Возбуждение дипольной и аксиально-симметричной моды СВЧ стоячей поверхностной электромагнитной волны в газовом разряде низкого давления при различных параметрах плазмы

Жуков В.И., Карфидов Д.М.

Институт общей физики имени А.М. Прохорова Российской академии наук, zhukov.vsevolod@physics.msu.ru

Работа посвящена исследованию СВЧ поверхностной электромагнитной волны (ПЭВ) [1] на плазменном столбе газового разряда низкого давления, поддерживаемом самой волной. Использование для возбуждения поверхностной волны [2] волноводного аппликатора позволяет возбуждать как аксиально-симметрическую, так и дипольную моду в зависимости от параметров трубки. Исследовалась однородная вдоль оси область плазменного столба, заключенная в пространстве между двумя зеркалами. Такая структура образует резонатор открытого типа на поверхностной волне. Коэффициент стоячей волны в резонаторе достигает значений до 30 с соответствующей добротностью $Q≈60.$ Измерены аксиальные, поперечные и азимутальные распределения составляющих вектора напряженности электрического поля ПЭВ. При возбуждении дипольной моды азимутальное распределение поля поверхностной волны характеризуется диаметрально расположенными лепестками с отношением Emax/Emin > 10. Показано, что поверхностная волна характеризуется наличием продольной компоненты Ez, находящейся в противофазе с поперечной компонентой Er. Подтверждена справедливость критерия возбуждения дипольной моды $fr>2$ > ГГц×см: на трубке с внутренним радиусом 7,5 мм возбуждается m = 0 мода, а при r = 10,5 мм m = 1 мода. Концентрация электронов в слое, по которому распространяется поверхностная волна, определялась по дисперсионной зависимости длины волны ПЭВ от плазменной частоты как для m = 0, так и для m = 1 моды [3]. Продольные профили плотности плазмы получены по интегральной интенсивности излучения плазмы, пропорциональной средней по сечению концентрации электронов [4]. При заполнении трубки аргоном при давлении 1,5 Торр зарегистрирована модуляция плотности плазмы порядка 10 - 15 %, при этом максимумы плотности совпадают с минимумами радиальной и максимумами продольной компонент электрического поля стоячей ПЭВ. В рабочем диапазоне давлений в воздухе (от 0,01 Торр до 0,1 Торр) заметной модуляции плотности не наблюдалось. Дальнейшее увеличение давления приводило к увеличению электронных потерь в разряде, и при ν⁄ω ≈ 1 распространение разряда прекращалось.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-32-90162.

Литература

1. Trivelpiece A.W. Slow wave propagation in plasma waveguides, the DP-degree Thesis, California Institute of Technology, Pasadena, 1958.
2. Moisan M., Zakrewski Z. // J. Phys. D: Appl. Phys., 1991, vol. 24, p. 1025.
3. Zhelyazkov I., Atanassov V. // Physics Reports, 1995, vol. 255, No. 2-3, pp. 79-201.
4. Zhukov V.I., Karfidov D.M., K.F. Sergeichev. // Plasma Physics Reports, 2020, vol. 46, No. 8, pp. 760-768.