Математическое моделирование емкостного ВЧ разряда низкого давления, помещенного во внешнее радиальное магнитное поле

И.И. Задириев\*, К.В. Вавилин, Е.А. Кралькина, В.Б. Павлов, В.П. Тараканов\*\*

Физический фаультет МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва 119991 ГСП-1,  
 Воробьевы горы, д.1., стр.2, [ekralkina@mail.ru](mailto:ekralkina@mail.ru)  
\*Институт общей физики им. А.М.Прохорова (ИОФ РАН), Москва, ул. Вавилова, 38.  
\*\*Институт теплофизики экстремальных состояний ОИВТ РАН, [karat@tarak.msk.su](mailto:karat@tarak.msk.su)

Математическое моделирование физических процессов в емкостном ВЧ разряде, помещенном во внешнее радиальное магнитное поле, выполнялось при помощи программы KARAT, разработанной В.П.Таракановым [1]. Математической моделью, лежащей в основе кода, являются уравнения Максвелла с различными материальными уравнениями, в том числе в виде кинетического уравнения, решаемого методом крупных частиц (PIC-метод). В данной работе использовалась двумерная осесимметричная версия, в которой учитываются все компоненты скорости частиц. Счетная область представляла собой цилиндр длиной 15см и радиусом 10см. Рассмотренная геометрия источника плазмы близка к геомерии Холловского плазменного двигателя [2]. В работе рассмотрено 3 случая. В первом случае разрядный канал с торцов был закрыт электродами, к которым прикладывалось ВЧ напряжение. Во втором случае – один из электродов параллельным переносом был вынесен за пределы канала. В третьем случае электрод был смещен к границе счетной области так, что его поверхность не перекрывала выходное отверстие канала. Предполагалось, что электрод может быть источником эмиссии электронов. Значения тока эмисси полагались равными 0.01, 0.1 и 1А. В модели учитывались упругие и неупругие столкновения электронов с атомами ксенона (соответствующие сечения столкновений взяты из работы [3]). Для уменьшения времени счета масса ионов M взята равной 2000 массам электронов m. Расчеты выполнялись при концентрациях ксенона 3.1013см-3 – 5.∙1014см-3.

Расчеты показали, что вблизи электродов возникают приэлектродные скачки потенциала, причем скачок потенциала у эмитирующего электрода возрастает с уменьшением тока эмиссии. Наличие продольного электрического поля и радиального магнитного поля приводит к возникновению азимутального дрейфа электронов. Рост напряжения, приложенного к электродам, тока эмиссии, плотности атомов и величины магнитного поля приводят к увеличению плотности электронов и ионов в канале. Скачок потенциала, возникающий вблизи среза канала, приводит к ускорению ионов и образованию потока ускоренных ионов на выходе из источника плазмы. Энергия ионов этого потока прямо пропорциональна амплитуде напряжения между электродами, в то время, как её зависимость от других параметров, таких как величина магнтного поля и концентрация нейтрального газа в разрядном канале, слаба и немонотонна. На плотность ионного потока основное влияние оказывает концентрация плазмы в разрядном канале.

Литература

1. Tarakanov V.P., User's Manual for Code KARAT, BRA, Inc., V.A., USA, (1992) 139.
2. Морозов А.И. *Введение в плазмодинамику.* Издательство: Физматлит: 2006, 576стр.
3. de Heer F.J., Jansen R.H., van der Kaay W. J.Phys. B: Atom. Mol. Phys. 1979. **12** , N6. P. 979.