Структура электромагнитного поля в высокочастотном емкостном разряде с электродами большой площади

Двинин С.А., 1Кодирзода З.А., 1Солихов Д.К.

Московский Государственный Университет имени М.В.Ломоносова, Физический  
 Факультет, Россия, Москва, [dvinin@phys.msu.ru](mailto:dvinin@phys.msu.ru)  
1Таджикский Национальный Университет, Физический Факультет, Таджикистан,  
 Душанбе, [davlat56@mail.ru](mailto:davlat56@mail.ru)

Рассмотрена задача о емкостном высокочастотном (ВЧ) разряде низкого давления (ν<<ω) с электродами большой площади (радиус больше 20 см) при возбуждении его электромагнитным полем частотой 13.56 – 500 МГц в металлической разрядной камере (рис. 1). Разряд в этих условиях поддерживается поверхностными волнами, распространяющимися вдоль границы плазма – слой пространственного заряда – металл [1]. Дисперсионные характеристики этих поверхностных волн аналитически рассчитаны в работе [2]. Разряд поддерживается ВЧ полем, подводимым к активному электроду 1 и подложкодержателю 2.

|  |  |
| --- | --- |
| Между плазмой 3 и электродами 1, 2 и стенкой 5 находятся обедненные электронами слои пространственного заряда 4.  Целью данной работы является численный расчет распределения электромагнитного поля в вакуумной камере и вольтамперных характеристик разряда при подведении ВЧ напряжения к электродам 1 и 2.  Спецификой данной работы является учет несимметрии возбуждения разряда, приводящей к дополнительному ВЧ току на боковую стенку и дополнительной ионизации в этой области [3]. Предложены аналитическая модель расчета распределения поля и эквивалентная схема | Рис. 1. Типичная схема экспериментальной установки. 1, 2 – электроды, 5 – разрядная камера. U1, U2 – высокочастотные генера-торы, Z1, Z2 – их внутренние сопротивления |

разряда, позволяющая рассчитать токи на электроды и на боковую поверхность.

В работе рассчитаны импедансы разряда при возбуждении обеих поверхностных волн и амплитуды каждой из этих волн, а также ВЧ токи на боковую стенку разрядной камеры. Оценена возможность проявления резонансов на вольт-амперной характеристике, связанных с возбуждением синфазной и противофазной поверхностных волн у активного электрода и подложки. Предложены аналитические аппроксимации для элементов схемы. Сравнение характеристик разряда, рассчитанных в аналитической модели с полученными с помощью численного моделирования в пакете Comsol показало их удовлетворительное согласие. По сравнению с работой [4] дополнительно учтена неоднородность плазмы в пространстве и зависимость размеров слоев пространственного заряда от напряжения на разряде и плотности электронов в нем. Обсуждена возможность возбуждения аксиально несимметричных волн с азимутальным числом m=1.

Полученные результаты позволяют определить условия оптимального возбуждения разряда для реализации однородной плазмы с высокой плотностью электронов.

Литература.

1. Chabert P. J. Phys. D: Appl. Phys., 2007, **40**, R63.
2. Вологиров А.Г., Двинин С.А., Михеев В.В. и др. Физика плазмы, 2008, **34**, с. 746.
3. Sung D., Woo J., Lim K., Kim K., Volynets V., Kim G.-H. J. Appl. Phys., 2009, **106**, 023303.
4. Двинин С.А., XLI Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, 10 – 14 февраля 2014 г., с. 322.