Плазменный релятивистский источник СВЧ-излучения в условиях пространственно-неоднородной плотности плазмы

И.Л. Богданкевич, П.С. Стрелков, \*В.П. Тараканов

ФГБУН Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, ira.bogdankevich@mail.ru
\*Объединённый институт высоких температур РАН, Москва, Россия

В [1,2,3] неоднократно указывалось, что значение плотности плазмы радикально влияет на эффективность работы плазменного релятивистского СВЧ-усилителя (ПРУ) при заданной частоте входного сигнала. В работе [4] методами численного моделирования было показано, что в приколлекторной области трубы дрейфа плазменно-пучковой системы происходит обеднение концентрации плазмы, что сказывается на характеристике выходного СВЧ-излучения (так называемый эффект укорочения СВЧ-импульса в приборах черенковского типа).

В настоящей работе при сохранении постоянства параметров релятивистского электронного пучка (РЭП) и внешнего магнитного поля была рассмотрена модель трубчатой плазмы, в которой плотность плазмы зависит от координаты вдоль оси плазменного цилиндра. В работе [4] для моделирования плазмы использовался метод крупных частиц (PiC-method) также как и для электронов РЭП. Особенности экспериментальной установки ПРУ (большая протяженность трубы дрейфа, длительность импульса РЭП более 400 нс) не дают возможности продуктивного использования PiC-метода для моделирования плазмы из-за большой ресурсоемкости этого способа. В данном случае для моделирования плазмы использовалась модель Друде, в соответствии с которой динамика свободных электронов подчиняется нерелятивистским уравнениям движения, в которые входит сила трения, соответствующая столкновениям с ионами и пропорциональная скорости электрона. Вычисленный электронный плазменный ток входит в уравнения Максвелла. Используемая разностная схема при расчете среды по Друде устойчива при выполнении условия Куранта. Модель Друде позволяет моделировать неоднородную плазму с заданным уровнем неоднородности по длине системы. Для частиц РЭП использовались релятивистские уравнения движения для крупных частиц в постановке самосогласованной задачи. Энергия электронов РЭП менялась во времени в соответствии с экспериментальными данными. В численных экспериментах рассмотрены ситуации, как с внешним сигналом заданной частоты (режим усиления), так и без внешнего сигнала (режим усилителя шумов или генератора).

Рассматривались случаи, как уменьшения плотности плазмы в приколлекторной области, так и увеличение первоначальной концентрации. В широком диапазоне первоначальных плотностей плазмы, как в режиме усиления, так и в режиме генератора (усилителя шумов) не было обнаружено эффекта укорочения импульса СВЧ-излучения. Мощность выходного излучения оставалась примерно одинаковой в течение импульса тока РЭП или снижалась к середине импульса РЭП затем увеличивалась и исчезала только в соответствии с формой импульса напряжения (тока) РЭП.

Работа выполнена при финансовой поддержке проекта РФФИ № 12-08-00484

Литература

1. И.Л. Богданкевич, И.Е. Иванов, П.С. Стрелков//Физика плазмы, 2010, т.36, №9,с.815–825.
2. И.Л. Богданкевич, П.С. Стрелков //Тезисы докладов XXXVIII-й Международной (Звенигородской) конференции по физике плазмы и УТС, 14 – 18 февраля 2011 г., с.249.
3. I. Bogdankevich, P. Strelkov, V. Tarakanov // Book of abstracts, PLASMA 2011, P-5-3.
4. Богданкевич И.Л., Лоза О.Т., Павлов Д.А. // “Краткие сообщения по физике ФИАН”, 2010, в. 2, с.16-30.