

Еволюція модульованого електронного пучка в плазмі: комп'ютерне моделювання

М.Й. Кіянчук, І.О. Анісімов

Київський національний університет імені Тараса Шевченка,
радіофізичний факультет

Питання про еволюцію модульованого електронного пучка в плазмі становить інтерес для багатьох задач плазмової електроніки (використання електронних пучків як випромінювачів електромагнітних хвиль в іоносфері, просвітлення плазмових хвильових бар'єрів для електромагнітних хвиль за допомогою електронних пучків та інше). Еволюція електронного пучка в бар'єрі закритичної плазми експериментально досліджувалася в [1-2], де було показано, що сигнал на частоті модуляції досягає максимуму всередині бар'єру, причому величина цього максимуму пропорційна до початкової глибини модуляції. Ці результати пояснювалися в [3] конкуренцією між сигналом та резонансною модою плазмово-пучкової системи. Однак у [3] моделювалася початкова задача, що не відповідає умовам експерименту.

У даній роботі було досліджено еволюцію модульованого електронного пучка в плазмі шляхом комп'ютерного моделювання (початково-гранична задача). Основні висновки роботи [3] підтвердилися. Крім того, показано, що резонансна нестійкість розвивається в широкій смузі частот і має неперервний спектр, що добре узгоджується з експериментом [1-2]. Під час розвитку резонансної нестійкості спостерігається розширення її частотної смуги, що можна пов'язати з процесом каскадного l-s розпаду збуджуваної пучком ленгмюрівської хвилі. Дане припущення підтверджується аналізом просторово-часового розподілу концентрації іонів плазми.

Було також досліджено еволюцію функцій розподілу електронів та іонів плазми та електронів пучка за швидкостями. Після початку інжекції максимум електричного поля рухається в напрямку до інжектора і відбувається обмін енергією між електричним полем і електронним пучком. Функція розподілу для електронів плазми в пізні моменти часу суттєво відрізняється від початкової максвеллівської. В областях сильного електричного поля утворюються згустки електронів плазми. Аналіз функції розподілу електронів пучка за швидкостями показав, що більша частина їх уповільнюється. Виникнення вторинних сплесків на функції розподілу для електронів пучка може бути пов'язане з перекиданням фронту у фазовому просторі. Порівняння функцій розподілу електронів пучка для модульованих і немодульованих пучків демонструє, що глибока початкова модуляція пучка придушує розвиток резонансної нестійкості.

Було перевірене виконання закону збереження енергії при моделюванні. Отримана похибка на проміжку моделювання на перевищує 1%, що дозволяє говорити про правомірність використання модифікованого пакету PDP1 [4] для подібних задач.

1. І.О.Анісімов, І.Ю.Котляров, С.М.Левитський, О.В.Опанасенко, Д.Б.Палець, Л.І.Романюк. // Український фізичний журнал. Т.41. № 3. 1996. С.164-170.
2. І.О.Анісімов, Н.О.Бойко, С.В.Довбах, Д.Б.Палець, Л.І.Романюк. // Український фізичний журнал. Т.45. №11. 2000. С.1318-1323.
3. І.О.Анісімов, С.В.Довбах, С.М.Левитський, Г.В.Лізунов, О.В.Поддладчикова. // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Радіофізика та електроніка. Вип.2. К., 2000. С.10-16.
4. I.O.Anisimov, D.V.Sasyuk, T.V.Siversky. // Dynamical system modelling and stability investigation. Thesis of conference reports. Kyiv, 2003. P.257.