ЭВОЛЮЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СПЕКТРОВ ЭЛЕКТРОННОЙ КОМПОНЕНТЫ ПЛАЗМЕННЫХ СГУСТКОВ, ГЕНЕРИРУЕМЫХ ПРИ АВТОРЕЗОНАНСЕ
В ДЛИННОМ ПРОБКОТРОНЕ

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

РУДН, Москва, РФ, vvandreev@mail.ru, temple18@mail.ru, anumnov@yandex.ru

В работe [1] представлены результаты экспериментов и численного моделирования, демонстрирующие возможность авторезонансного ускорения электронов плазмы в реверсном магнитном поле в длинном пробкотроне. Экспериментальная установка представляет собой цилиндрический СВЧ-резонатор (мода ТЕ118, частота f = 2,45 ГГц), помещенный в осесимметричное магнитное поле протяженной пробочной конфигурации (L=80 см) с индукцией магнитного поля в центре ловушки В = 1200 Гс. Стационарное магнитное поле создается тремя парами соосных катушек, запитываемых тремя источниками постоянного тока. Реверсное импульсное магнитное поле создается катушками, расположенными в максимумах электрической компоненты СВЧ поля стоячей волны (2-я и 7-я полуволны). Изменение тока в импульсных катушках до некоторого максимального значения обеспечивает снижение индукции магнитного поля в областях 2-ой и 7-ой полуволн до величины, соответствующей классическому ЭЦР. Затем ток в мпульсных катушках уменьшается, что приводит к восстановлению первоначального профиля магнитного поля, создаваемого стационарными катушками, а электроны образованной плазмы ЭЦР разряда захватываются в режим авторезонансного ускорения. В результате авторезонансного взаимодействия электронов плазмы с микроволновым полем – гиромагнитным авторезонансом (ГА) [2] – образуются два электронных сгустка со средней энергией несколько сотен кэВ, которые при восстановлении профиля магнитного поля сбрасываются в центральную область ловушки и длительное время удерживаются в пробкотроне.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании эволюции энергетических спектров электронной компоненты плазмы в зависимости от параметров эксперимента (напряженности электрической составляющей СВЧ поля, темпа изменения магнитного поля во времени, глубины провала магнитного поля в зонах генерации релятивистских плазменных образований) и эффективности захвата электронов в авторезонансное ускорение. Расчеты проводились на трехмерной численной модели, построенной по методу частиц в ячейке. В модели учтены все основные параметры экспериментальной установки: конфигурация магнитного поля, структура и напряженность СВЧ поля.

Результаты вычислительного эксперимента позволили сделать следующие выводы:

- около 50% электронов начальной плазмы захватываются в режим гиромагнитного авторезонанса; эффективность захвата, определяемая как отношение захваченных частиц к их первоначальному числу, зависит от напряженности СВЧ поля и при начальной плотности плазмы 1010 см-3 является максимальной при напряженности СВЧ поля E=1,0 кВ/см;

- по окончании рабочего цикла (восстановление профиля магнитного поля) в центральной области пробкотрона возникает плазменное образование, со средней энергией электронной компоненты 200-230 кэВ.

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 16-02-00640 (А.М. Умнов – разработка численной модели) и Российским научным фондом (проект №17–12-01470, В.В. Андреев, А.А. Новицкий – вычислительный эксперимент).

Литература.

1. Андреев В. В., Новицкий А.А., Умнов А.М. // Прикладная физика. 2016. № 3. С. 15-21.
2. Андреев В.В., Новицкий А.А., Умнов А.М., Чупров Д.В. // Приборы и техника эксперимента, 2012, № 2, с. 1—12.