Моделирование плазмы в условиях гиромагнитного авторезонанса в магнитных полях пробочной конфигурации

Л.А. Винниченко, А.М. Умнов

Российский университет дружбы народов, Москва, Россия, vinneyto@gmail.com

Проведено численное моделирование плазмы в условиях гиромагнитного авторезонанса (ГА) в магнитном поле пробочного типа при сторонней инжекции плазмы в ловушку. Трехмерная численная модель построена на основе метода частиц в ячейке [1]. В отличие от работы [2] начальная плазма создается посредством аксиальной инжекции плазменного пучка в цилиндрический резонатор (ТE111, 2,45 ГГц), помещенный в магнитное поле пробочного типа. В начальный момент времени в ловушке реализуются условия нерелятивистского электронного циклотронного резонанса. Создаваемое импульсными катушками магнитное поле нарастает на 1000 Гс за 10 мкс. Включение СВЧ поля и нарастание магнитного поля импульсных катушек осуществляется после заполнения ловушки плазмой. Пробочное отношение стационарного магнитного поля составляет R≈1.5. Величина индукции магнитного поля в геометрическом центре системы B=865 Гс. Пробочное отношение суммарного стационарного и импульсного магнитных полей в момент достижения максимального значения равно R≈1.15.

В результате взаимодействия электронов с СВЧ полем в нарастающем во времени магнитном поле создаются релятивистские плазменные сгустки со следующими характерными параметрами: средняя энергия ускоренных электронов 500 кэВ – 2.2 МэВ, плотность 1x109–2x1010см-3. На рисунке показано характерное пространственное распределение электронов и ионов плазмы.

Численные эксперименты позволили получить: времена эффективной инжекции плазмы в ловушку при различных параметрах эксперимента; энергетические спектры электронов и ионов; зависимости эффективности захвата (отношение числа захваченных электронов к полному числу электронов в момент старта ГА) электронов в режим гиромагнитного авторезонанса от плотности инжектируемого пучка и напряженности СВЧ поля.

Полученные результаты показали, что предложенный способ создания начальной плазмы позволяет эффективно управлять параметрами генерируемых релятивистских сгустков, а также управлять их движением, например, реализовать высадку сгустка на твердотельную мишень с целью получения жесткого тормозного излучения.

Литература

1. Birdsall C.K., Langdon A.B. Plasma Physics via Computer Simulation. Bristol, Philadelphia: IOP Publishing Ltd, 1995. p. 305.
2. В.В. Андреев, А.А. Новицкий, А.М. Умнов [и др.] Гирорезонансный импульсно-периодический плазменный ускоритель // Приборы и техника эксперимента. 2012. № 2. С. 1–12.