о влиянии параметров импульсного магнитного поля на характеристики релятивистского плазменного сгустка, полученного при гиромагнитном авторезонансе

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

Российский университет дружбы народов, г. Москва, Россия, vvandreev@mail.ru, chu\_d@mail.ru

Гиромагнитный авторезонанс (ГА) обеспечивает фазовую устойчивость заряженной частицы в условиях циклотронного резонанса в плавно изменяющемся во времени магнитном поле. Это приводит к автоматическому поддержанию резонансных условий и увеличению средней энергии электрона по закону нарастания магнитного поля. В процессе ГА генерируются плазменные сгустки с высокоэнергичной электронной компонентой. Параметры сгустков зависят от амплитуды и скорости нарастания магнитного поля, напряженности электрического поля электромагнитной волны накачки, а также от стационарного магнитного поля пробочной ловушки.

Осевая компонента стационарного магнитного поля пробочной конфигурации характеризуется значением индукции в геометрическом центре ловушки и пробочным отношением, определяющими топологию ЭЦР-поверхности. Для наиболее эффективного захвата частиц исходной плазмы в режим авторезонансного ускорения ЭЦР-поверхность должна находиться вблизи медианной плоскости магнитной системы.

Эволюция плазменного сгустка в условиях ГА изучалась экспериментально рентгеноспектральными и рентгенографическими методами диагностики и на численной модели, построенной по методу частиц в ячейке с учетом электростатических взаимодействий [1], возникающих в результате частичного разделения зарядов (поляризацией плазмы). В работах [2 – 4] было показано, что в процессе ГА формируется сгусток релятивистских электронов с ярко выраженной азимутальной неоднородностью концентрации и квазигауссовым энергетическим распределением частиц со средней энергией 0,3 – 0,5 МэВ и средней концентрацией порядка 2 × 1010 – 7 × 1010 см–3. Было показано, что релятивистские электроны сгустка имеют преимущественно азимутальные компоненты импульса. Ядро сгустка вращается в медианной плоскости ловушки в пределах кольцевого слоя с внутренним и внешним радиусами порядка 2 и 4 см, соответственно. Амплитуда осевых колебаний сгустка не превышает 3 – 4 мм.

В настоящей работе результаты численного моделирования сопоставляются с экспериментально наблюдаемыми результатами для выявления влияния параметров импульсного магнитного поля на эффективность захвата частиц начальной плазмы в режим ГА и на уровень средней энергии электронов формируемого релятивистского сгустка. Экспериментально показано, что при двукратном увеличении амплитуды импульсного поля средняя энергия частиц сгустка возрастает до значений 0,6 – 0,8 МэВ. Увеличение скорости нарастания магнитного поля в полтора раза позволило повысить эффективность захвата электронов плазмы ЭЦР-разряда в режим ГА до 60 – 70%.

Литература

1. Birdsall C. K., Langdon A. B. Plasma Physics via Computer Simulation. Bristol, Philadelphia:IOP Publishing Ltd, 1995. p. 305.
2. Андреев В.В., Новицкий А.А., Умнов А.М., Чупров Д.В. // ВАНТ. Сер. Термояд. синтез, 2013, т. 36, вып. 1 С. 86-95.
3. Andreev V.V., Chuprov D.V., Novitskiy A.A., Umnov A.M. // Plasma Physics Reports, 2016, Vol. 42, No. 6, pp. 633–636.
4. Андреев В.В., Новицкий А.А., Умнов А.М., Чупров Д.В. // Прикладная физика, 2016, № 2, С. 46-50.