

**Однородное воздействие плазмы импульсного высоковольтного разряда наносекундной длительности на поверхность плоского анода***М. И. Ломаев, В. Ф. Тарасенко*

*Приведены результаты экспериментального исследования воздействия на поверхность плоского заземленного электрода плазмы импульсного высоковольтного разряда наносекундной длительности в воздухе атмосферного давления, возбуждаемого в резко неоднородном электрическом поле. Показано, что при относительно больших межэлектродных расстояниях между острым катодом и плоским анодом реализуется диффузный разряд, обеспечивающий однородное воздействие плазмы разряда на поверхность анода.*

*Ключевые слова:* диффузный разряд, искровой разряд, пространственная структура разряда, эрозия электрода.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-5-5-10

**Ломаев Михаил Иванович**<sup>1,2</sup>, в.н.с.  
E-mail: Lomaev@loi.hcei.tsc.ru

**Тарасенко Виктор Федотович**<sup>1</sup>, гл.н.с.  
<sup>1</sup> Институт сильноточной электроники СО РАН.  
Россия, 634050, г. Томск, пр. Академический, 2/3.

<sup>2</sup> Национальный исследовательский  
Томский государственный университет.  
Россия, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 36.

Статья поступила в редакцию 21 июля 2022 г.

© Ломаев М. И., Тарасенко В. Ф., 2022

*Данное исследование выполнено  
при финансовой поддержке  
Министерства науки и высшего образования  
Российской Федерации,  
Соглашение № 075-15-2021-1026 от 15.11.2021.*

**ЛИТЕРАТУРА**

- Hippler R., Kersten H., Schmidt M., Schoenbach K. H. (Eds.). Low Temperature Plasma. Fundamentals, Technologies, and Techniques. – Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2008.
- Samukawa S., Hori M., Rauf S., Rauf S., Tachibana K., Bruggeman P. J., Kroesen G., Whitehead J. C., Murphy A. B., Gutsol A. F., Starikovskaia S. et al. // J. Phys. D: Appl. Phys. 2012. Vol. 45. P. 253001. doi:10.1088/0022-3727/45/25/253001

- Chu P. K., Lu XinPei. (Eds.). Low temperature plasma technology. Methods and applications. – London, New York: CRC Press, 2013.

- Adamovich I., Baalrud S. D., Bogaerts A., Bruggeman P. J., Cappelli M., Colombo V., Czarnetzki U., Ebert U., Eden J. G., Favia P. et al. // J. of Phys. D: Appl. Phys. 2017. Vol. 50. Is. 32. P. 323001. <https://doi.org/10.1088/1361-6463/aa76f5>

- Laroussi M., Lu X., Keidar M. // Journal of Applied Physics. 2017. Vol. 122. Is. 2. P. 020901.

- Weltmann K.-D., Kolb J. F., Holub M., Uhrlandt D., Šimek M., Ostrikov K., Hamaguchi S., Cvelbar U., Černák M., Locke B., Fridman A., Favia P., Becker K. // Plasma processes and polymers. 2019. Vol. 16. Is. 1. P. 1800118. <https://doi.org/10.1002/ppap.201800118>.

- Lu X. P., Reuter S., Laroussi M., Liu D. W. Nonequilibrium Atmospheric Pressure Plasma Jets: Fundamentals, Diagnostics, and Medical Applications. – CRC Press, 2019.

- Keidar M., Weltmann K.-D., and Macheret S. // J. Appl. Phys. 2021. Vol. 130. P. 080401. <https://doi.org/10.1063/5.0065750>

- Mohamed H., Nayak G., Rendine N., Wigdahl B., Krebs F. C., Bruggeman P. J., Miller V. // Frontiers in Physics. 2021. Vol. 9. P. 683118. doi: 10.3389/fphy.2021.683118

- Brandenburg R., Bruggeman P. J., Starikovskaia S. M. // Plasma Sources Sci. Technol. 2017. Vol. 26. P. 020201. doi:10.1088/1361-6595/aa5205

- Babich L. P. High-Energy Phenomena in Electric Discharges in Dense Gases: Theory, Experiment and Natural Phenomena. – Arlington, Virginia: Futurepast (ISTS Science and Technology Series, Vol. 2). 2003.

- Tarasenko V. F. (Ed.) Runaway Electrons Pre-

ionized Diffuse Discharges. – New York: Nova Science Publishers, Inc. 2014.

13. Naidis G. V., Tarasenko V. F., Babaeva N. Y., Lomaev M. I. // Plasma Sources Sci. Technol. 2018. Vol. 27. P. 013001. <https://doi.org/10.1088/1361-6595/aaa072>

14. Сорокин Д. А., Белоplotов Д. В., Гришков А. А., Шкляев В. А., Тарасенко В. Ф., Белоmyтцев С. Я., Ломаев М. И. Высоковольтный наносекундный разряд в неоднородном электрическом поле и его свойства. – Томск: STT, 2020.

15. Буранов С. Н., Горохов В. В., Карелин В. И., Павловский А. И., Репин П. Б. // Квантовая электроника. 1991. Т. 18. Вып. 7. С. 891.

16. Перминов А. В., Тренькин А. А. // ЖТФ. 2005. Т. 75. Вып. 9. С. 52.

17. Карелин В. И., Тренькин А. А. // ЖТФ. 2008. Т. 78. Вып. 3. С. 29.

18. Алмазова К. И., Белоногов А. Н., Боровков В. В.,

Горелов Е. В., Морозов И. В., Тренькин А. А., Харитонов С. Ю. // ЖТФ. 2018. Т. 88. Вып. 6. С. 827.

19. Almazova K. I., Belonogov A. N., Beloplotov D. V., Boroikov V. V., Trenkin A. A., Erofeev M. V., Ripenko V. S., Shulepov M. A., Tarasenko V. F. // Journal of Nanoscience, Nanomedicine & Nanobiology. 2021. Vol. 4. Is. 1. P. 100009.

20. Тренькин А. А. // ЖТФ. 2019. Т. 89. Вып. 2. С. 189.

21. Ерофеев М. В., Бакут Е. Х., Бураченко А. Г., Тарасенко В. Ф. // ЖТФ. 2015. Т. 85. Вып. 9. С. 56.

22. Бакут Е. Х., Блинова О. М., Ерофеев М. В., Карелин В. И., Рипенко В. С., Тарасенко В. Ф., Тренькин А. А., Шибитов Ю. М., Шулепов М. А. // Физика плазмы. 2016. Т. 42. Вып. 9. С. 859.

23. Коротков С. В., Аристов Ю. В., Козлов А. К., Коротков Д. А., Люблинский А. Г., Спичкин Г. Л. // ПТЭ. 2012. Т. 55. № 5. С. 99.

PACS: 52.80.–s

## Homogeneous action of plasma of a nanosecond pulsed high-voltage discharge on the surface of a flat anode

M. I. Lomaev<sup>1,2</sup> and V. F. Tarasenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Institute of High Current Electronics, SB RAS  
2/3 Akademicheskii Ave., Tomsk, 634055, Russia

<sup>2</sup> National Research Tomsk State University  
36 Lenina Ave., Tomsk, 634050, Russia  
E-mail: Lomaev@loi.hcei.tsc.ru

Received July 21, 2022

**The results of an experimental study of the effect on the surface of a flat-grounded electrode of a plasma of a pulsed high-voltage nanosecond discharge in air at atmospheric pressure, excited in a sharply inhomogeneous electric field, are presented. It is shown that at relatively large interelectrode distances between the pointed cathode and the flat anode, a diffuse discharge is realized, which ensures a homogeneous action of the discharge plasma on the anode surface.**

**Keywords:** diffuse discharge, spark discharge, spatial structure of the discharge, electrode erosion.

DOI: 10.51368/1996-0948-2022-5-5-10

### REFERENCES

1. R. Hippler, H. Kersten, M. Schmidt, Schoenbach K.H. (Eds.), *Low Temperature Plasma. Fundamentals, Technologies, and Techniques*. (WILEY-VCH Verlag GmbH&Co. KGaA, Weinheim, 2008).
2. S. Samukawa, M. Hori, S. Rauf, S. Rauf, K. Tachibana, P. J. Bruggeman, G. Kroesen, J. C. Whitehead, A. B. Murphy, A. F. Gutsol, S. Starikovskaia et al., *J. Phys. D: Appl. Phys.* **45**, 253001 (2012). doi:10.1088/0022-3727/45/25/253001
3. P. K. Chu and XinPei Lu. (Eds.), *Low temperature plasma technology. Methods and applications*. (CRC Press, London, New York, 2013).

4. I. Adamovich, S. D. Baalrud, A. Bogaerts, P. J. Bruggeman, M. Cappelli, V. Colombo, U. Czarnetzki, U. Ebert, J. G. Eden, P. Favia et al., *J. of Phys. D: Appl. Phys.* **50** (32), 323001 (2017). <https://doi.org/10.1088/1361-6463/aa76f5>
5. M. Laroussi, X. Lu, and M. Keidar, *Journal of Applied Physics* **122** (2), 020901 (2017).
6. K.-D. Weltmann, J. F. Kolb, M. Holub, D. Uhrlandt, M. Šimek, K. Ostrikov, S. Hamaguchi, U. Cvelbar, M. Černák, B. Locke, A. Fridman, P. Favia, and K. Becker, *Plasma processes and polymers* **16** (1), 1800118 (2019). <https://doi.org/10.1002/ppap.201800118>
7. X. P. Lu, S. Reuter, M. Laroussi, and D. W. Liu, *Nonequilibrium Atmospheric Pressure Plasma Jets: Fundamentals, Diagnostics, and Medical Applications*. (CRC Press, 2019).
8. M. Keidar, K.-D. Weltmann, and S. Macheret, *J. Appl. Phys.* **130**, 080401 (2021). <https://doi.org/10.1063/5.0065750>
9. H. Mohamed, G. Nayak, N. Rendine, B. Wigdahl, F. C. Krebs, P. J. Bruggeman, and V. Miller, *Frontiers in Physics* **9**, 683118 (2021). doi: 10.3389/fphy.2021.683118
10. R. Brandenburg, P. J. Bruggeman, and S. M. Starikovskaia, *Plasma Sources Sci. Technol.* **26**, 020201 (2017). doi:10.1088/1361-6595/aa5205
11. L. P. Babich, *High-Energy Phenomena in Electric Discharges in Dense Gases: Theory, Experiment and Natural Phenomena*. (Arlington, Virginia: Futurepast (ISTS Science and Technology Series, Vol. 2). 2003.
12. V. F. Tarasenko (Ed.), *Runaway Electrons Preionized Diffuse Discharges*. (Nova Science Publishers, Inc., New York, 2014).
13. G. V. Naidis, V. F. Tarasenko, N. Y. Babaeva, and M. I. Lomaev, *Plasma Sources Sci. Technol.* **27**, 013001 (2018). <https://doi.org/10.1088/1361-6595/aaa072>
14. D. A. Sorokin, L. V. Beloplotov, A. A. Grishkov, V. A. Shklyaev, V. F. Tarasenko, S. Y. Belomytsev, and M. I. Lomaev, *High-voltage nanosecond discharge and its properties*. (STT, Tomsk, 2020).
15. S. N. Buranov, V. V. Gorokhov, V. I. Karelin, A. I. Pavlovskii, and P. B. Repin, *Quantum Electron* **21** (7), 806 (1991).
16. A. V. Perminov and A. A. Tren'kin, *Tech. Phys.* **53** (3), 314 (2008).
17. V. I. Karelin and A. A. Tren'kin, *Tech. Phys.* **50** (9), 1158 (2005).
18. K. I. Almazova, A. N. Belonogov, V. V. Borovkov, E. V. Gorelov, I. V. Morozov, A. A. Tren'kin, and S. Yu. Kharitonov, *Tech. Phys.* **63** (6), 801 (2018).
19. K. I. Almazova, A. N. Belonogov, D. V. Beloplotov, V. V. Borovkov, A. A. Trenkin, M. V. Erofeev, V. S. Ripenko, M. A. Shulepov, and V. F. Tarasenko, *Journal of Nanoscience, Nanomedicine & Nanobiology* **4** (1), 100009 (2021).
20. A. A. Trenkin, *Tech. Phys.* **64** (2), 159 (2019).
21. M. V. Erofeev, E. Kh. Baksht, A. G. Burachenko, and V. F. Tarasenko, *Tech. Phys.* **60** (9), 1316 (2015).
22. E. Kh. Baksht, O. M. Blinova, M. V. Erofeev, V. I. Karelin, V. S. Ripenko, V. F. Tarasenko, A. A. Trenkin, Yu. M. Shibitov, and M. A. Shulepov, *Plasma Physics Reports* **42** (9), 876 (2016).
23. S. V. Korotkov, Yu. V. Aristov, A. K. Kozlov, D. A. Korotkov, A. G. Lyublinsky, and G. L. Spichkin, *Instruments and Experimental Techniques* **55** (5), 605 (2012).