**ФОРМИРОВАНИЕ РЕЛЯТИВИСТСКИХ ПЛАЗМЕННЫХ СГУСТКОВ С ПРОГНОЗИРУЕМЫМИ ПАРАМЕТРАМИ В КОРОТКОМ ПРОБКОТРОНЕ: ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ**

Андреев В.В., Умнов А.М.

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия, vvandreev@mail.ru, anumnov@yandex.ru

В работе [1] экспериментально и численными методами была продемонстрирована возможность создания релятивистских плазменных образований в условиях гиромагнитного авторезонанса (ГА) — электронного циклотронного резонанса (ЭЦР) в адиабатически нарастающем во времени магнитном поле. Экспериментальная установка представляет собой цилиндрический резонатор (TE111, 2,45 ГГц, 1 – 5 кВт), помещенный в магнитостатическое поле пробочного типа (R = 1,6), создаваемого парой катушек, и импульсное магнитное поле, максимальное значение которого достигает 1000 Гс за 500 мкс. В начальной стадии эксперимента создавалась ЭЦР-плазма, параметры которой определялись топологией ЭЦР-поверхности, СВЧ мощностью, вводимой в резонатор, давлением газа и другими параметрами. Эксперименты и численное моделирование, описанные в [1], показали, что электроны, захваченные в результате ГА в режим ускорения, формируют устойчивый релятивистский сгусток со средней энергией масштаба 500 кэВ, заполненный ионами, со средним радиусом вращения около 2 см. Диаметр сгустка составляет 3 – 5 см.

Возможность формирования плазменных сгустков с прогнозируемыми в широких пределах параметрами изучена посредством трехмерного численного моделирования плазмы в условиях ГА методом частиц в ячейке. Как показали расчеты наиболее эффективным способом создания исходной плазмы является аксиальная (или под небольшим углом к направлению магнитного поля) инжекция цилиндрического плазменного пучка в резонатор. Разработанная модель позволила исследовать эффективность захвата в режим ускорения инжектируемых электронов плазмы, изучить эволюцию параметров формируемых сгустков (характерные размеры, энергетические спектры электронов и ионов) и их зависимость от начальных условий и параметров численного эксперимента. С этой целью был разработан и успешно испытан плазменный инжектор с варьируемыми рабочими параметрами (ток инжекции, формфактор пучка, энергетический спектр электронов) [2]. Результаты численных экспериментов показали возможность управления параметрами генерируемых релятивистских сгустков в широких пределах при изменении как рабочих-ускорительных параметров, так и рабочих параметров инжектора. Энергия, приобретаемая электронами, может достигать десятков МэВ, а плотность частиц в сгустках, определяемая параметрами инжектора и напряженностью СВЧ-электрического поля может достигать значений 1010 см–3. Для приведенных выше рабочих параметров характерные линейные размеры генерируемых сгустков могут варьироваться в интервале 0,3 – 1,2 см. Полученные ГА-методом сгустки могут быть использованы в качестве компактного источника синхротронного излучения и импульсного жесткого рентгеновского излучения. В настоящее время экспериментальные исследования ГА-взаимодействия ориентированы на упомянутые приложения и на реализацию накопления и удержания сгустков с целью коллективного ускорения ионов [3].

Исследования поддержаны грантом РФФИ № 16-02-00640\16

Литература

1. Андреев В.В., Новицкий А.А., Умнов А.М., Чупров Д.В. Приборы и техника эксперимента, 2012, № 3, с. 15.
2. Andreev V.V., Novitsky A.A., Vinnichenko L.A., Umnov A.M., Ndong D.O. Plasma Physics Reports, 2016, Vol. 42, No. 3, p. 293
3. Inoue T., Hattori T., Sugimoto S., and Sasai K. Review of Scientific Instruments, 2014, 85, 02A958.