

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

Национальный исследовательский Томский государственный университет  
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники  
Болгарская Академия наук  
ООО «ЛИТТ»

# **ИННОВАТИКА-2016**

**СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ**

**XII Международной школы-конференции студентов,  
аспирантов и молодых ученых  
20–22 апреля 2016 г.  
г. Томск, Россия**

**Под ред. А.Н. Солдатова, С.Л. Минькова**

Scientific & Technical Translations



ИЗДАТЕЛЬСТВО

**Томск – 2016**

## ИСТОЧНИК ПЛАНАРНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

В.С. Кузнецов<sup>1,2</sup>, О.С. Жданова<sup>3</sup>, В.А. Панарин<sup>2</sup>, В.С. Скакун<sup>2</sup>,  
Э.А. Соснин<sup>1,2</sup>, В.Ф. Тарасенко<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский государственный университет

<sup>2</sup>Институт сильноточной электроники СО РАН

<sup>3</sup>Сибирский государственный медицинский университет

e-mail: robert\_smith\_93@mail.ru

## PLANAR PLASMA SOURCE OF ATMOSPHERIC PRESSURE JETS

V.S. Kuznetsov<sup>1,2</sup>, O.S. Zhdanova<sup>3</sup>, V.A. Panarin<sup>2</sup>, V.S. Skakun<sup>2</sup>,

E.A. Sosnin<sup>1,2</sup>, V.F. Tarasenko<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>National Research Tomsk State University

<sup>2</sup>Institute of High Current Electronics SB RAS

<sup>3</sup>Siberian State Medical University

*In a worsening single-barrier discharge voltage and low gas flow (1 l/min) plasma jets are formed flat in nitrogen of atmospheric pressure and the air, having a width of 3 cm and a length of 11 cm and 1.5, respectively. We measured the power, temperature and spectral characteristics of the jets. Using culture of Staphylococcus aureus (strain 209 ATSS) as an example, it is shown that formed plasma is a source of chemical active particles that ensure inactivation of microorganisms.*

*Keywords: plasma jet, atmospheric pressure, air, nitrogen.*

Источники плазменных струй атмосферного давления (ПСАД) стали объектом широких исследований после того, как была осознана их применимость в биологии, медицине и обработке поверхностей различных материалов. Поток плазмы в различных источниках ПСАД как правило формируется в разрядном промежутке, после чего выталкивается через узкий капилляр или щель за счет избыточного давления в зоне разряда, превышающего атмосферное [1–5]. Возбуждение тлеющим, коронным или барьерным разрядом создаёт неравновесную плазму со средней температурой газа от 20 до 400 °С и плотностью заряженных частиц типичной для слабоионизованных газов (не выше  $10^{11}$ – $10^{12}$  см<sup>-3</sup>) и концентрацией активных частиц до 100 ppm.

Сегодня получили широкое распространение источники ПСАД, где в роли рабочего газа выступают гелий, аргон и их смеси с азотом. Значительно труднее сформировать ПСАД в азоте и воздухе. В этом случае образуется больше химически активных частиц [6], но плазменный поток становится чувствительным к скорости прокачки газа и возрастает

его температура. Важно и то, что сформировать протяженную плазменную струю не удается [7].

В работах [8, 9] нами был предложен и исследован капиллярный источник ПСАД на основе барьерного разряда, формирующий в воздухе и азоте атмосферного давления стабильные потоки длиной до 4 см. Для этого была использована конструкция, в которой на рабочем промежутке происходит существенное обострение напряжения, а расход газа снижен до  $\sim 0.5$  л/мин. В этих условиях происходит лучшее заселение верхних состояний азота и уменьшается их тушение.

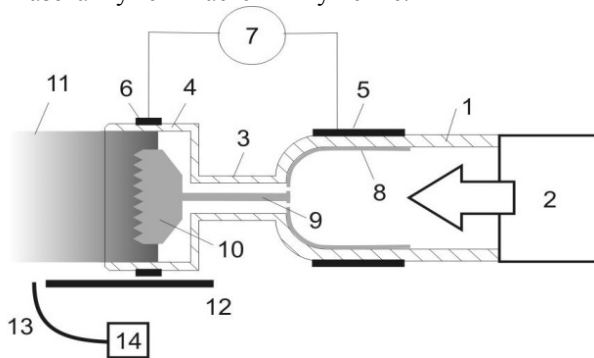


Рис. 1. Конструкция установки и схема измерений: 1, 3, 4 – элементы из кварца; 2 – распределительный элемент; 5, 6 – внешние электроды; 7 – источник питания; 8, 9, 10 – элементы внутреннего электрода; 11 – плазма; вентилятор; 12 – экранирующая шторка; 13 – световод; 14 – спектрометр

Целью настоящей работы является переход от капиллярной геометрии источника ПСАД барьерного разряда к планарной, на воздухе. Для этого была использована конструкция, показанная на рис. 1.

При подаче на электрод 5 импульса напряжения происходит перезарядка стенки трубки 1 и зарядка электрода 8. Геометрические параметры источника таковы, что разряд происходит в полости между электродом 10 и диэлектрической частью 4. В результате на выходе из щели формируется плазменный поток 11.

Источник питания позволял варьировать длительность импульса напряжения  $\tau = 1\text{--}1,5$  мкс, частоту следования импульсов  $f = 10\text{--}90$  кГц и амплитуду напряжения до 10 кВ.

Спектральные исследования выявили следующее: максимумы интенсивности в спектре планарной ПСАД в воздухе, в интервале  $\lambda = 280\text{--}460$  нм соответствуют электронно-колебательным переходам второй положительной системы молекулярного азота  $N_2$  ( $C^3\Pi_u \rightarrow B^3\Pi_g$ ).

Кроме того, в спектре наблюдаются слабые линии, соответствующие переходам первой положительной системы иона  $N_2^+$  ( $B^2\Sigma_u^+ \rightarrow X^2\Sigma_g^-$ ) на длинах волн 391 и 428 нм, хорошо известные в литературе.

По совокупности своих характеристик ПСАД был квалифицирован как потенциально способный к инактивации микроорганизмов. Поэтому, были проведены пилотные тесты её инактивирующего действия. Объектом обработки была культура *Staphylococcus aureus* (штамм АТСС 209). Показано, что вне зависимости от времени обработки концентрация жизнеспособных микроорганизмов снижается примерно на порядок. Это подтверждает способность источника ПСАД создавать химически активные частицы.

Таким образом предложена и апробирована конструкция источника для получения планарной плазменной струи атмосферного давления. Получена планарная плазменная струя атмосферного давления шириной до 3 см и длиной до 4 см при параметрах возбуждающего импульса напряжения  $\tau = 1-1,5$  мкс,  $f = 90$  кГц,  $U_A < 10$  кВ и скоростях прокачки газа через промежуток до 1 л/мин. Показано, что полученная плазма является источником химических активных частиц, обеспечивающих выраженный эффект инактивации (на примере культуры золотистого стафилококка).

*Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-29-00052).*

### Литература

1. Lloyd G., Friedman G., Jafri S., Schultz G., Fridman A., Harding K. Gas Plasma: Medical Uses and Developments in Wound Care // Plasma Processes Polym. 2010. Vol. 7. No. 3-4. P. 194–211.
2. Li X., Bao W., Jia P., et. al. A brush-shaped air plasma jet operated in glow discharge mode at atmospheric pressure // Journal of applied physics. 2014. Vol. 116. 023302.
3. Tang J., Li J., Zhao W. et. al. Development of a stable dielectric-barrier discharge enhanced laminar plasma jet generated at atmospheric pressure // Applied physics letters. 2012. Vol. 100. 253505.
4. Laroussi M. Plasma Process. Polym. 2005. Vol. 2. 391–400 P.
5. Shao T., Zhang C., Wang R., Zhou Y., Xie Q., Fang Z. IEEE Trans. Plasma Sci. 2015. Vol. 43. No. 3. 726–732 P.
6. Deng X.L., Nikiforov A.Yu., Vanraes P., Leys Ch. Direct current plasma jet at atmospheric pressure operating in nitrogen and air, J. Appl. Phys. 2013. Vol. 113. 023305. doi: 10.1063/1.4774328
7. Lacoste D.A., Bourdon A., Kuribara K., Urabe K., Stauss S., Terashima K. Pure air–plasma bullets propagating inside microcapillaries and in ambient air // Plasma Sources Science and Technology. 2014. Vol. 23. № 6. 062006.
8. Соснин Э.А., Панарин В.А., Скакун В.С., Тарасенко В.Ф., Печеницин Д.С., Кузнецов В.С. Источник плазменной струи атмосферного давления, формируемой в воздухе или азоте при возбуждении барьерным разрядом // Журнал технической физики.

2016. Т. 86. Вып. 5. 151-154 с.
9. Sosnin E.A., Panarin V.A., Skakun V.S., Tarasenko V.F., Pechenitsin D.S., Kuznetsov D.S. A new DBD-driven atmospheric pressure plasma jet source on air or nitrogen // Proc. SPIE. December 15, 2015. Vol. 9810. 98101I. doi: 10.1117/12.2224924.

## **СПОСОБ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ И ДИАГНОСТИКИ ИМПУЛЬСНОГО ПУЧКА РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

**М.С. Легостина<sup>1</sup>, М.В. Коровкин<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*Национальный исследовательский Томский государственный университет*

<sup>2</sup>*Национальный исследовательский Томский политехнический университет*  
*e-mail: legostinam@mail.ru*

## **X-RAY PULSED BEAM DETECTION AND DIAGNOSIS METHOD**

**M.S.Legostina<sup>1</sup>, M.V.Korovkin<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>*National Research Tomsk State University*

<sup>2</sup>*National Research Tomsk Polytechnic University*

*The work is dedicated to X-ray radiation, which is the possibility of practical use has not yet been exhausted. There are several methods for obtaining X-ray images for an X-ray densitometry. However, they all have drawbacks. Enhancing convenience during removal of the pulse signal and converting the radiation energy flows directly into electrical signals is a very urgent task.*

*Keywords: demodulation (signal detection), X-rays, electric potential, electron emission, electronic amplifier, Oscilloscope.*

Работа посвящена рентгеновскому излучению, возможности практического использования которого до сих пор не исчерпаны. Известно несколько способов получения рентгеновских изображений для рентгеновской денситометрии. Однако все они имеют недостатки. Повышение удобства при снятии импульсного сигнала и преобразования потоков энергии излучения непосредственно в электрические сигналы является весьма актуальной задачей.

Целью работы является изучение проекта и получение патента на тему: «Пути обеспечения простой и эффективной регистрации импульсного рентгеновского излучения и определения параметров импульсного пучка».

Для достижения поставленной цели в ходе работы решались такие задачи как: проведение исследований с целью обнаружения актуальности проекта; изучение аналогов и конкурентов; расчет рисков и финансовой части проекта.