Возникновение, развитие и филаментация искр в атмосферном разряде

Медведев М.А., Паркевич Е.В., Иваненков Г.В., Хирьянова А.И., Агафонов А.В.

Физический институт им. Лебедева РАН, 119991 Москва, Россия parkevich@phystech.edu

Исследовано формирование миллиметрового искрового разряда в воздухе при нормальных условиях в наносекундном масштабе времени с использованием многокадрового лазерного зондирования с временем экспозиции 70 пс и пространственным разрешением до 3 – 4 мкм. Для реализации лазерного зондирования была применена шести-кадровая оптическая система, позволяющая одновременно регистрировать интерферограммы, теневые и шлирен-фотографии исследуемого разрядного промежутка. Обнаружено, что пробой промежутка связан с быстрым (≪1 нс) формированием микронного (~10 мкм) катодного пятна, представляющего собой плазму с электронной плотностью *n*e ≈ 1019 см–3. Затем пятно трансформируется в искровой канал с электронной плотностью *n*e ~ 1019– 1020 см–3. Показано, что в течение ~1 нс после пробоя динамика высоко ионизованной прикатодной плазмы определяет токовую пропускающую способность разрядного промежутка, а также начальную скорость нарастания тока. Было также обнаружено, что растущий искровой канал развивается в виде множества филаментов, представляющих собой плазменные каналы микронного диаметра (~10 – 50 мкм) с электронной плотностью *n*e ~ 1019 – 1020 см–3 и характерным временем эволюции <1 нс. Показано, что первые филаменты формируются на вершине развивающегося однородного искрового канала. В частности, вершина искрового канала диаметром 100 мкм делится на два или три филамента диаметром ~20 – 50 мкм, обладающих электронной плотностью вплоть до *n*e ≈ 5 × 1019 см–3 при линейной электронной плотности *N*e ~ 1013 – 1015 см–1. К тому же *n*e и *N*e распределены неоднородно вдоль филаментов. Далее, растущие филаменты также делятся и в некоторый момент времени начинают распространяться от области их генерации в сторону анода со скоростью v0 ~ 108– 109 см/с, что выше скорости расширения ≈(7 ± 0.5) × 106 см/с однородного канала. Далее, с течением времени число филаментов в разряде увеличивается до нескольких десятков. Полученные результаты, электрофизические измерения, а также анализ плазмы указывают на то, что динамика филаментов сильно влияет на рост тока и сопротивление разрядного промежутка спустя некоторое время после пробоя.

Экспериментальные исследования были поддержаны Российским фондом фундаментальных исследований (грант №18-32-00566). Анализ плазмы частично поддержан Российским фондом фундаментальных исследований (грант № 18-02-00631).

Литература

1. Parkevich E.V., Ivanenkov G.V., Medvedev M.A., Khirianova A.I., Selyukov A.S., Agafonov A.V., Mingaleev A.R., Shelkovenko T.A., Pikuz S.A. Mechanisms responsible for the initiation of a fast breakdown in an atmospheric discharge. *Plasma Sources Sci. Technol*. 2018 [In print].
2. Паркевич Е.В., Медведев М.А., Хитько М.А., Хирьянова А.И., Ткаченко С.И., Агафонов А.В., Огинов А.В., Шелковенко Т.А., Пикуз С.А. Нитевидная микроструктура токовых каналов в искровой стадии наносекундного разряда. III Всероссийская конференция «Импульсная сильноточная вакуумная и полупроводниковая электроника» ИСВПЭ-2017, г. Москва, ФИАН, 19 – 20 октября стр. 21-24.