

ПОТОК И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ИОНОВ НА ЭЛЕКТРОДЕ В ДВУХЧАСТОТНОМ ВЧЕ РАЗРЯДЕ

ION FLUX AND ENERGY DISTRIBUTION AT AN ELECTRODE IN AN RF DUAL-FREQUENCY CCP DISCHARGE

Богданова М. А.^{1,2,*}, Лопаев Д.В.¹, Зырянов С.М.^{1,2}, Рахимова Т.В.¹, Волошин Д.Г.¹

¹НИИЯФ МГУ, 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, строение 2

²МГУ, 119991, ГСП-1, Москва, Ленинские горы, дом 1, стр.

**bogdanova.masha91@gmail.com*

The possibility of the ion flux and energy virtual diagnostics at an rf-biased electrode in an asymmetric rf dual-frequency CCP discharge in Ar, N₂ and Xe plasmas is considered. Ion energy distributions (IEDs) were calculated according to the semi-analytical model of the ion motion through the sheath including a set of externally measurable discharge parameters. Direct IED measurements were carried out via the Retarded Field Energy Analyzer (RFEA). The ion flux was measured by the pulsed self-bias method.

Поток и энергия ионов являются ключевыми параметрами ион-стимулированных плазмохимических процессов, широко используемых в современных технологиях изготовления наноструктур, модифицирования поверхностей и пр. Однако, измерение этих параметров во время технологического процесса зачастую невозможно. Данная работа посвящена идее создания виртуального датчика потока и энергии ионов [1], представляющего собой быстрый расчёт энергетического спектра ионов согласно полуаналитической модели движения ионов в приэлектродном слое, включающей в себя ряд внешне измеряемых параметров разряда. Проверка данной идеи была осуществлена в асимметричном двухчастотном ВЧЕ разряде низкого давления (20, 100 мТорр) в Ar, N₂ и Хе плазмах при нескольких значениях частоты и амплитуды приложенного к нижнему электроду вч смещения ($F_{\text{bias}} = 2 \div 12$ МГц, $V_{\text{bias}} = 0 \div 120$ В). Экспериментально энергетические спектры ионов были получены анализатором энергий частиц RFEA. Для анализа полученных результатов были также произведены расчёты согласно модели Монте-Карло методом частиц в ячейке. Для калибровки измеренных энергетических спектров по абсолютной шкале, в данной работе были произведены измерения потока ионов методом переменного автосмещения. Также, данная работа содержит исследование зависимости потока ионов на электрод с ростом давления (20÷200 мТорр) при нескольких значениях плотности плазмы. В простейшем бесстолкновительном случае, поток ионов на электрод связан с плотностью плазмы следующим соотношением:

$$F_i = kn_0v_B, \quad (1)$$

где $k = n_s/n_0$ – падение плотности плазмы на границе слой-предслой относительно плотности плазмы в центре разряда, v_B – Бомовская скорость. Из (1) была получена зависимость k от давления. Экспериментально полученные k были сопоставлены расчётам согласно двумерной модели собирания ионного тока плоским зондом. Работа выполнена при поддержке российского научного фонда (РНФ) грант № 14-12-01012.

Литература

[1] М. А. Bogdanova, D. V. Lopaev, S. M. Zyryanov and A. T. Rakhimov, Phys. Plasmas **23** (2016) 073510.