

Швейгерт Ирина Вячеславовна, д.ф.-м.н., ведущий научный сотрудник, лаб. 7

Институт теоретической и прикладной механики им. С. А. Христиановича СО РАН,
Новосибирск, Россия

ischweig@itam.nsc.ru

Аннотация

Проведено исследование электрофизических параметров холодных гелиевых плазменных струй трехканального источника, инициированных синусоидальным или положительным импульсным напряжением. Показано, что только импульсный тип возбуждения обеспечивает синхронную и устойчивую генерацию стримеров во всех каналах, необходимую для создания масштабируемых многоканальных источников.

Отчёт о проделанной работе

Тема работы. **Особенности генерации атмосферных плазменных струй многоканальным источником для противоопухолевой терапии**

2. СОСТАВ КОЛЛЕКТИВА:

Руководитель: Швейгерт Ирина Вячеславовна, внс ИТПМ СО РАН, д.ф.-м.н., трудовой договор

Ответственный исполнитель: Закревский Дмитрий Эдуардович, внс ИФП СО РАН, д.ф.-м.н., трудовой договор

Ответственный исполнитель: Коваль Ольга Александровна, д.б.н., внс, ИХБФМ СО РАН, трудовой договор

Гугин Павел Павлович, нс ИФП СО РАН, к.ф.-м.н., трудовой договор

Милахина Елена Васильевна, аспирант НГТУ, инженер ИФП СО РАН, трудовой договор

Бирюков Михаил Михайлович, н.с., ИХБФМ СО РАН трудовой договор

Полякова Алина Александровна, аспирант, ИХБФМ СО РАН трудовой договор

3. Финансовая поддержка. Международный ФЦП проект, № 075-15-2025-648.
Руководитель Швейгерт И.В.

4. Научное содержание работы:

Целью данной работы было исследование функциональных характеристик 3-х канального источника холодных гелиевых плазменных струй при атмосферном давлении. Показано, что при инициировании 3-ХПС положительным импульсным напряжением с $U = 3 - 4.2$ кВ и $f = 30$ кГц формирование и распространение стримеров происходит синхронно во всех диэлектрических каналах, причем уменьшение расстояния между осями каналов от 5 см до 1.5 см незначительно влияет на характеристики струй. Напротив, при синусоидальном типе возбуждения 3-ХПС распространение стримеров в трех каналах становится нерегулярным, и часть стримеров не достигает поверхности объекта воздействия.

Результаты численного моделирования показали, что этот эффект объясняется повышением фоновой концентрации плазмы за счет дополнительной ионизацией во время отрицательной фазы синусоидального напряжения. Процессы рекомбинации и диффузионно-дрейфовый уход заряженных частиц за временной промежуток между импульсами не успевают понизить концентрацию плазмы до уровня необходимого для распространения стримеров в каждом импульсе напряжения. Динамика прохождения стримеров до поверхности объекта зависит от фоновой концентрацией плазмы и меняется в зависимости от U и f_U .

На основе численного моделирования проведена оценка площади воздействия холодной плазменной струи. Показано, что за счет неоднородного распределения поверхностного заряда, аккумулированного при взаимодействии плазмы с диэлектрической поверхностью, возникает электрическое поле, направленное тангенциально к поверхности, и стример продолжает двигаться вдоль поверхности, увеличивая площадь воздействия ХПС.

5. Эффект от использования кластера в достижении целей работы:

В ходе выполнения проекта оптимизация работы плазменного источника была проведена на основе численного моделирования на кластере ИВЦ НГУ.

6. Перечень публикаций, содержащих результаты работы

1. И. В. Швейгерт, Д. Э. Закревский, П. П. Гугин, Е. В. Милахина, М. М. Бирюков, А. А. Полякова, О. А. Коваль. Особенности генерации атмосферных плазменных струй многоканальным источником для противоопухолевой терапии. Известия РАН. Серия физическая, принята в печать. 2026
2. M.Biryukov, A.Polyakova, M.Zhilnikova, E.Milakhina, P.Gugin, R. Wang, D. Zakrevsky, I. Schweigert, O. Koval, Low-Dose Cold Atmospheric Plasma Enables siRNA Penetration and Alters EGFR Membrane Distribution in Adenocarcinoma Cells Plasma Medicine, 16(1):1 – 16 (2026) DOI:10.1615/PlasmaMed.2026065079 (RSCI, Web of Science Core Collection, Scopus)
3. Патент на изобретение №2870165 «Установка генерации холодной плазменной струи для биомедицинских приложений». Закревский Д.Э., Гугин П.П., Милахина Е.В., Швейгерт И.В. 16 сентября 2026 г.
4. ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ХОЛОДНОЙ ПЛАЗМЕННОЙ СТРУИ В ГЕЛИИ И АРГОНЕ. Милахина Е.В., Гугин П.П., Закревский Д.Э., Швейгерт И.В., Бирюков М.М., Патракова Е.А., Коваль О.А. Журнал технической физики. 2024. Т. 94. № 5. С. 727-736.