численное моделирование потока ионов тяжелых газов в плазменном инжекторе CERA-RI-2

А.А. Балмашнов, С.П. Степина, А.М. Умнов, Хименес Марелин Х. (р-ка Коста-Рика)

Российский *университет дружбы народов*, г. Москва, Россия, abalmashnov@rambler.ru

Данная работа является продолжением исследований условий формирования плазменных потоков, генерируемых в источнике CERA-RI-2. Источник, подробно описанный в работе [1], представляет собой узкий коаксиальный резонатор (2,45 ГГц), помещенный в магнитное поле, спадающее вдоль оси Z. ЭЦР поверхность формируется вблизи одной из торцевых стенок резонатора, противоположная стенка которого выполнена в виде сетки, потенциал на которой относительно стенок резонатора мог варьироваться. В работе [2] проведено численное моделирование параметров плазмы аргона, генерируемой в источнике CERA-RI-2, и характеристик плазменного потока. Было показано, что при отсутствии разности потенциалов между сеткой и корпусом резонатора источник работает как низкоэффективный коллективный ускоритель ионов, а при ее наличии параметры плазмы в объёме резонатора и интенсивность потока частиц плазмы сквозь сетку зависят от плотности плазмы в области ЭЦР взаимодействия, напряженности СВЧ поля, градиента магнитного поля и разности потенциалов между сеткой и корпусом резонатора, однако основное влияние оказывает именно последний фактор. Варьируя величину разности потенциалов и изменяя полярность, можно не только управлять интенсивностью плазменного потока, но и в случае плазмы невысокой плотности создавать электронные или ионные потоки.

Цель настоящей работы заключалась в исследовании параметров потоков ионов тяжелых газов (ксенон и криптон) плазмы, генерируемой в источнике, и зависимости интенсивности этих потоков от параметров эксперимента. Расчеты проводились на трехмерной численной модели, построенной по методу частиц в ячейке. В модели учтены все основные параметры источника CERA-RI-2: конфигурация магнитного поля, структура и напряженность СВЧ поля, разность потенциалов между сеткой и корпусом резонатора, плотность генерируемой плазмы. Кроме того, с целью определения параметров эксперимента, позволяющих создавать наиболее интенсивные потоки ионов, в расчетах были опробованы различные конфигурации магнитного поля.

Результаты вычислительного эксперимента позволили сделать следующие основные выводы:

- изменение конфигурации магнитного поля (с меньшим градиентом неоднородности по сравнению с используемой в настоящее время в источнике CERA-RI-2) позволяет снизить потери частиц на стенках камеры и увеличить интенсивность потока ионов через сетку;

- использование плазмы тяжелых газов (криптона и ксенона) ведёт к возрастанию интенсивности потока ионов по сравнению с плазмой аргона при этом варьирование разности потенциалов между сеткой и корпусом резонатора позволяет как и ранее управлять интенсивностью потока ионов;

- наиболее интенсивные потоки ионов наблюдаются в случае генерации плазмы в области ЭЦР с плотностью не выше 5·109 см–3, в случае более высокой плотности плазмы значительно возрастают потери частиц на стенках камеры, снижается интенсивность потоков ионов через сетку, возникают дополнительные нежелательные эффекты (изменение потенциала корпуса резонатора, вторичные эмиссии электронов и др.).

Литература

1. Балмашнов А.А., Степина С.П., Умнов А.М. Успехи прикладной физики. 2014. Т.2, №3, с.224.
2. Балмашнов А.А., Бутко Н.Б., Степина С.П., Умнов А.М., Хименес М.Х. Успехи прикладной физики. 2015. Т.3, №2, с.34.