

УДК 537.525, 518.5

DOI: 10.17223/00213411/63/10/80

В.Т. АСТРЕЛИН

ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ В ИСТОЧНИКЕ ЭЛЕКТРОННОГО ПУЧКА НА ПОВЕРХНОСТИ АНОДНОЙ ПЛАЗМЫ СО СВЕРХЗВУКОВЫМ ПОТОКОМ ИОНОВ *

Получено решение одномерной задачи Пуассона для слоя на поверхности плазменного эмиттера ионов. Рассматривается случай плазмы с направленной скоростью ионов, превышающей ионную звуковую, при этом поверхность плазмы облучается электронным пучком. Применительно к параметрам дейтериевой плазмы, вытекающей из газодинамической открытой магнитной ловушки, сформулирована физическая модель слоя с граничными условиями на поверхности плазмы. Она позволяет провести двумерное численное моделирование источника электронного пучка, инжектируемого в ловушку.

Ключевые слова: электронный диод, анодная плазма, сверхзвуковой ионный поток, электрическое поле, ленгмюровский слой, численное моделирование.

Введение

Теория плазменных эмиттеров ионов, начиная с пионерской работы Д. Бома [1], разработана достаточно детально. Её применение к случаю эмиттирующей плазмы, облучаемой встречным электронным пучком, позволило сформулировать полный набор граничных условий на поверхности плазмы [2]. Предполагалось, что в глубине квазинейтральной плазмы температура ионов пренебрежимо мала и их направленная скорость равна нулю. Ближе к поверхности плазмы ионы ускоряются амбиполярным электрическим полем до ионно-звуковой скорости, зависящей в случае [2] от температуры электронов и параметров встречного электронного пучка.

Случай начальной направленной скорости ионов в плазме без электронного пучка рассматривался в работе [3] и в обзоре [4] для энергий ионов, близких к тепловой энергии электронов плазмы. Однако для экспериментов в открытых магнитных ловушках, где предполагается инжекция электронного пучка в вытекающую из них плазму с большой направленной скоростью ионов [5, 6], условия на поверхности плазмы с пучком теоретически не исследовались. Такой анализ нужен для численного моделирования источника электронного пучка и получения его характеристик, пригодных для применения в этих экспериментах. Поэтому цель настоящей работы – нахождение граничных условий, достаточных для проведения численного анализа, на поверхности плазменного эмиттера сверхзвуковых ионов, находящегося под воздействием электронного пучка. Рассматриваются параметры одного из режимов открытой газодинамической ловушки (ГДЛ) [6], разработанной в ИЯФ СО РАН, для которого в дальнейшем будет проведено численное моделирование.

Описание эксперимента

Схема установки ГДЛ показана на рис. 1. Источником электронного пучка является пушка диодного типа с гексаборид-лантановым катодом и полым анодом (рис. 2), устанавливаемая в расширителе ГДЛ [7] на расстоянии ~ 150 см от выходной пробки. На источнике установлен солениод, позволяющий корректировать магнитное поле в области источника пучка.

Проектные параметры источника: энергия электронов – до 50 кэВ, ток – до 20 А. Выпуклый катод диаметром $2R_c = 2$ см представляет собой сферический сегмент с радиусом сферы 26 мм, расположенный на катододержателе диаметром 6 см с радиусом скругления $R = 1.5$ см. Анодный электрод диаметром 15 см заканчивается в 43 см от катода диском с выходным отверстием для пучка диаметром 6 см. Катод расположен в магнитном поле $B_c \approx 0.15$ Тл. Магнитное поле в пробке ГДЛ составляет $B_0 = 12$ Тл, так что пробочное отношение для поля на катоде равно $R = B_0/B_c \sim 80$.

* Работа поддержана Министерством науки и высшего образования.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>