Деградация тонких коронирующих электродов в Поверхностном диэлектрическом барьерном разряде

1Селивонин И.В., 1Лазукин А.В., 2Моралев И.А., 1Кривов С.А.

1Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва, Россия,
 inock691@ya.ru
2Объединенный институт высоких температур РАН, г. Москва, Россия

Диэлектрический барьерный разряд (ДБР) широко используется в задачах обработки поверхностей, плазмохимии, плазменной медицины и биологии, плазменной аэродинамики. Одним из наиболее важных требований к устройствам на основе ДБР является стабильность их эксплуатационной характеристики в течение длительного времени, что возможно только при неизменных характеристиках барьерного разряда. Как было показано в работе [1], при длительном воздействии плазмы ДБР на электроды в виде фольг наблюдается существенное изменение морфологии их кромок, что приводит к значительным изменениям характеристик разряда. В работе [2] было показано, что такие изменения наблюдается даже при использовании устойчивых к активным компонентам плазмы материалов.

В настоящей работе изучено влияние разрядной экспозиции на характеристики поверхностного диэлектрического барьерного разряда в случае использования тонких напыленных электродов из меди, алюминия и платины. Исследование проводилось для разрядников на керамическом диэлектрике (корундовая керамика, толщина 1 мм), невосприимчивом к воздействию плазмы поверхностного разряда. Толщина электродов составляла 0,5 – 2 мкм. Электродная система питалась синусоидальным напряжением с частотой 100 кГц и амплитудой 3,4 кВ. Экспонирование проводилось в течение 6 часов в воздухе атмосферного давления при слабом токе воздуха (защитная вытяжка).

Для измерения электрических характеристик ДБР был применен метод вольт-кулонных циклограмм, позволяющий получить значения вложенной в разряд мощности, а также контролировать изменения емкости разрядника в отсутствие разряда (холодную емкость) с точностью в 0,1 пФ. Для получения картин морфологии кромки был использован лазерный конфокальный микроскоп Olympus Lext OLS4000.

Исследованы структурные изменения кромки электрода, их влияние на динамику микроразрядов. Обнаружено, что процессы деградации электродов из различных материалов принципиально различны. Показано, что в случае использования платинового электрода наблюдается чернение близлежащих к кромке областей, которое сопровождается некоторым уменьшение холодной емкости разрядной ячейки. Также наблюдается напыл металла на прилежащие к кромке электрода области диэлектрика. При этом наблюдается падение мощности, рассеиваемой в разряде. Визуально режим горения не меняется с течением времени. В случае использования электрода из алюминия наблюдается «выгорание» электрода вдоль всей кромки, сопровождающееся значительным уменьшением холодной емкости разрядной ячейки, а также падением мощности разряда на 40 – 60% от начальной. При использовании медного электрода падения холодной емкости не наблюдалось. Мощность разряда растет на 30 – 50% от начальной. Изменения морфологии медной и алюминиевой кромок, а также изменения в режимах горения разряда имеют схожую динамику с наблюдаемой в случае использования фольг из этих материалов, описанную в работе [1].

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-38-00668.

Литература

1. I. Selivonin et al., Plasma Sources Sci. Technol., vol. 27, no. 8, p. 085003, 2018.
2. E. Pescini et al., in 54th AIAA Aerospace Sciences Meeting AIAA, 20162016, p. 1 – 14.