

УДК 532.5, 537.39
EDN: UOKBNM

PACS: 68.03.Hj

**Визуализация электрического поля в трансформаторном масле
с помощью взвешенных микрокапель воды**

© В. А. Панов*, А. С. Савельев, Ю. М. Куликов

*Объединенный институт высоких температур РАН, Москва, 125412 Россия***E-mail: panovvladislav@gmail.com**Статья поступила в редакцию 10.03.2025; после доработки 2.04.2025; принята к публикации 7.04.2025**Шифр научной специальности 1.3.9*

Предложен метод визуализации линий напряженности электрического поля в диэлектрике на основе электрогидродинамического (ЭГД) разрушения мелких капель. Достоинством метода является существенно меньшая плотность засева трассеров по сравнению с твердыми частицами, уменьшающая влияние дисперсной фазы на возникающее ЭГД-течение и электрическую прочность среды. Предлагаемый подход допускает введение разрушаемых капель-трассеров в отдельные исследуемые области, в том числе в область меньших значений потенциала, что снижает вероятность частичных пробоев при диагностике. Результативность подхода подтверждается сравнением данных экспериментальной визуализации с результатами расчетов.

Ключевые слова: линии напряженности электрического поля; визуализация; высоковольтное маслонаполненное оборудование; ЭГД-распыление; конус Тейлора; капли; вода.

DOI: 10.51368/1996-0948-2025-2-62-68

Введение

Поведение капель в электрическом поле вызывает интерес ученых в течение многих десятилетий. Результаты этих исследований нашли свое применение в различных областях, таких как метеорология [1, 2] (капли дождя), модель жидкой капли в ядерном делении [3], (движение) аэрозолей [4]. Сто лет назад Зеленый [5], а также Уилсон и Тейлор [6] экспериментально показали, что подвешенная в капилляре капля (pendant drop) и сидящий на пластине мыльный пузырь (sessile soap bubble) деформируются в электрическом поле. Однако важнее то, что при достаточно больших значениях модуля напряженности электрического поля на поверхности подвешенной капли и сидячего пузырька приобретали коническую форму и испускали тонкую струю, которая распадалась на мелкие капли. В работах [7, 8] такое же поведение в присутствии элект-

рического поля было обнаружено и для сферической взвешенной капли, изначально электронейтральной. В отличие от подвешенной капли и сидячего мыльного пузыря, нейтральная капля в сильном электрическом поле образует два противоположных конических конца и испускает в противоположных направлениях струи положительно и отрицательно заряженных капель. Мениски конической формы, образующиеся в электрическом поле в настоящее время называются конусами Тейлора [9], а испускание тонких струй с кончиков конусов называется электрогидродинамическим (ЭГД) струйным распылением [10] (EHD tip streaming) или конусным ЭГД-распылением [11].

Результаты работ многих авторов позволяют говорить об универсальности данных явлений, – испускание заряженных струй с конических поверхностей и их распад на аэрозоли, состоящие из заряженных микро (нано)

капель (электрораспыление) являются общими для различных, казалось бы, не связанных между собой ситуаций в технологических процессах и природных явлениях, включая масс-спектрометрию с ионизацией электрораспылением (ESIMS) [12], капли дождя в грозовых облаках [13], а также печать и нанесение покрытий [14].

Становление электрогидродинамики капля как самостоятельного направления обязано работам Тейлора [15, 16], который дал критическую оценку предыдущим исследованиям в данной области и предложил собственную теоретическую модель диэлектрика с малой проводимостью (leaky dielectric model – LDM). Он также дал описание устойчивой малой деформации (однофазной) капли. Впоследствии эта модель многократно подвергалась проверке, появились более точные модели [15–21]. В последующих работах предметом исследования становились сложные топологии межфазных границ, связанные с многофазными каплями эмульсии, развитие неустойчивостей в эмульсиях, их распад (деэмульгирование), управление движением микрочастиц на межфазной границе.

Несмотря на то что исследования в данной области развиваются в течении многих десятилетий, большинство из них носит академический характер, и лишь недавно появилась серия работ, имеющих прикладное значение [22–34].

Настоящее исследование призвано распространить результаты электрогидродинамики капля на задачи техники высоких напряжений. В данной работе на основе сравнения результатов лабораторных и численных экспериментов предложен метод визуализации линий напряженности электрического поля. В основе подхода лежит визуализация траекторий движения микро капля, образующихся в результате распада струй, истекающих с конических менисков капля (конусов Тейлора) под действием электрического поля.

Экспериментальная установка

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 1. В емкость (1) с плоскопараллельными прозрачными стенками из оргстекла налиты две несмешивающиеся

жидкости: слабопроводящая вода (2) и трансформаторное масло (3). В масло и воду погружены соответственно заостренный высоковольтный электрод-игла (4) и цилиндрический электрод (5) со скругленной кромкой на рабочем торце, подключенный к «земле» через измерительный резистор R_s сопротивлением 25 Ом. Подача напряжения через ограничивающий резистор R_b (5 кОм) на электрод (4) происходит с помощью полупроводникового высоковольтного ключа (6) типа «полумост» при формировании на его входе прямоугольного TTL-импульса с помощью цифрового генератора импульсов G. Фронт нарастания и спада напряжения на выходе ключа (6) составляет порядка 0,1 мкс, что гораздо быстрее описываемых в данной работе явлений. Амплитуда напряжения составляла $V_0 = 20$ кВ, а длительность открытого состояния ключа (6) составляла 400 мкс. Поскольку при пробое межэлектродного промежутка источник высокого напряжения («DC» рис. 1) не может обеспечить достаточный выходной ток (сотни миллиампер), то в электрическую схему параллельно источнику добавлен запасающий высоковольтный конденсатор C емкостью 0,7 мкФ. Для измерения напряжения на высоковольтном электроде (4) в точке А подсоединяется высоковольтный пробник 1:1000, сигнал которого подается на цифровой запоминающий осциллограф. Для измерения тока в цепи напряжение в точке В подается на осциллограф. К другим каналам осциллографа подаются сигнал генератора G, а также синхронный импульс экспозиции скоростной цифровой видеокамеры (8).

Для визуализации происходящих процессов используются фоновая подсветка (лампа накаливания (7)) и видеокамера (8), между которыми расположена емкость (1). Объектив видеокамеры фокусируется на плоскость, содержащую ось электродов. Предварительно в жидкостях создается электрический пробой по механизму, описанному в [35–37]. В результате этого в межэлектродной области в масле появляются мелкие (около 50 мкм) капли воды (9). Поскольку глубина резкости объектива относительно невелика, те капли, которые находятся вблизи прямой, содержащей ось электродов, видны в виде темных кругов (рис. 2). Те капли, что находятся дальше от этой прямой, т. е. вне глубины резкости объ-

ектива, видны в виде нечетких колец или полуколец (рис. 3). После того, как в межэлектродном пространстве созданы капли воды,

между электродами создается разность потенциалов, что приводит к их деформации и деформации (рис. 3).

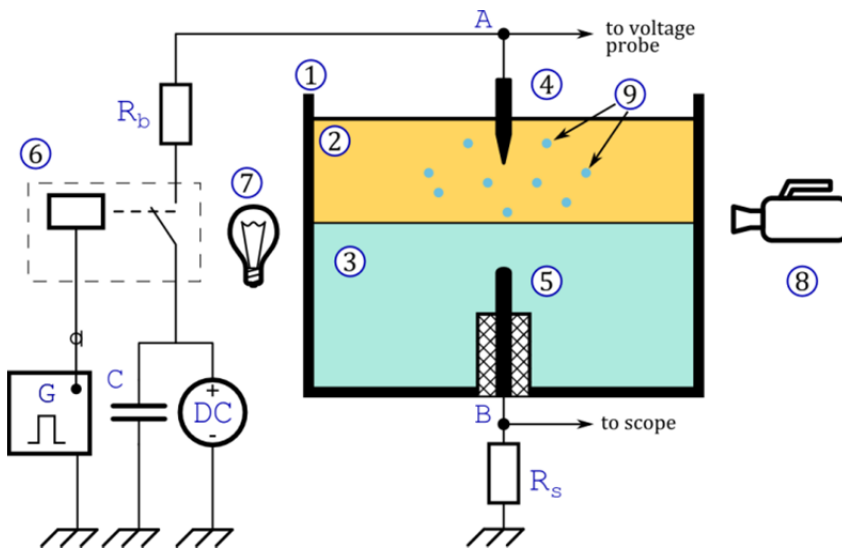


Рис. 1. Схема экспериментальной установки

Математическая модель

Задача моделируется в осесимметричной постановке. Предполагается, что электродная система погружена в цилиндр диаметром 80 мм, равным стороне экспериментальной ячейки. Острие электрода, погруженного в масло, находится на расстоянии 3 мм от межфазной границы, общая толщина масляного слоя составляет 15 мм, расстояние от поверхности штыревого электрода до межфазной границы составляет также 3 мм. Диаметр цилиндрической части заостренного электрода составляет 1 мм, цилиндрического электрода – 1,8 мм. Радиус скругления вершины иглы составляет 70 мкм. Свойства материалов, заполняющих расчетные подобласти: вода с относительной диэлектрической проницаемостью $\epsilon_w = 78$, трансформаторное масло с $\epsilon_o = 2$. Жидкости считаются идеальными диэлектриками, поэтому используется электростатическое приближение, описываемое следующей системой уравнений:

$$\begin{aligned}\vec{E} &= -\nabla V, \\ \vec{D} &= \epsilon \vec{E}, \\ \nabla \cdot \vec{D} &= \rho_v,\end{aligned}$$

где \vec{E} – вектор напряженности электрического поля, V – электростатический потенциал, \vec{D} – вектор электрической индукции, ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость среды, ρ_v – объемная плотность зарядов.

Пространственная дискретизация системы уравнений осуществляется на основе метода конечных элементов. Интерполяция значений в ячейках проводится с помощью полиномов Лагранжа второго порядка. На границах задаются следующие условия: 1) условие осевой симметрии, 2) на поверхности заостренного электрода задается высоковольтный потенциал $V_0 = 20$ кВ, 3) нулевой заряд ($\vec{n} \cdot \vec{D} = 0$), 4) на поверхности цилиндрического электрода задается нулевой потенциал (заземление). Расчетная область покрывается треугольной сеткой с измельчением вблизи высоковольтного электрода для наилучшего разрешения высоких значений напряженности. В объеме среды максимальный размер элемента составляет 1 мм, минимальный размер – 10 мкм. Размер элементов на границе высоковольтного электрода не превышает 10 мкм. Общее количество элементов сетки составляет 505516 ячеек. Относительный допуск итерационного решателя составляет 0,001. Ввиду малости размеров капель по сравнению с величиной

разрядного промежутка, расчет электрического поля не учитывает их присутствия.

Результаты и обсуждение

На рисунке 2 представлено изображение разрядного промежутка и видимой части электродов до подачи импульса напряжения. Капли воды, которые выступают в качестве будущих трассеров линий напряженности электрического поля, выглядят как темные круги в верхней половине изображения, занимаемом трансформаторным маслом. Темная полоса, примыкающая к границе раздела вода-масло, является тенью мениска воды, возникающего на стенке разрядной ячейки на стадии получения капель с помощью электрического пробоя этого же промежутка. Несоосность электродов, видимая на фотографии, связана только с различием коэффициентов преломления воды и масла и установленным углом зрения камеры. Перед экспериментом соосность проверяется непосредственным касанием двух электродов на их оси.

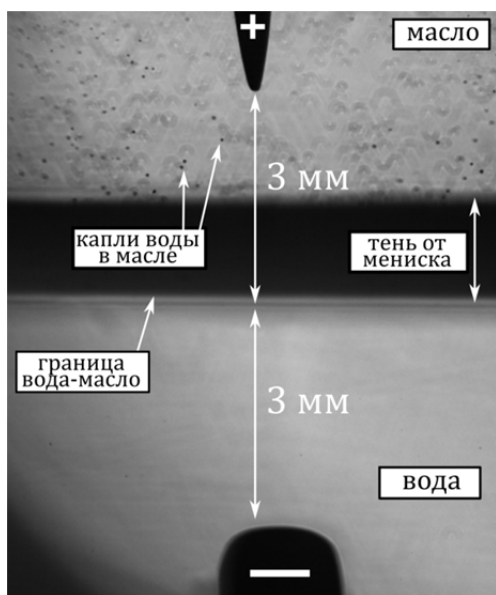


Рис. 2. Вид разрядного промежутка до подачи импульса напряжения

Выводы

Предложен метод визуализации линий напряженности импульсного электрического

На рисунке 3 представлены изображения капли воды до и в конце подачи импульса напряжения. Изначально сферические капли (верхний рисунок, 0 мкс) начинают деформироваться под действием внешнего электрического поля: происходит их растяжение вдоль линий напряженности. Визуализация линий напряженности становится еще более наглядной для капель, на полюсах которых образуются остроконечные вершины, испускающие мелкие капли. Так, например, капля 1 на рисунке 3 к моменту окончания импульса практически полностью распалась на два облака мелких капель в стороны высоковольтного и заземленного электродов за счет нахождения в области более сильного поля по сравнению с каплями 2 и 3. Капля 2 также испытывает дробление, но за счет большей удаленности от электрода, в большей степени происходит вытяжение капли и в меньшей – распыление, что благоприятно сказывается на качестве визуализации линий напряженности. Сравнение с расчетной картиной линий напряженности, приведенное в нижней части рисунка 3, говорит о хорошем совпадении хода линий с направлением деформации и распыления капель.

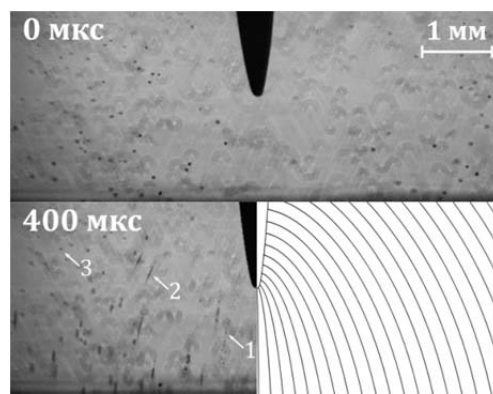


Рис. 3. Деформация и распыление капель воды, распределенных в масле, под действием импульса напряжения амплитудой 20 кВ и длительностью 400 мкс (моменты 0 и 400 мкс). Вторая половина нижнего изображения дополнена расчетной картиной линий напряженности электрического поля, полученной при параметрах эксперимента

поля в диэлектрической жидкости, состоящий в наблюдении за направлением деформации и распыления капель второй жидкости, помещенных в первую. Метод апробирован на кап-

лях воды, помещенных в трансформаторное масло, при импульсной подаче напряжения на высоковольтный электрод в виде иглы. При использовании капель в качестве трассеров, время отклика капель на внешнее поле и их заметной деформации составляет всего 100 мкс в условиях рассмотренного эксперимента. Возможность дробления капель снижает требования к плотности засева трассирующих частиц, а также дает возможность их локального позиционирования в интересующей области. При снижении плотности засева уменьшается влияние на электрическую прочность среды, что снижает вероятность частичных пробоев при диагностике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Rayleigh L.* / *Philos Mag.* 1882. Vol. 14. № 87. P. 184–186.
2. *Sartor J. D.* / *Physics Today.* 1969. Vol. 22. № 8. P. 45–51.
3. *Bohr N., Wheeler J. A.* / *Physical Review.* 1939. Vol. 56. № 5. P. 426–450.
4. *Taflin D. C., Ward T. L., Davis E. J.* / *Langmuir.* 1989. Vol. 5. № 2. P. 376–384.
5. *Zeleny J.* / *Physical Review.* 1917. Vol. 10. № 1. P. 1–6.
6. *Wilson C. T. R., Taylor G. I.* / *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society.* 1925. Vol. 22. № 5. P. 728–730.
7. *Nolan J.* / *Proc R Ir Acad Sect A.* 1926. Vol. 37. P. 28–39.
8. *Macky W.* / *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Containing Papers of a Mathematical and Physical Character.* 1931. Vol. 133. № 822. P. 565–587.
9. *Taylor G.* / *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences.* 1964. Vol. 280. № 1382. P. 383–397.
10. *Collins R. T., Jones J. J., Harris M. T., Basaran O. A.* / *Nature Physics.* 2007. Vol. 4. № 2. P. 149–154.
11. *Cloupeau M., Prunet-Foch B.* / *Journal of Electrostatics.* 1989. Vol. 22. № 2. P. 135–159.
12. *Fenn J. B., Mann M., Meng C. K., Wong S. F., Whitehouse C. M.* / *Science.* 1989. Vol. 246. № 4926. P. 64–71.
13. *Brazier-Smith P. R., Jennings S. L. J.* / *Q J R Meteorol Soc.* 1973. Vol. 99. № 422. P. 776–786.
14. *Lee D.-Y., Shin Y.-S., Park S.-E., Yu T.-U., Hwang J.* / *Applied Physics Letters.* 2007. Vol. 90. № 8. P. 081905.
15. *Taylor G. I.* / *Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences.* 1966. Vol. 291. № 1425. P. 159–166.
16. *Melcher J. R., Taylor G. I.* / *Annual Review of Fluid Mechanics.* 1969. Vol. 1. № 1. P. 111–146.
17. *Saville D. A.* / *Annual Review of Fluid Mechanics.* 1997. Vol. 29. № 1. P. 27–64.
18. *Zholkovskij E. K., Masliyeh J. H., Czarnecki J.* / *Journal of Fluid Mechanics.* 2002. Vol. 472. P. 1–27.
19. *Schnitzer O., Yariv E.* / *Journal of Fluid Mechanics.* 2015. Vol. 773. P. 1–33.
20. *Bazant M. Z.* / *Journal of Fluid Mechanics.* 2015. Vol. 782. P. 1–4.
21. *Mori Y., Young Y.-N.* / *Journal of Fluid Mechanics.* 2018. Vol. 855. P. 67–130.
22. *Geng H., Feng J., Stabryla L. M., Cho S. K.* / *Lab on a Chip.* 2017. Vol. 17. № 6. P. 1060–1068.
23. *Jia Y., Ren Y., Hou L., Liu W., Deng X., Jiang H.* / *Small.* 2017. Vol. 13. № 46. P. 1702188.
24. *Loscertales I. G., Barrero A., Guerrero I., Cortijo R., Marquez M., Gañán-Calvo A. M.* / *Science.* 2002. Vol. 295. № 5560. P. 1695–1698.
25. *Song R., Abbasi M. S., Lee J.* / *Microfluidics and Nanofluidics.* 2019. Vol. 23. № 7. P. 92.
26. *Tucker-Schwartz A. K., Bei Z., Garrell R. L., Jones T. B.* / *Langmuir.* 2010. Vol. 26. № 24. P. 18606–18611.
27. *Xie J., Jiang J., Davoodi P., Srinivasan M., Wang C.-H.* / *Chemical Engineering Science.* 2015. Vol. 125. P. 32–57.
28. *Bhaumik S. K., Roy R., Chakraborty S., Das-Gupta S.* / *Sensors and Actuators B: Chemical.* 2014. Vol. 193. P. 288–293.
29. *Wehking J. D., Kumar R.* / *Lab on a Chip.* 2015. Vol. 15. № 3. P. 793–801.
30. *Xi H.-D., Guo W., Leniart M., Chong Z. Z., Tan S. H.* / *Lab on a Chip.* 2016. Vol. 16. № 16. P. 2982–2986.
31. *Guan X., Hou L., Ren Y., Deng X., Lang Q., Jia Y., Hu Q., Tao Y., Liu J., Jiang H.* / *Biomicrofluidics.* 2016. Vol. 10. № 3. P. 034111.
32. *Huo M., Guo Y.* / *Polymers.* 2020. Vol. 12. № 2. P. 335.
33. *Lecuyer S., Ristenpart W. D., Vincent O., Stone H. A.* / *Applied Physics Letters.* 2008. Vol. 92. № 10. P. 104105.
34. *Nguyen V. D., Byun D.* / *Applied Physics Letters.* 2009. Vol. 94. № 17. P. 173509.
35. *Panov V. A., Kulikov Yu. M., Vetchinin S. P., Pecherkin V. Ya., Vasilyak L. M.* / *Plasma Sources Sci. Technol.* 2023. Vol. 32. P. 095020.
36. *Панов В. А., Василяк Л. М., Печеркин В. Я., Ветчинин С. П., Куликов Ю. М.* / *Прикладная физика.* 2022. № 4. С. 5–10.
37. *Панов В. А., Куликов Ю. М., Печеркин В. Я., Василяк Л. М., Савельев А. С.* / *Прикладная физика.* 2023. № 6. С. 5–10.

Method of visualization of electric field lines in liquid based on electrohydrodynamic spraying of droplets

V. A. Panov*, A. S. Saveliev and Yu. M. Kulikov

Joint Institute for High Temperatures of Russian Academy of Sciences, Moscow 125412 Russia

*E-mail: panovvladislav@gmail.com

Received 10.03.2025; revised 2.04.2025; accepted 7.04.2025

Despite the development of numerical methods that allow calculating the spatial characteristics of electromagnetic fields in high-voltage oil-filled equipment, an urgent task is the experimental verification of the obtained results. In this paper, a method for visualizing the lines of electric field intensity in a dielectric based on the EHD destruction of small droplets is proposed. The advantage of the method is a significantly lower seeding density of tracers compared to solid particles, which reduces the influence of the dispersed phase on the emerging EHD flow and the electrical strength of the medium. The proposed approach allows the introduction of destructible droplets-tracers into individual areas of study, including the area of lower potential values, which reduces the likelihood of partial breakdowns during diagnostics. The effectiveness of the approach is confirmed by comparing the experimental visualization data with the calculation results.

Keywords: electric field lines; visualization; high-voltage oil-filled equipment; EHD spraying; Taylor cone; droplets; water.

REFERENCES

1. Rayleigh L., Philos Mag **14** (87), 184–186 (1882).
2. Sartor J. D., Physics Today **22** (8), 45–51 (1969).
3. Bohr N. and Wheeler J. A., Physical Review **56** (5), 426–450 (1939).
4. Taflin D. C., Ward T. L. and Davis E. J., Langmuir **5** (2), 376–384 (1989).
5. Zeleny J., Physical Review **10** (1), 1–6 (1917).
6. Wilson C. T. R. and Taylor G. I., Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society **22** (5), 728–730 (1925).
7. Nolan J., Proc R Ir Acad Sect A **37**, 28–39 (1926).
8. Macky W., Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Containing Papers of a Mathematical and Physical Character **133** (822), 565–587 (1931).
9. Taylor G., Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences **280** (1382), 383–397 (1964).
10. Collins R. T., Jones J. J., Harris M. T. and Basaran O. A., Nature Physics **4** (2), 149–154 (2007).
11. Cloupeau M. and Prunet-Foch B., Journal of Electrostatics **22** (2), 135–159 (1989).
12. Fenn J. B., Mann M., Meng C. K., Wong S. F. and Whitehouse C. M., Science **246** (4926), 64–71 (1989).
13. Brazier-Smith P. R. and Jennings S. L. J., Q J R Meteorol Soc **99** (422), 776–786 (1973).
14. Lee D.-Y., Shin Y.-S., Park S.-E., Yu T.-U. and Hwang J., Applied Physics Letters **90** (8), 081905 (2007).
15. Taylor G. I., Proceedings of the Royal Society of London. Series A. Mathematical and Physical Sciences **291** (1425), 159–166 (1966).
16. Melcher J. R. and Taylor G. I., Annual Review of Fluid Mechanics **1** (1), 111–146 (1969).
17. Saville D. A., Annual Review of Fluid Mechanics **29** (1), 27–64 (1997).
18. Zholkovskij E. K., Masliyeh J. H. and Czarniecki J., Journal of Fluid Mechanics **472**, 1–27 (2002).
19. Schnitzer O. and Yariv E., Journal of Fluid Mechanics **773**, 1–33 (2015).
20. Bazant M. Z., Journal of Fluid Mechanics **782**, 1–4 (2015).
21. Mori Y. and Young Y.-N., Journal of Fluid Mechanics **855**, 67–130 (2018).
22. Geng H., Feng J., Stabryla L. M. and Cho S. K., Lab on a Chip **17** (6), 1060–1068 (2017).
23. Jia Y., Ren Y., Hou L., Liu W., Deng X. and Jiang H., Small **13** (46), 1702188 (2017).

24. Loscertales I. G., Barrero A., Guerrero I., Cortijo R., Marquez M. and Gañán-Calvo A. M., *Science* **295** (5560), 1695–1698 (2002).
25. Song R., Abbasi M. S. and Lee J., *Microfluidics and Nanofluidics* **23** (7), 92 (2019).
26. Tucker-Schwartz A. K., Bei Z., Garrell R. L. and Jones T. B., *Langmuir* **26** (24), 18606–18611 (2010).
27. Xie J., Jiang J., Davoodi P., Srinivasan M. and Wang C.-H., *Chemical Engineering Science* **125**, 32–57 (2015).
28. Bhaumik S. K., Roy R., Chakraborty S. and DasGupta S., *Sensors and Actuators B: Chemical* **193**, 288–293 (2014).
29. Wehking J. D. and Kumar R., *Lab on a Chip* **15** (3), 793–801 (2015).
30. Xi H.-D., Guo W., Leniart M., Chong Z. Z. and Tan S. H., *Lab on a Chip* **16** (16), 2982–2986 (2016).
31. Guan X., Hou L., Ren Y., Deng X., Lang Q., Jia Y., Hu Q., Tao Y., Liu J. and Jiang H., *Biomicrofluidics* **10** (3), 034111 (2016).
32. Huo M. and Guo Y., *Polymers* **12** (2), 335 (2020).
33. Lecuyer S., Ristenpart W. D., Vincent O. and Stone H. A., *Applied Physics Letters* **92** (10), 104105 (2008).
34. Nguyen V. D. and Byun D., *Applied Physics Letters* **94** (17), 173509 (2009).
35. Panov V. A., Kulikov Yu. M., Vetchinin S. P., Pecherkin V. Ya. and Vasilyak L. M., *Plasma Sources Sci. Technol.* **32**, 095020 (2023).
36. Panov V. A., Vasilyak L. M., Pecherkin V. Ya., Vetchinin S. P. and Kulikov Yu. M., *Applied Physics*, № 4, 5–10 (2022) [in Russian].
37. Panov V. A., Kulikov Yu. M., Pecherkin V. Ya., Vasilyak L. M. and Saveliev A. S., *Applied Physics*, № 6, 5–10 (2023) [in Russian].

Об авторах

Панов Владислав Александрович, старший научный сотрудник, к.ф.-м.н., Объединенный институт высоких температур РАН (125412, Россия, Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2). E-mail: panovvladislav@gmail.com. SPIN-код РИНЦ 5821-2776, Author ID 755538

Савельев Андрей Сергеевич, старший научный сотрудник, к.ф.-м.н., Объединенный институт высоких температур РАН (125412, Россия, Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2). E-mail: fisteh@mail.ru. SPIN-код РИНЦ 6888-7369, Author ID 866343

Куликов Юрий Матвеевич, старший научный сотрудник, к.ф.-м.н., Объединенный институт высоких температур РАН (125412, Россия, Москва, ул. Ижорская, д. 13, стр. 2). E-mail: kulikov-yurii@yandex.ru. SPIN-код РИНЦ 7719-8459, Author ID 1130937