

Июнь, № 4

Физико-математические науки

2012

УДК 533.9

АЛЕКСАНДР СЕРГЕЕВИЧ ШЕЛЕСТОВ

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электроники и электроэнергетики физико-технического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
shelestov@psu.karelia.ru

ВАЛЕРИЙ АНАТОЛЬЕВИЧ ГОСТЕВ

кандидат физико-математических наук, доцент кафедры электроники и электроэнергетики физико-технического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
vgostev@psu.karelia.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА

Разработано устройство для осуществления несамостоятельного разряда, инициируемого жидкостным микроплазмотроном, и проведены измерения основных его характеристик.

Ключевые слова: плазма, плазматрон, газовый разряд, подготовка топлива

ВВЕДЕНИЕ

Плазменные генераторы и генерируемые ими плазменные потоки благодаря их уникальным особенностям прочно завоевали лидирующие позиции в технике и промышленности. Примерами применения плазменных генераторов являются сварка и резка металлов и тугоплавких материалов, нанесение защитных покрытий на различные материалы, термическое обезвреживание высокотоксичных органических отходов, обеззараживание и стерилизация медицинских инструментов, обработка биологических объектов и др. [1]. В последнее время наблюдается все больший рост интереса к холодной плазме, получаемой при атмосферном давлении. Это связано прежде всего с особенностями работы с такой плазмой: отсутствие необходимости создания вакуума, простота ввода, вывода и обработки материала, технически приемлемые требования к источникам электропитания, невысокие эксплуатационные расходы.

Целью данной работы является проведение экспериментов по исследованию спектроскопических характеристик микроплазмотрона – генератора холодной плазмы и генерируемого им плазменного потока.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРАЛЬНОГО СОСТАВА ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА

Исследование спектрального состава плазменного потока производилось с помощью многоканального высокоскоростного триггерного спектрометра AvaSpec-2048FT, измеренная аппаратная ширина которого составила 0,3 нм. Схема экспериментальной установки по регистрации спектров приведена на рис. 1.

Регистрация спектров производилась в попечном и продольном направлениях по отношению к плазменному потоку при напряжении $U = 1500$ В, токе разряда $I = 25$ мА и давлении $p = 0,5$ атм. В качестве рабочего вещества использовался воздух, воздух + пары воды, воз-

дух + пары воды и бензина. Полученные в эксперименте спектры анализировались согласно [2], [3]. Они приведены на рис. 2.

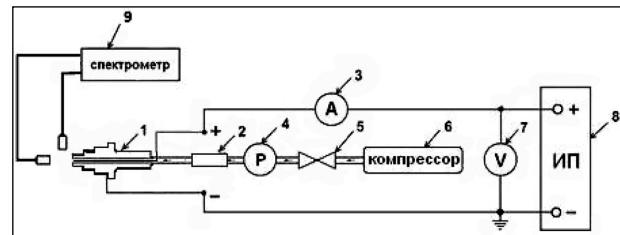


Рис. 1. Схема экспериментальной установки регистрации спектров: 1 – микроплазмотрон; 2 – барботирующее устройство; 3 – амперметр; 4 – манометр; 5 – вентиль регулирования избыточного давления; 6 – компрессор; 7 – вольтметр; 8 – источник питания; 9 – спектрометр

В случае использования воздуха в качестве плазмообразующего газа в зарегистрированных спектрах были обнаружены интенсивные линии O , O^+ , N , N^+ , полосы молекул O_2 , O_2^+ , O_3 , N_2 , NO , а также атомарные линии элементов материала электродов [4]. Для регистрации спектров применялся метод [5]. Спектры, зарегистрированные в продольном направлении, отличались от зарегистрированных в поперечном направлении только значением интенсивности.



Рис. 2. Спектр излучения плазменного факела; рабочее вещество – воздух; 600–800 нм
— Спектр излучения в продольном направлении
— Спектр излучения в поперечном направлении

В случае использования в качестве плазмообразующего газа смеси воздуха и паров воды

в спектрах излучения, кроме атомарных линий и молекулярных полос, зарегистрированных при использовании воздуха в качестве плазмообразующего газа, были обнаружены более интенсивные линии H_{α} и полоса молекулы H_2 . Как и в предыдущем случае, спектры, зарегистрированные в продольном направлении, отличались от зарегистрированных в поперечном направлении только значением интенсивности.

На рис. 3, 4 приведены спектры излучения плазменного факела для рабочего вещества – воздух + пары воды и бензина. При наличии в рабочем веществе паров бензина в УФ-области наблюдается присутствие в плазме атомов углерода и возбужденных углеводородных радикалов CH , CH_2 , CH_3 , электронные переходы которых лежат в области 200–280 нм. Также визуально наблюдалось значительное увеличение плазменного факела по сравнению с аналогичной величиной при использовании в качестве рабочего вещества воздуха и воздуха с парами воды.

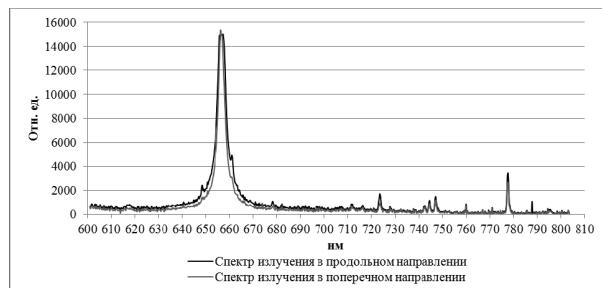


Рис. 3. Спектр излучения плазменного факела; рабочее вещество – воздух + пары воды и бензина; 600–800 нм

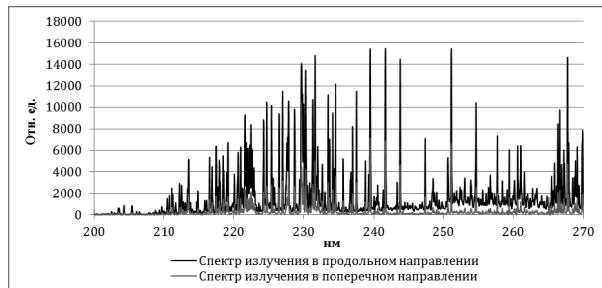


Рис. 4. Спектр излучения плазменного факела в ультрафиолетовой области; рабочее вещество – воздух + пары воды и бензина; 200–270 нм

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Настоящая работа посвящена исследованию спектров плазменного потока, генерируемого микроплазмотроном. Со ссылкой на известный метод спектрального исследования были получены и отождествлены спектры излучения для нескольких плазмообразующих веществ. В результате анализа полученных спектров был сделан ряд выводов относительно присутствия в плазме атомов углерода и возбужденных углеводородных радикалов в бензино-воздушной плазмообразующей среде, а также увеличения размеров плазменного факела при использовании паров воды по сравнению с аналогичной величиной при использовании в качестве рабочего вещества воздуха. Благодаря возможности работы в условиях воздушной атмосферы, низкой среднемассовой температуре воздушно-плазменного потока, использованию воздуха в качестве плазмообразующего газа, а также наличию в потоке плазмы химически активных компонентов, в особенности экзогенного оксида азота, и интенсивному оптическому излучению в УФ-области спектра значительно расширяются возможности применения данного газоразрядного генератора в различных областях и сферах деятельности человека.

Одним из основных и перспективных технических применений модели созданного инжектора является его использование в качестве плазменного устройства подготовки топлива в двигателях внутреннего сгорания.

Работа выполнена при поддержке гранта Министерства образования и науки Российской Федерации по федеральной целевой программе «Научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009–2013 гг., Государственный контракт № П1452 от 03.09.2009, по конкурсу № НК-152П, проект «Разработка микроплазмотрона в качестве устройства подготовки топлива ДВС».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Подураев В. И., Татаринов Д. С., Петрова В. Д. Механическая обработка с охлажденным ионизированным воздухом // Вестник машиностроения. 1991. № 11. С. 27–31.
- Зейдель А. Н., Прокофьев В. К., Райский С. М. и др. Таблицы спектральных линий. М.: Наука, 1977. 800 с.
- Пирс Р., Гейдон А. Отождествление молекулярных спектров / Под ред. С. Л. Мандельштама, М. Н. Аленцева. М.: Иностранная литература, 1949. 240 с.
- Стриганов А. Н., Свентицкий Н. С. Таблицы спектральных линий нейтральных и ионизованных атомов. М.: Атомиздат, 1966. 900 с.
- Таммет У. Д. Аспирационный метод измерения спектра аэроионов // Ученые записки ТГУ. Вып. 195. Тарту, 1967.