контракция наносекундного поверхностного барьерного разряда в воздухе при давлениях P = 1 - 6 атм

Н.А. Попов, С.М. Стариковская\*, А.Ю. Стариковский\*\*, С.А. Степанян\*

НИИ Ядерной физики им. Д.В. Скобельцына, МГУ им. М.В. Ломоносова, Москва  
\*LPP Ecole Polytechnique, University Paris-Sud, Paris, France  
\*\*Mechanical and Aerospace Engineering Department, Princeton University, USA

Интерес к импульсным наносекундным разрядам связан с возможностью их использо-вания для воспламенения горючих смесей, решения задач плазменной аэродинамики и др. Целью данной работы является исследование пространственной структуры поверхностного барьерного разряда отрицательной полярности в воздухе при высоких давлениях.

Для инициации разряда использовалась коаксиальная система электродов, подробно описанная в [1]. Центральный ВВ электрод представлял собой диск радиусом 10 мм, радиус низковольтного электрода – 23 мм, в качестве диэлектрика использовался ПВХ, толщиной 0.3 мм. Кроме того, часть измерений была проведена с плоской геометрией электродов. Исследовались смеси N2 : O2 = 4 : 1 при Т0 = 300 К в диапазоне давлений P = 1 - 6 атм.

Разряд стартовал с кромки ВВ электрода и распространялся в радиальном направлении вдоль поверхности диэлектрика. В квазиоднородном режиме разряд состоит из 150 - 200 стримерных каналов, скорость распространения которых на начальном этапе достигает нескольких мм/нс. Затем через 5-7 нс скорость стримеров резко снижается и они останавли-ваются. В этот момент интенсивность их свечения падает и на фоне слабо светящихся стримерных каналов появляются ярко светящиеся филаменты, распространяющиеся от ВВ электрода в радиальном направлении. Число филаментированных каналов примерно в 4 - 6 раз меньше, чем стримерных, радиус филаментов примерно в 3 раза больше, чем радиус стримеров, а типичная скорость распространения составляет V*f* = 5 мм/нс. Следует отметить, что перестройка пространственной структуры разряда (из квазиоднородной, стримерной – в филаментированную) происходит при неизменной величине приложенного напряжения на временах в несколько наносекунд.

Результаты измерения максимальной длины распространения стримеров показали, что в диапазоне давлений P = 1 - 6 атм величина U/(P∙Lmax) ≈ const, где U – приложенное напря-жение. Отсюда была получена оценка величины среднего поля в стримерном канале, E/N = 80 ± 10 Td. Максимальная длина распространения филаментов заметно больше, чем длина стримеров, так что поле в канале филаментов, скорее всего, не превышает 30 - 40 Td.

Проведенные расчеты (с использованием модели [2]) показали, что наблюдаемая в экспе-риментах динамика тока разряда может быть объяснена рекомбинационно-прилипательным распадом созданной плазмы с последующим замедлением этого распада вследствие накоп-ления атомарного кислорода и отлипания электронов от отрицательных ионов в реакциях с O(3P). При Р = 3 атм, Ne0 = 2.5∙1015 см-3, E/N = 90 Td, τimp = 20 нс концентрация атомарного кислорода за время импульса может достигать [O(3P)] = 1018 см-3, а плотность электронов на временах t = 10 - 20 нс превышает 2∙1014 см-3.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (гранты № 11-02-91063 - НЦНИ-а, № 12-02-00637), ANR (PLASMAFLAME Project, 2011 BS09 025 01), PUF (Partner University Foundation), AOARD AFOSR, FA2386-13-1-4064 grant, NASA SBIR/STTR Program.

Литература

1. Stepanyan S. A., Starikovskiy A. Yu., Popov N. A. Starikovskaia S. M. // Plasma Sources Sci. Technol. 2014. V. 23. 045003 (14 pp).
2. Попов Н.А. // Физика плазмы. 2010. Т. 36. № 9. С. 867.