

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ

УДК 533.9.08

DOI: 10.17223/00213411/63/1/128

*В.П. ДЕМКИН, С.В. МЕЛЬНИЧУК, А.В. ПОСТНИКОВ***ЧИСЛЕННЫЙ РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ И ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЛАЗМЫ ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА В КИСЛОРОДЕ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ, ФОРМИРУЕМОЙ ПОСЛЕ ИСКРОВОГО ПРОБОЯ ***

Приведены результаты численных расчетов методом конечных элементов пространственно-временной динамики электрофизических и термодинамических характеристик плазмы кислорода атмосферного давления после искрового пробоя в газоразрядном зазоре 1 мм. При расчетах использовалась двумерная аксиально-симметричная модель плазмы в дрейф-диффузионном приближении, а также уравнения Навье – Стокса и теплопроводности. Характеристики разряда рассчитывались без учета и с учетом нагрева плазмы для различных параметров электрической цепи. Показано, что при напряжении пробоя 3500 В и разогреве плазмы развитие разряда приводит к формированию локализованного в конечном объеме стационарного самостоятельного разряда постоянного тока. Проведен сравнительный анализ влияния электроотрицательных свойств газа и разогрева плазмы на пространственно-временную динамику электрофизических и термодинамических характеристик разряда.

Ключевые слова: плазма атмосферного давления, тлеющий разряд, численное моделирование плазмы, электроотрицательный газ, переход искры в тлеющий разряд, биомедицинские приложения.

Введение

Применение низкотемпературной газоразрядной плазмы при атмосферном давлении в медицине дало развитие нового направления – плазменная медицина, которое в настоящее время широко применяется в различных областях медицинских исследований и клинической практике. Бактерицидные свойства плазмы широко используются для стерилизации медицинского инструментария, заживления ран, коагуляции крови, лечения инфекционных заболеваний кожи [1, 2]. Биологически активные частицы, генерируемые в плазме: электроны, положительные и отрицательные ионы, химически активные кислород- и азотсодержащие соединения (ROS) и (RNS), коротковолновое излучение, являются источниками химических процессов и дальнейшей последовательности биохимических реакций в живых биологических тканях и клетках, ускоряющих терапевтические эффекты при лечении внутренних болезней [3].

Образование биологически активных частиц, их концентрация и пространственное распределение, а следовательно, и их взаимодействие с живыми тканевыми и клеточными структурами зависят от метода генерации плазмы, способов ее доставки к биологическим поверхностям и доз их обработки плазмой. Следовательно, биологическое воздействие плазмы в каждом случае требует установления контролируемых условий и режима горения разряда, а также состава несущего газа, обеспечивающих терапевтический эффект плазмы и минимизацию рисков влияния вредных для здоровья факторов. Создание такого рода источников требует глубокого понимания физики низкотемпературной неравновесной плазмы.

Наиболее распространенными источниками плазмы в биомедицинских приложениях являются приборы, разработанные на основе неравновесной газоразрядной плазмы, получаемой в атмосферном газе в дуговых, искровых и ВЧ-плазмотронах, а также в разрядах с диэлектрическим барьером [4].

В работах [5, 6] предложен новый источник плазмы на основе нестационарного слаботокового электроискрового плазмотрона. Применение источников плазмы на основе тлеющего разряда с использованием для его поддержания искрового разряда дает возможность получать плазменные струи с управляемыми концентрациями биологически активных частиц, что является перспективным в применении их для биомедицинских целей [7].

Использование плазменных технологий в биомедицине является одним из актуальных приложений физики плазмы. Особое внимание уделяется созданию газоразрядных источников, со-

* Работа выполнена в рамках Программы повышения конкурентоспособности ТГУ среди ведущих мировых научно-образовательных центров.

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала
«Известия высших учебных заведений. Физика»
осуществляется на платформе
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU
на платной основе:

<https://www.elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>