структура свч разряда низкого давления, поддерживаемого поверхностной волной

DOI: 10.34854/ICPAF.2020.47.1.119

Жуков В.И., Карфидов Д.М.

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

В работе исследована структура СВЧ разряда низкого давления, поддерживаемого поверхностной электромагнитной волной (ПЭВ) [1]. Разряд осуществлялся в кварцевой трубке диаметром 24 мм, заполненной воздухом или аргоном в диапазоне давлений от 0.02 до 20 Торр. ПЭВ возбуждалась волноводным аппликатором [2], подключенным к магнетрону, мощностью 800 Вт, генерирующему импульсы длительностью 50 мс на частоте 2.45 ГГц.

Важнейшей особенностью разрядов на поверхностных волнах является то, что ионизационный фронт разряда распространяется от источника СВЧ излучения [1], в то время как объемные разряды распространяются в противоположную сторону. Данная особенность и позволяет рассматривать разряды на ПЭВ в качестве плазменных антенн [3]. Плазменные антенны отличаются возможностью быстрого изменения параметров. Поэтому актуальным является исследование как стационарного плазменного столба, так и переходных процессов, связанных с распространением ионизационного фронта [4,5].

Измерены средние по сечению продольные распределения плотности плазмы. Также измерены распределения радиальной компоненты электрического поля ПЭВ вдоль разряда. Концентрация определялась как методом проходящих волн [6], так и по дисперсионному соотношению для ПЭВ [7] на основании измеренных длин волн ПЭВ. Экспериментально показано, что измеренная фотодетектором пространственная и временная эволюция интегральной светимости разряда соответствует эволюции концентрации плазмы. Разряд состоит из двух частей: распространяющегося ионизационного фронта и стабилизированной части разряда, по которой подводится энергия к фронту. Измерены распределения скорости разряда вдоль трубки. Скорость максимальна у аппликатора и лежит в диапазоне ~105 ÷ 107 см/c в зависимости от давления. Скорость экспоненциально спадает вдоль трубки вплоть до выполнения условия поддержания разряда i=loss, где i — частота ионизации, а loss — частота электронных потерь. По времени нарастания концентрации измерены распределения постоянной лавины i−loss вдоль разряда. Скорость фронта определяется соотношением vf=(i−loss)f ,где f — характерный размер фронта, равный ≈2 см для разряда в воздухе и практически не меняющийся в зависимости от давления и расстояния до аппликатора. Механизм распространения разряда связывается с усилением поля в плазменном резонансе на резко неоднородном профиле плазмы в области фронта разряда [8,9].

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. Abbasi M.M., Asadi S. // Microwave and Opt. Tech. Letters, 2017, vol. 59, no. 4, p. 806-811.
4. Himmel G., Koleva I., Schlüter H. // J. Phys. IV France, 1998, vol. 8, no. PR7, p. 327.
5. Vikharev A., Böhle A., Ivanov O., Kolislo A., Kortshagen U., and Schlüter H. // J. Phys. D: Appl. Phys., 1996, vol. 29, p. 369.
6. Голант В.Е. Сверхвысокочастотные методы исследования плазмы, М.: Наука, 1968.
7. Zhelyazkov I., Atanassov V. // Elsevier Science Physics Reports, vol. 255, 1995, p. 145.
8. Алиев Ю.М. // Краткие сообщения по физике ФИАН, 2000, № 2, с. 29-33.
9. Иванов О.А., Колданов В.А. // Физика плазмы, 2000, том 26, № 10, c. 961-968.