

УДК 533.932

ЭФФЕКТЫ СИЛЬНОГО ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В СКРЕЩЕННЫХ ПОЛЯХ ПРИ РЕЗОНАНСЕ НА БИЕНИЯХ ВОЛН

С. В. Беспалов, С. П. Карнилович, В. П. Милантьев

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия

Рассмотрены эффекты, обусловленные электрическим дрейфом, при ускорении заряженных частиц в случае черенковского и циклотронного резонансов на биениях двух электростатических волн.

Интерес к резонансным явлениям на биениях двух волн вызван поисками новых методов генерации микроволнового излучения, а также альтернативных методов ускорения заряженных частиц. В этом направлении выполнен ряд работ [1—3]. В работе [4] было показано, что в скрещенных электростатическом и постоянном магнитном полях существенно изменяется характер обмена энергией между заряженными частицами и волной. Влияние этих эффектов, обусловленных электрическим дрейфом, на резонансное взаимодействие частиц с биениями волн еще мало изучено.

Ниже рассматриваются эффекты, обусловленные электрическим дрейфом, в движении заряженных частиц при черенковском и циклотронном резонансах на биениях двух волн. Конкретно рассмотрен черенковский резонанс на биениях двух ленгмюровских волн, распространяющихся вдоль сильного постоянного магнитного поля B_0 с длинами волн 2,28 и 2,5 см, частоты которых лежат в диапазоне $(1,38-2,39) \cdot 10^9$ Гц. Гирочастота равна $4,6 \cdot 10^9$ Гц, скорость электрического дрейфа порядка 10^8 см. Для случая циклотронного резонанса выбиралась волна Бернштейна с длиной волны 5,5 см и частотой $3,51 \cdot 10^9$ Гц, распространяющаяся поперек постоянного магнитного поля, и ленгмюровская волна с длиной волны 10,4 см и частотой $1,9 \cdot 10^9$ Гц. Гирочастота равна $2,1 \cdot 10^9$ Гц и скорость электрического дрейфа $3 \cdot 10^9$ см/с.

В случае слабого квазистационарного электрического поля считается, что скорость электрического дрейфа частицы гораздо меньше ее характерной скорости [5]. В случае сильного электрического поля в магнитогидродинамике скорость электрического дрейфа сравнима с характерной скоростью частицы [6]. Из результатов численного решения системы уравнений движения частицы в случае слабого и сильного электростатического поля следует, что при черенковском резонансе на биениях двух ленгмюровских волн с фазовыми скоростями, меньшими скорости света, наблюдается ускорение заряженных частиц только при наличии сильного электростатического поля. За время в несколько десятков циклотронных вращений частица увеличивает свою энергию в четыре-пять раз при начальной энергии в несколько десятков электронвольт.

При циклотронном резонансе для фазовых скоростей волн, меньших скорости света, с амплитудами ускоряющих полей от 166 до 2900 В/см частица ускоряется также только при наличии электрического дрейфа. В этом случае частица за время в несколько десятков наносекунд увеличивает свою энергию от 4,5 эВ до 1,1 МэВ. При отсутствии электрического дрейфа частица начинает ускоряться, если фазовая скорость ленгмюровской стремится к скорости света.

Таким образом, при наличии сильного электростатического поля темп ускорения в случае циклотронного резонанса гораздо выше, чем при черенковском резонансе, так как электрический дрейф слабо влияет на черенковский резонанс на биениях двух ленгмюровских волн, распространяющихся строго вдоль постоянного магнитного поля, и основную роль в данном случае играют релятивистские эффекты.

Л и т е р а т у р а

1. Formisano V., de Angelis V., Vacca V. G. //Europhys. Lett. 1987. V. 3. № 3. P. 303.
2. Ginzburg N. S., Tokman M. D. //Optics Comm., 1982. № 2. V. 43. P. 137.
3. Krilin Gz. //J. Phys., 1981. V. B31. P. 383.
4. Карнилович С. П., Милантьев В. П. //ЖЭТФ, 1989. Т. 95. № 2. С. 537.
5. Милантьев В. П. //Там же, 1983. Т. 85. № 1. С. 132.
6. Сивухин Д. В. //Сб. Вопросы теории плазмы./Под ред. М. А. Леонтовича. — М.: Госатомиздат, 1963. С. 7.

EFFECTS OF THE STRONG ELECTROSTATIC FIELD IN THE CROSSED FIELDS ON BEAT WAVES RESONANCE

S. V. Bespalov, S. P. Karnilovich, V. P. Milantiev
Russian University of People Friendship, Moscow, Russia

The effects caused by an electrical drift on acceleration of charged particles in the case of Cerenkov and cyclotron resonances on beats of two electrostatic waves are considered.