УДК 537.523

DOI: 10.17223/00213411/62/11/105

К.В. АРТЕМЬЕВ¹, Н.Н. БОГАЧЕВ^{1,2}, Н.Г. ГУСЕЙН-ЗАДЕ^{1,2}, Т.В. ДОЛМАТОВ¹, Л.В. КОЛИК¹,
Е.М. КОНЧЕКОВ^{1,2}, С.Е. АНДРЕЕВ^{1,2}

ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ИСТОЧНИКА НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПЛАЗМЫ НА ОСНОВЕ ПЬЕЗОТРАНСФОРМАТОРА *

Исследуется компактный источник низкотемпературной плазмы атмосферного давления, созданный на основе пьезоэлектрического трансформатора в качестве источника высокого напряжения. Этот прибор может работать в режиме прямого пьезоразряда в атмосфере, классического диэлектрического барьерного разряда и разряда в потоке инертных газов. По спектрам излучения для различных режимов работы источника получены оценки вращательной и колебательной температуры ионов N_2 и температуры электронов в разряде. С помощью зонда, работающего на эффекте Поггелса, получено распределение напряженности электрического поля вблизи разрядного промежутка при работе на два типа нагрузок (металл и жидкость). Обсуждается возможность применения данного прибора для воздействия на биологические объекты, а также создания плазменно-активированных сред.

Ключевые слова: газовый разряд, источники плазмы, плазма атмосферного давления, низкотемпературная плазма, пьезоэлектрический трансформатор, эффект Поггелса.

Введение

Низкотемпературная плазма, возникающая в разрядах атмосферного давления, представляет большой интерес для многих практических приложений, в том числе и медико-биологических. Исследование физико-химических процессов, развивающихся в разряде, является актуальной задачей. Когда характерный размер плазменного канала в разряде порядка дебаевского радиуса или длительность разряда не превышает десятков наносекунд, плазма не находится в состоянии полного термодинамического равновесия. В этом случае можно говорить только о локальном термодинамическом равновесии (ЛТР), при котором имеются медленные ионы, в то время как дрейф электронов приводит к разделению зарядов [1]. В такой неравновесной плазме средняя кинетическая энергия электронов больше, чем температура газа. Поддержание неравновесного плазменного состояния возможно, так как передача энергии от приложенного электрического поля к электронам значительно эффективнее, чем последующий столкновительный перенос энергии между электронами и тяжелыми частицами. Высокая частота столкновений, возникающая в плазме атмосферного давления, не только приводит к увеличению температуры газа, но также усиливает тенденцию к развитию пространственно-временных неустойчивостей [2].

Создание неравновесной плазмы со средней температурой газа около 300 К важно для большого количества прикладных задач, связанных с пищевой промышленностью, сельским хозяйством, биомедициной и косметологией. Для характеристики такой плазмы в современной литературе используется термин «холодная» плазма. Взаимодействие холодной плазмы с различными средами к настоящему времени изучено недостаточно. Несмотря на большое количество исследований [3–6], получение стабильной однородной холодной плазмы атмосферного давления для обработки сред для различных практических приложений остается важной задачей.

Известные источники холодной плазмы [7] чаще всего отличаются сравнительно большими габаритными размерами, возможностью работы только с потоком инертных газов или их смесей и сложностью подбора рабочих режимов и параметров. Такие разряды обладают широким диапазоном рабочих параметров (концентрация и температура электронов и ионов, сила тока разряда и др.).

В данной работе исследуются параметры компактного источника низкотемпературной плазмы атмосферного давления на основе пьезоэлектрического трансформатора (пьезотрансформатора), который позволяет достаточно просто получить «холодную» плазму как с потоком газов, так и без.

* Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 19-02-00378. Исследования проведены в рамках выполнения госзадания по плану научно-исследовательской работы Федерального государственного бюджетного учреждения науки «Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук» на 2019–2021 годы по следующим темам: № 0024-2019-0011 «Фундаментальные основы плазменных и микроволновых технологий», № 0024-2019-0004 «Физические методы в сельском хозяйстве и экологии», № 0024-2019-0003 «Физические методы в медицине и биологии».

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>