости абсолютных температур значение производной dN/dT особенно велико.

Для конкретного образца n — InSb, использованного в эксперименте, при 14 К имеем $N_0 = 1,4 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$, а при 16 К — $N_1 = 2,9 \cdot 10^{20} \text{ м}^{-3}$. Таким образом, при повышении температуры на 2 К концентрация носителей увеличивается примерно в два раза. При толщине образца 0,01 м и теплопроводности 17 Вт/м·К для поддержания перепада температур канал — образец $\Delta T = 2$ К требуется непрерывный подвод электрической мощности $\sim 0,34$ Вт. Эта мощность покрывается за счет потерь пучка. Диаметр самофокусированного пучка d в данном случае согласно [4] может быть рассчитан по формуле

$$d = \frac{2\pi k_0}{(k_1^4 - k_0^4)^{1/2}}, \quad k_1 = \frac{4\pi N_1 e \omega}{H_0 c}, \quad k_0 = \frac{4\pi N_0 e \omega}{H_0 c},$$

где H_0 — напряженность постоянного магнитного поля, e — заряд электрона, c — скорость света. Подставляя вышеприведенные значения N_1 и N_0 при $B_0 = 0,4$ Т, получим $d \sim 1$ мм. Рассчитанное значение диаметра самофокусированного пучка совпадает с экспериментально измеренным диаметром выходного пятна на торце образца при $z=l=0,01$ м. В слабом СВЧ поле диаметр выходного пятна из-за дифракции увеличивается примерно до 5 мм. Экспериментально самофокусировка наблюдалась при уровне 0,8 Вт падающей на образец непрерывной мощности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Янкаускас З. К. — Письма в ЖЭТФ, 1984, 39, вып. 5, с. 189.

Вильнюсский инженерно-строительный институт

Поступила в редакцию
31 октября 1984 г.