ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И СВЕЧЕНИЕ ПЛАЗМЫ НИЗКОГО ДАВЛЕНИЯ В МОМЕНТ ПРОБОЯ ДЛИННОЙ РАЗРЯДНОЙ ТРУБКИ

А.В. Мещанов1, А.И. Шишпанов1, С.А. Калинин1, Ю.З. Ионих1, Р.М. Матвеев1, Н.А. Дятко2

1Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия,
 y.ionikh@spbu.ru

2Троицкий институт инновационных и термоядерных исследований, г. Троицк,
 Московская область, Россия, dyatko@triniti.ru

По современным представлениям [1], зажигание тлеющего разряда в длинной (длина много больше диаметра) разрядной трубке происходит в три стадии: (1) первичный пробой между высоковольтным электродом и стенкой трубки; (2) движение инициированной этим пробоем волны ионизации (ВИ) к заземленному электроду; (3) собственно пробой, то есть появление разрядного тока. Можно ожидать, что наличие такой последовательности процессов должно сказаться на временнóй зависимости электрических характеристик (тока *i* и напряжения *U*) разрядного промежутка при пробое. В данной работе эти зависимости изучаются синхронно с диагностикой ВИ для условий зажигания слаботочного (< 100 мА) тлеющего разряда в аргоне и азоте.

Исследовался импульсно-периодический разряд в трубке диаметром 2,8 см и длиной 75 см [2]. Цилиндрические электроды располагались в расширенных (диаметр 8 см) концах трубки. Передний фронт импульса напряжения, подаваемого на анод, имел форму

 *U*(*t*) = *U*0∙[1 – exp(−*t/τ*)], (1)

(*U*0 = 6 – 10 кВ, *τ*= 2 – 85 мкс). Ток измерялся в цепи заземленного катода. Регистрация ВИ и определение ее скорости проводились с помощью двух световодов.

На рисунке приведены результаты измерений для условий: аргон, давление 5 Торр, *τ*= 37 мкс, длительность разрядного импульса 10 мс, установившийся ток разряда 10 мА, (а) интервал между импульсами *Т =*2 с, *U*0 = 9 кВ; (*б*) *Т =*350 мс, *U*0 = 6 кВ.

Начальные участки зависимости *U*(*t*) ‒ функция (1). При пробое в случае (*а*) в момент регистрации ВИ наблюдается скачок напряжения (из-за большой скорости волны ‒ для этих условий 2∙108 см/с ‒ сигналы от двух световодов не разрешаются). Ток появляется через 0.3 мкс, при этом скорость спада *U*(*t*) возрастает. В случае (*б*) за 4мкс до регистрации ВИ наблюдается излом на кривой *U*(*t*). При скорости волны для этих условий 107 см/с 4 мкс ‒ это время ее движения от анода до места ее регистрации. Ток появляется еще через 3 мкс; одновременно с этим начинается спад напряжения. Таким образом, в обоих случаях (*а*) и (*б*) уход кривой *U*(*t*) от зависимости (1) происходит в два этапа: первый ‒ при генерации ВИ, второй ‒ при появлении тока на катоде. Длительность промежутка между этими моментами равна времени прохождения ВИ через трубку. Такая последовательность событий отражает сценарий развития пробоя [1]. Различие значений напряжения пробоя и вида кривых *U*(*t*) для случаев (*а*) и (*б*) можно объяснить тем, что при *Т=*350 мс в момент пробоя в расширенной анодной области трубки концентрация электронов, оставшихся после предыдущего импульса, составляет ~106 см–3, а при *Т* = 2 с она пренебрежимо мала.

Работа поддержана РФФИ, проект № 15-02-06191-а.

Литература

1. Gendre M.F., Haverlag M., Kroesen G.M.W. J. Phys. D: Appl. Phys. 2010, v. 43, 234004.
2. Мещанов А.В., Коршунов А.Н., Ионих Ю.З., Дятко Н.А. Физ. плазмы. 2015, т.41, с.73.