Фотохронографическое, рентгенографическое и модельное исследование динамики развития релятивистских плазменных образований в длинном пробкотроне

В.В. Андреев, А.А. Новицкий, М.А. Корнеева, А.М. Умнов

Российский университет дружбы народов, кафедра прикладной физики, г. Москва, Россия, temple18@mail.ru

Помимо традиционно используемых способов получения релятивисткой плазмы существует возможность ее получения в условиях электронного циклотронного резонанса в адиабатически нарастающем во времени магнитном поле — эффект гиромагнитного авторезонанса (ГА). Данный процесс приводит к образованию релятивистских плазменных образований с энергией электронной компоненты в несколько сотен кэВ.

В работе представлены результаты по реализации реверсного режима ГА. Экспериментальная установка представляет собой цилиндрический СВЧ резонатор (мода ТЕ118, резонансная частота 2,45 ГГц) помещен в осесимметричное магнитное поле пробочной конфигурации с индукцией магнитного поля в центре ловушки В = 1200 Гс. В пучностях электрического поля стоячей волны установлены осесимметричные катушки импульсного магнитного поля. Направление тока в импульсных катушках обеспечивает создание магнитного поля с направлением противоположным стационарному. Значение индукции импульсного магнитного поля обеспечивает локально «провал» стационарного магнитного поля до уровня, соответствующего значению ЭЦР для рабочей частоты резонатора, восстановление исходного профиля стационарного магнитного поля обеспечивает режим захвата и ускорения электронов образованной плазмы в двух симметричных зонах установки.

Результаты экспериментов и численного моделирования свидетельствуют, что при реализации такого подхода, обеспечивается возможность режима создания образований с релятивистской электронной компонентой энергией порядка 250 кэВ при изменении импульсного магнитного поля на 420 Гс. Тормозное излучение с газовой и твердотельной мишеней обладает анизотропией с диаграммой направленности в поперечном по отношению к магнитному полю направлении. Установлено, что изменение временных характеристик режима ГА не влияет существенным образом на параметры плазменных образований при выполнении условий захвата электронов. Экспериментально установлено, что образованные сгустки имеет четкие границы с линейными размерами, соответствующими радиусу циклотронного вращения электронов с энергией 250 кэВ.

Изучение формирования релятивистских плазменных сгустков в двух симметричных зонах установки проведено посредством трехмерного численного моделирования плазмы методом частиц в ячейке [1]. В начальный момент времени, соответствующий «провалу» стационарного магнитного поля до уровня ЭЦР, в двух зонах генерировалась холодная плазма с плотностью 1010 см–3. Плазма считалась полностью ионизированной с однократно ионизированными атомами аргона. Уравнения движения электронов решалось по схеме Бориса, ионов — по схеме «с перешагиванием». Целью моделирования являлось изучение эволюции плазменных образований в процессе гиромагнитного авторезонанса, энергетических спектров электронной и ионной компонент плазмы, и потерь частиц на стенках камеры в зависимости от параметров эксперимента.

Литература

1. Birdsall C. K., Langdon A. B.Plasma Physics via Computer Simulation. — Bristol, Philadelphia: IOP Publishing Ltd, 1998.