Влияние скорости течения газа на электрофизические параметры барьерного разряда при формировании струи низкотемпературной плазмы атмосферного давления в потоках гелия

Степанова О.М., 1Пинчук М.Э., 1Куракина Н.К., 1Сподобин В.А., Халикова Л.Р., Кудрявцев А.А.

Санкт-Петербургский государственный университет, г. Санкт-Петербург, Россия,
 o.m.stepanova@spbu.ru
1Институт электрофизики и электроэнергетики РАН, г. Санкт-Петербург, Россия,
 pinchme@mail.ru

Генераторы холодных плазменных струй на основе барьерного разряда сегодня активно используются для прикладных исследований в биомедицине [1]. Область, занимаемая плазмой, распространяется за пределами разрядного промежутка за счет пропускания рабочего газа сквозь разрядную ячейку, которой обычно является кварцевая трубка с коаксиальной системой электродов «внутренний стержень - внешнее кольцо» [2]. Благодаря высокому потенциалу, переносимому волной ионизации из области разряда вдоль потока газа, распространение плазменной струи в окружающем воздухе приводит к генерированию химически активных форм кислорода и азота. Следовательно, управляя электрофизическими параметрами разряда, можно формировать необходимый набор плазмохимических реакций на выходе из генератора. В то же время течение газа может оказывать влияние на ток, переносимый струёй, напряжение на разрядном промежутке и энерговыделение в области разряда.

В настоящей работе выполнена оценка этого влияния для диапазона скоростей газового потока 1 – 30 м/с. При этом варьирование скорости газа на выходе из генератора достигалось изменением объёмного расхода газа в пределе до 40 л/мин и использованием ячеек с разным внутренним диаметром: 5,58 и 7,49 мм. Питание генератора плазменной струи осуществлялось импульсами высокого напряжения с размахом 2 – 6 кВ и частотой следования 21 кГц.

Получены сведения о влиянии скорости течения газа на электрофизические параметры разряда (ток, напряжение на разрядном промежутке, мощность, количество вложенной энергии) и длину плазменной струи при её формировании в ламинарных и турбулентных потоках гелия. При переходе в турбулентный режим (при числе Рейнольдса свыше 250 – 300) длина плазменной струи заметно снижается. Энерговыделение в области разряда увеличивается в диапазоне 20 – 30 мкДж/имп. При этом токи разряда составляют 5 – 15 мА.

Для ламинарного режима выполнено численное моделирование истечения затопленной струи гелия из выходного отверстия разрядной ячейки в окружающий воздух. Сопоставление результатов расчёта пространственных профилей концентрации гелия при его смешении с воздухом с экспериментально наблюдаемой длиной струи показало, что она определяется не только амплитудой импульса напряжения питания [3], но и объёмной долей гелия, формируемой вдоль потока газа на выходе из генератора. Например, при напряжении питания 2 кВ фракция гелия, соответствующая границе плазменной струи, cоставляет 0,987 – 0,996.

Работа получила грантовую поддержку СПбГУ (тема 0.37.218.2016) и РФФИ (проект № 16-08-00870-а).

Литература

1. M. Laroussi, Low-temperature plasma jet for biomedical applications: a review // IEEE Transactions on Plasma Science 43 (2015) 703-712.
2. A. Shashurin et al. Living tissue under treatment of cold plasma atmospheric jet // Applied Physics Letters 93 (2008) 181501.
3. Q. Xiong et al. Length control of He atmospheric plasma jet plumes: Effects of discharge parameters and ambient air // Physics of Plasmas 16 (2009) 043505.