

ПРОЦЕСС ИОНИЗАЦИИ В СВЧ-РАЗРЯДЕ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ, ПОДДЕРЖИВАЕМОМ ПОВЕРХНОСТНОЙ ВОЛНОЙ ^{*)}

Жуков В.И., Карфидов Д.М., Богданкевич И.Л., Андреев С.Е.

*Институт общей физики им. А.М. Прохорова РАН, г. Москва, Россия,
zhukov.vsevolod@physics.msu.ru*

Исследовался процесс ионизации в СВЧ-разряде, поддерживаемом поверхностной электромагнитной волной (ПЭВ) [1]. Разряд возбуждался волноводным аппликатором ПЭВ ($f = 2,45$ ГГц, $\lambda_0 = 12,25$ см) в кварцевой трубке, заполненной аргоном при давлении $10^{-2} - 10^{-1}$ Торр. Реализовывался длинный плазменный столб (с длиной $L \gg \lambda_0$) со средней концентрацией электронов n_e , значительно превышающей критическую концентрацию для ПЭВ [2]: $n_{\min} = (1 + \varepsilon_d)n_c$, где ε_d – диэлектрическая проницаемость кварца, а n_c – критическая концентрация плазмы. В экспериментах измерялись скорости фронта ионизации, частоты ионизации, а также радиальные и продольные распределения плотности плазмы. Абсолютные значения средней по сечению концентрации электронов определялись по дисперсионному соотношению ПЭВ [3], связывающему концентрацию электронов с измеряемой длиной поверхностной волны. Для измерений скорости нарастания (частоты ионизации) средней по сечению концентрации электронов использовалась диагностика методом проходящих СВЧ-волн (5,5 – 7,5 ГГц) с использованием волноводной системы [4]. При $\nu_{\text{en}} \ll \omega$ (ν_{en} – частота столкновения электронов с нейтральными атомами, ω – частота СВЧ-поля) длина релаксации энергии электронов $l_e \gg a$ (a – радиус трубки), а температура электронов $T_e = \text{const}$ по сечению разряда. Таким образом, распределения плотности плазмы были измерены по интегральному свечению плазмы с помощью коллимированных фотодетекторов. Радиальные профили были получены методом поперечных снимков с последующей обработкой по методу Абеля.

Создана численная модель, моделирующая распределение поля ПЭВ по плазменному столбу, заданному с помощью модели Друде для низкотемпературной плазмы [4] и не учитывающая процесс ионизации. Данная модель позволяет исследовать распределение поля ПЭВ внутри и снаружи плазмы в зависимости от заданных значений $n_e(r)$ и ν_{en} , соответствующих эксперименту.

Начальный процесс развития разряда был смоделирован с помощью электромагнитного кода КАРАТ, в основе которого лежит РіС метод [5]. Длина системы не превышала λ_0 , что характерно для антенных систем [6]. Диапазон частот менялся от 0,5 ГГц до 2,5 ГГц с шагом 0,5 ГГц. Код позволил детально исследовать характерные области, где концентрация проходит критическую n_c и $2n_c$, соответствующую пороговой для распространения ПЭВ.

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, V. 24, P. 1025.
- [3]. Zhelyazkov I., Atanassov V. // Physics Reports, 1995, V. 255, No. 2–3, P. 79–201.
- [4]. Zhukov V.I., Karfidov D.M. // Plasma Physics Reports, 2023, V. 49, No. 8, P. 975–983.
- [5]. Tarakanov V. P. User’s manual for code KARAT // Springfield: BRA. – 1992.
- [6]. Bogachev N.N., Bogdankevich I.L., Gusein-zade N.G., Rukhadze A.A. // Plasma Physics Reports, 2015, V. 41, No. 10, P. 860–866.

^{*)} [DOI – тезисы на английском](#)