

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

ОЛЕГ ВАЛЕНТИНОВИЧ ОЛЕЩУК

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

АНТОН СЕРГЕЕВИЧ УСТИНОВ

старший преподаватель кафедры энергообеспечения предприятий и энергосбережения физико-технического факультета, Петрозаводский государственный университет (Петрозаводск, Российская Федерация)
cti06@mail.ru

СПЕКТРАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕТИКИ ПЛАЗМЕННОГО ПОТОКА*

Целью данной работы являлось исследование спектров холодной плазмы, получаемой при помощи специального устройства для осуществления несамостоятельного разряда. Само исследование спектрального состава плазменного потока производилось с помощью многоканального высокоскоростного триггерного спектрометра. В качестве плазмообразующего вещества использовался воздух, пары воды, а также пары бензина. Спектры были отождествлены, на основе чего сделан ряд выводов относительно присутствия в плазме атомов углерода и возбужденных углеводородных радикалов.

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

ВВЕДЕНИЕ

Плазменные генераторы и генерируемые ими плазменные потоки благодаря своим уникальным особенностям прочно завоевали лидирующие позиции в технике и промышленности [3]. 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. [5]. 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.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Исследование спектрального состава плазменного потока проводилось 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.

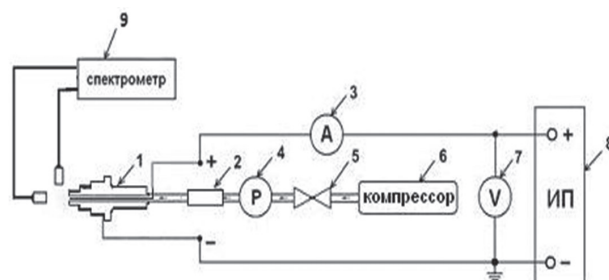


Рис. 1. Схема экспериментальной установки регистрации спектров: 1 – микроплазмотрон; 2 – барботирующее устройство; 3 – амперметр; 4 – манометр; 5 – вентиль регулирования избыточного давления; 6 – компрессор; 7 – вольтметр; 8 – источник питания; 9 – спектрометр

Регистрация спектров производилась в поперечном 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, воздух + пары воды и бензина.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные в эксперименте спектры анализировались согласно [2], [4] (рис. 2).



Рис. 2. Спектр излучения плазменного факела; рабочее вещество – воздух; 600–800 нм

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 [6]. Для регистрации спектров применялся аспирационный метод измерения спектра аэроионов. Спектры, зарегистрированные в продольном направлении, отличались от зарегистрированных в поперечном направлении только значением интенсивности.

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.

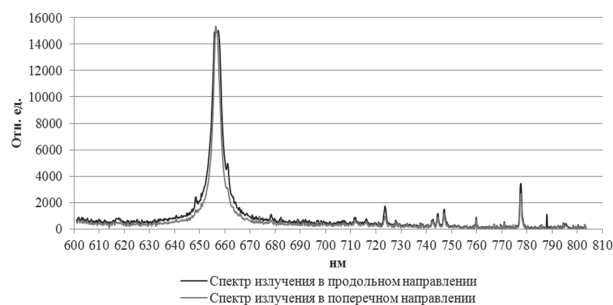


Рис. 3. Спектр излучения плазменного факела; рабочее вещество – воздух + пары воды и бензина; 600–800 нм



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

ВЫВОДЫ

Со ссылкой на известный метод спектрального исследования нами 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 среднemasсовой 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 [1].

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 Программы стратегического развития ПетрГУ в рамках реализации комплекса мероприятий по развитию научно-исследовательской деятельности на 2012–2016 годы, Минобрнауки РФ, ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России (2009–2013)», государственные контракты № 16.740.11.0562, 14.В37.21.0747, 14.В37.21.1066, 14.В37.21.0755, а также в соответствии с государственным заданием Минобрнауки России и заказом Департамента научных и научно-педагогических кадров университету на оказание услуг № 2.3282.2011 и 2.2774.2011.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аристова Н. А., Беркутов Н. А., Пискарев И. М. Обезжелезивание шахтных вод генератором холодной плазмы // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5. С. 50.
2. Барсуков В. И. Атомный спектральный анализ. М.: Машиностроение-1, 2005. 132 с.
3. Морозов А. И. Введение в плазмодинамику. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. 576 с.
4. Осадько И. С. Селективная спектроскопия одиночных молекул. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2000. 320 с.
5. Подураев В. И., Татарин Д. С., Петрова В. Д. Механическая обработка с охлажденным ионизированным воздухом // Вестник машиностроения. 1991. № 11. С. 27–31.
6. Стриганов А. Н., Свентицкий Н. С. Таблицы спектральных линий нейтральных и ионизованных атомов. М.: Атомиздат, 1966. 900 с.

Shelestov A. S., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

Gostev V. A., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

Oleshchuk O. V., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

Ustinov A. S., Petrozavodsk State University (Petrozavodsk, Russian Federation)

SPECTRAL RESEARCH OF PLASMA FLOW KINETICS

The purpose of this work was to research spectra of the cold plasma received by means of a special device for implementation of semiself-maintained discharge. A research of spectral distribution of plasma flow was made by means of multichannel high-speed trigger spectrometer. Air, vapors of water, and vapors of gasoline were used as plasma-forming substances. Spectra were identified. Based on the obtained data a number of conclusions concerning presence of carbon atoms and hydrocarbons in plasma were made.

Key words: plasma, plasma torch, gas discharge, preparation of fuel

REFERENCES

1. Aristova N. A., Berkutov N. A., Piskarev I. M. *Deferrization of mine waters by generator of cold plasma* [Obeshezelevanie shakhtnykh vod generatorom kholodnoy plasmy]. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2011. № 5. P. 50.
2. Barsukov V. I. *Atomnyy spektral'nyy analiz* [Nuclear spectrum analysis]. Moscow, Mashinostroenie-1 Publ., 2005. 132 p.
3. Morozov A. I. *Vvedenie v plazmodinamiku* [Introduction into plasma dynamics]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2006. 576 p.
4. Osad'ko I. S. *Selektivnaya spektroskopiya odinochnykh molekul* [Selection spectroscopy of single molecules]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2000. 320 p.
5. Podurayev V. I., Tatarinov D. S., Petrova V. D. Machine processing with cooled ionized air [Mekhanicheskaya obrabotka s okhlazhdeniem ionizirovannym vozdukhom]. *Vestnik mashinostroeniya* [Messenger of mechanical engineering]. 1991. № 11. P. 27–31.
6. Striganov A. N., Sventitskiy N. S. *Tablitsy spektral'nykh liniy neytralnykh ionizirovannykh atomov* [A table of spectral lines of neutral and ionized atoms]. Moscow, Atomizdat Publ., 1966. 900 p.

Поступила в редакцию 20.05.2013