Исследование приэлектродных процессов ПРИ импульсноМ РАЗРЯДЕ в диоде с острийным катодом в широком диапазоне давлений методами лазерного зондирования

1,2Паркевич Е.В., 2Ткаченко С.И., 1,3Агафонов А.В., 1Мингалеев А.Р., 1Романова В.М., 1Шелковенко Т.А., 1Пикуз С.А.

1Физический институт им. Лебедева РАН, г. Москва, Россия
2Московский физико-технический институт, г. Долгопрудный, Московская область,
 Россия, parkevich@phystech.edu
3Московский инженерно-физический институт, г. Москва, Россия

Исследование импульсных разрядов в газе и в вакууме является как фундаментальной, так и актуальной задачей для многих приложений [1, 2]. В работе основное внимание уделено изучению предпробойной стадии (до образования плазменного канала между электродами), поскольку процессы, происходящие на этой стадии, определяют скорость развития разряда, что важно, в том числе, и для быстрого срабатывания разрядников. Недостаток информации о плазме, формирующейся на разных стадиях разряда, связан с трудностью диагностирования быстропротекающих процессов с высоким пространственным (микроны) и временным (наносекунды и меньше) разрешением. Для преодоления этих трудностей в работе применяется многокадровое лазерное зондирование [3].

Для исследования импульсного разряда в широком диапазоне давлений от 10 – 5 Торр до 1 атм была создана малогабаритная установка с жёсткой синхронизацией момента зондирования пикосекундного Nd:YAG лазера LS-2151 (длительность импульса на полувысоте — 70 пс, энергия в импульсе до 40 мДж; две гармоники – λ = 1064 и 532 нм) с подаваемым импульсом напряжения на исследуемую нагрузку (точность синхронизации импульса напряжения и зондирующего луча ~1 нс). Установка позволяет получать импульсы напряжения амплитудой до 10 кВ и длительностью ~150 нс, длительность фронта импульса — 20 нс, максимальный ток — 1,5 кА. Разработанная оптическая схема позволяет получать до трёх кадров, за один выстрел с одновременной регистрацией в каждом канале интерференционного, теневого и шлирен-изображения. Время экспозиции кадра определяется длительностью лазерного импульса — 70 пс. В случае разряда в газе атмосферного давления было обнаружено, что начальная стадия пробоя сопровождается появлением плотного облака плазмы на торце катодного острия с электронной плотностью около 5·1019 см–3 на масштабе нескольких десятков микрон.

Измеренные характерные скорости расширения плазмы составили ~25 км/с в продольном и ~5 км/с в поперечном направлениях. Данные значения практически не зависели от материала эмиттера и не менялись от выстрела к выстрелу (исследования велись только при напряжении 10 кВ). Образование аналогичного облака плазмы на аноде начинается лишь после появления катодного облака и его небольшого продвижения к аноду.

Литература

1. Ковальчук Б.М., Королев Ю.Д., Кумпяк Е.В. //ЖТФ, 2012. Т. 82. № 8. С. 124.
2. Месяц Г.А., Яландин М.И. //УФН 2005. Т. 175. С. 225.
3. А.Н. Зайдель, Г.В. Островская, Лазерные методы исследования плазмы, Наука, г.Ленинград, 1977, 219 С.