****Математическое моделирование индуктивного ВЧ разряда, помещенного во внешнее магнитное поле с помощью программы КАРАТ****

К.В. Вавилин1, Е.А. Кралькина1, В.Б. Павлов1, А.К. Петров1, В.П. Тараканов2

1Физический факультет МГУ им. М.В .Ломоносова, г. Москва, Россия,  
 [alpetrov57@gmail.com](mailto:alpetrov57@gmail.com)  
2Институт теплофизики экстремальных состояний ОИВТ РАН, г. Москва, Россия

В работе [1] выполнено экспериментальные исследования параметров плазмы «геликонного разряда» в ВЧ индуктивном двухкамерном источнике с внешним магнитным полем. Результаты экспериментов показали, что при наложении на разряд однородного магнитного поля с индукцией более 30 Гс в источнике плазмы **формирется «плазменный столб» с резко очерченными границами в радиальном направлении. Рост магнитного поля позволяет значительно увеличить ионный ток у нижнего фланца источника.** Настоящая работа посвящена математическому моделированию физических процессов в индуктивном ВЧ разряде, помещенном во внешнее магнитное поле с целью объяснения закономерностей, обнаруженных экспериментально. Математическое моделирование индуктивного ВЧ разряда низкого давления в аргоне проводилось PIC методом с помощью программы KARAT [2]. В данной работе использовалась двумерная осесимметричная версия, в которой учитываются все компоненты скорости частиц. Расчетная область представляет собой цилиндр длиною 14 см и радиусом 3.5 см. Граница счетной области является идеальным проводником с нулевым потенциалом. Область, занятая плазмой, имеет радиус 2 см и длину 11 см. Боковые стенки и торцевая поверхность источника плазмы, отстоящая от границы счетной области в продольном направления z на 1.5см, являются диэлектриками. Торцевая поверхность при z = 12,5 см является идеальным проводником, ее потенциал равен нулю. На внешней боковой поверхности цилиндра при z = 3, 3,5 и 4 см расположены три витка с током, осциллирующим с частотой 12,5 МГц. При моделировании рассматривалось однородное магнитное поле с индукцией 20 – 70 Гс. Для уменьшения времени счета масса ионов *M* взята равной 2000 массам электронов *m*. Расчеты выполнялись при концентрациях аргона 3∙1013 см–3. Результаты математического моделирования индуктивного ВЧ разряда, помещенного во внешнее магнитное поле, показали, что при магнитном поле 20 Гс, максимум концентрации электронов в продольном направлении достигается в области локализации антенны *z* = 3 – 4 см. В радиальном направлении вблизи антенны концентрация электронов максимальна вблизи оси источника плазмы. Здесь наблюдаются и наибольшие значения средней кинетической энергии электронов. Радиальная зависимость пропадает по мере удаления от антенны. Рост индукции магнитного поля приводит к смещению положения максимума концентрации электронов в продольном направлении в центральную часть источника плазмы. Радиальное распределение электронов при *В* = 40 – 50 Гс сначала выравнивается вплоть до *r*= 1 см, а затем при *В* = 70 Гс концентрация электронов вблизи оси разряда (*r*< 1 см) уменьшается по сравнению со значениями концентрации, полученными для *r*= 1 см и *r*= 1,3 см. Закономерности изменения плотности плазмы коррелируют с изменениями пространственного распределения ВЧ поля.

Литература

1. А. Ф. Александров и др. Прикладная физика. 2015. №3. С. 25.
2. В.П. Тараканов. Диссертация на соискание ученой степени доктора физ.-мат. наук: 01.04.08. – М. 2011. – 267с.