влияние параметров барьерного разряда на формирование плазменной струи в потоках гелия и аргона

А.М. Астафьев, В.Ю. Беляев, Р.Ю. Замчий, А.А. Кудрявцев, О.М. Степанова, Ж. Чен

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия, astafev-aleksandr@yandex.ru

Сегодня уже понятно, что практические приложения разрядов атмосферного давления с низкой газовой температурой весьма перспективны. Например, благодаря бактерицидным свойствам плазмы они могут стать эффективным инструментом для антибактериальной обработки живых и температурочувствительных искусственных материалов. Но при атмосферном давлении газовые разряды неустойчивы и склонны к контракции, что приводит к резкому росту плотности тока и газовой температуры. В связи с этим разработка способов управления параметрами плазмы генерируемого разряда является одной из главных задач при создании эффективных и безопасных технологий плазменной медицины.

Среди источников холодной плазмы атмосферного давления известны генераторы на основе плазменной струи барьерного разряда. Для формирования газового потока в них используют кварцевую трубку, которая в свою очередь служит диэлектрическим барьером и предотвращает разряд внутри нее от перехода в сильноточную искровую или дуговую стадии. Внутренний высоковольтный электрод, которым обычно служит металлический стержень, располагают по оси трубки, а внешний кольцевой — заземляют. Поток плазмы на выходе генератора формируют за счет пропускания газа сквозь разрядный промежуток.

В данной работе исследовали электрические и энергетические характеристики барьерного разряда переменного тока 1 – 100 мA (1 – 5 кВ; 50 – 200 кГц) в потоках аргона и гелия при атмосферном давлении. При помощи модулятора в источнике питания регулировали среднюю мощность, коэффициент заполнения сигнала напряжения при этом варьировали от 10 до 80%. Измеряли падение напряжения на разрядном промежутке и ток разряда, значения которых впоследствии использовали для оценки энергетики разряда (количества энергии, вложенной за импульс, и средней мощности разряда) в зависимости от параметров питания генератора. Выполнено визуальное и фотографическое наблюдение за развитием разряда и формированием плазменной струи. Получены данные о длине плазменной струи в зависимости от характеристик разряда, параметров питания генератора и скорости пропускания газа.

Показано, что осциллограммы тока имеют вид множества пробоев, которые характерны для барьерных разрядов. Средняя плотность тока разряда в аргоне в 2,5 – 3 раза больше, чем в гелии, но на несколько порядков ниже плотности тока тлеющего разряда атмосферного давления [1, 2]. Длина плазменной струи в потоке гелия достигает 3 см при скорости напуска газа 11 л/мин. С увеличением напряжения питания происходит линейное увеличение длины струи, в то время как в её зависимости от частоты следования импульсов наблюдется характерный максимум. В потоке аргона при тех же параметрах источника питания генератора и скоростях напуска газа формирование плазменной струи не происходит.

Литература

1. Астафьев А. М., Демидов Е. В., Елисеев С. И., Кудрявцев А. А. Исследование параметров тлеющего микроразряда при атмосферном давлении // Материалы XLI Международная (Звенигородская) конференция по физике плазмы и УТС, 10 – 14 февраля, Москва 2014 г. С. 201.
2. Астафьев А. М., Кудрявцев А. А., Ткаченко Т. Л. Создание и исследование стабильного тлеющего микроразряда при атмосферном давлении // Высокие технологии, фундаментальные исследования, финансы; Санкт-Петербург, 2013 С. 150 – 152.