

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ПЛАЗМЫ В ПРОТЯЖЕННОМ ПОЛОМ АНОДЕ ИМПУЛЬСНОГО НЕСАМОСТОЯТЕЛЬНОГО ДУГОВОГО РАЗРЯДА*

С.С. Ковальский, В.В. Денисов, Е.В. Островерхов, А.О. Егоров, В.В. Яковлев

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

Исследованы физические особенности импульсного дугового разряда низкого (≈ 1 Па) давления с термоэмиссионным и полым катодами в атмосфере аргона. Показано, что импульсный разряд стабильно инициируется в протяженном полом аноде при повышенных (100–300 В) напряжениях горения, что позволяет достигать значений токов до 800 А с импульсной мощностью до нескольких десятков киловатт. Увеличение напряжения горения разряда приводит к снижению неоднородности распределения концентрации плазмы по высоте полого анода более, чем на порядок. Повышение значения индукции аксиального магнитного поля за счет увеличения тока магнитной катушки приводит к увеличению тока несамостоятельного дугового разряда при повышенном напряжении горения разряда.

Ключевые слова: *несамостоятельный дуговой разряд, импульсный разряд, полый анод, вольт-амперная характеристика, распределение концентрации плазмы.*

Введение

Развитие вакуумных технологий обработки поверхности материалов, получения тонких пленок стимулирует совершенствование методов и техники получения газо-металлических плазменных образований [1]. Очистка и травление поверхности на этапах химической активации поверхности, диффузионное насыщение поверхности различными элементами из газовой фазы [2], плазменно-ассистированное напыление покрытий эффективно реализуются при низком давлении с использованием источников газовой плазмы с полым катодом и/или полым анодом [3–5]. Высокопроизводительные установки для ионно-плазменной обработки поверхности изделий имеют вакуумные камеры со значительными вакуумными объемами, в которых генерация однородной плазмы является сложной научно-технической задачей. Классическим подходом для снижения степени неоднородности плазмы является использование большого количества источников газовой плазмы или их специальной протяженной конструкции [6]. В последние годы продемонстрировано, что при создании условий, способствующих повышению степени утилизации энергии ускоренных заряженных частиц, например, электронов в полом катоде тлеющего разряда низкого давления [7], можно значительно повысить мощность в разряде, концентрацию плазмы, что сопровождается снижением степени неоднородности распределения концентрации плазмы в вакуумном объеме. Организация условий, способствующих эффективной утилизации энергии заряженных частиц в объеме полого анода дугового разряда, является актуальной задачей вследствие широкой распространенности таких систем в промышленном производстве. В последние два десятилетия широкое распространение нашел источник газовой плазмы с термоэмиссионным и полым катодами «ПИНК» [8]. Традиционный режим работы подразумевает горение стационарного разряда в аргоне, азоте или смеси газов с током до 150 А при достаточно высокой степени неоднородности, составляющей до нескольких десятков процентов в объеме вакуумной камеры около 0.2 м³. Ситуация усугубляется при генерации плазмы в протяженных полых анодах. Повышение энергии электронов, ускоренных в прикатодном падении потенциала внутри полого катода источника газовой плазмы, за счет повышения напряжения горения разряда, переход к импульсному режиму горения разряда при сохранении той же средней мощности разряда могли бы способствовать улучшению условий утилизации энергии электронов в полом аноде и привести к снижению степени неоднородности газовой плазмы.

В работе изучены физические особенности формирования плазмы в протяженном полом аноде импульсного несамостоятельного дугового разряда. Проведено исследование характеристик

* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FWRM-2019-0002.

Уважаемые читатели!

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

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