

ОСОБЕННОСТИ ГЕНЕРАЦИИ ОДНОРОДНЫХ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ПУЧКОВО-ПЛАЗМЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ В ПРОТЯЖЕННОМ ПОЛОМ КАТОДЕ СИЛЬНОТОЧНОГО ТЛЕЮЩЕГО РАЗРЯДА*

Е.В. Островерхов, В.В. Денисов, Ю.А. Денисова, С.С. Ковальский, А.А. Леонов

Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия

Исследованы закономерности генерации газоразрядных пучково-плазменных образований, формируемых в сильноточном несамостоятельном тлеющем разряде при низком (≈ 1 Па) давлении в протяженном полом катоде с отношением длины к диаметру 2:1. Показано, что в системе с одним источником электронов, обеспечивающим инжекцию электронов в полый катод тлеющего разряда, наблюдается резкая неоднородность ($\approx 40\%$) распределения концентрации азотной плазмы. В катоде протяженной формы проблема неоднородности распределения концентрации плазмы решается с помощью двух источников электронов, обеспечивающих инжекцию электронов из вспомогательной электродуговой плазмы в полый катод тлеющего разряда. Использование двух источников электронов позволяет сформировать пучково-плазменные образования с неоднородностью не более 18%.

Ключевые слова: *тлеющий разряд с полым катодом, анод разряда, распределение концентрации плазмы, коэффициент неоднородности, поток электронов.*

Введение

Ресурсосбережение и экологичность являются важнейшими требованиями к технологиям в машиностроении, авиакосмической, автомобильной, инструментальной и других отраслях. Одними из наиболее экологичных являются электронно-ионно-плазменные методы модификации поверхности [1, 2]. Использование плазмы разрядов низкого давления позволяет проводить очистку, химическую активацию поверхности материалов, химико-термическую обработку [3] и плазменно-ассистированное напыление сверхтвердых и износостойких покрытий [4]. Совершенствование методов ионно-плазменной обработки активно проводится и на сегодняшний день. Особенно актуальны проблемы обеспечения однородной ионно-плазменной обработки крупногабаритных деталей или садов изделий в камерах относительно большого, более 0.1 м^3 , объема [5]. Однако в протяженных плазмодуговых генераторах появляются проблемы, связанные с неоднородностью распределения плазмы в объеме рабочей вакуумной камеры [6]. Для решения задач ионно-плазменной обработки крупногабаритных протяженных изделий весьма эффективен метод генерации плазмы в тлеющем разряде с полым катодом с внешней инжекцией электронов [7]. Комплексу требований для наиболее эффективной обработки поверхности металлов и сплавов удовлетворяют пучково-плазменные образования, генерируемые в сильноточном, до нескольких сотен ампер, несамостоятельном тлеющем разряде. Пучково-плазменные образования – это плазма, формируемая в газоразрядной электродной системе, в которую инжектируется пучок энергетических частиц и которая обеспечивает эффективную утилизацию большей части энергии этих частиц [8]. Благодаря энергии частиц, затрачиваемой на генерацию плазмы, характеристики как несамостоятельного разряда, так и условия генерации плазмы (пучково-плазменного образования) кардинально изменяются. Однако в подобной системе, например, несамостоятельном тлеющем разряде низкого давления с полым катодом, поддерживаемым инжекцией электронов из вспомогательного дугового разряда, представленным в [9], при использовании одного источника электронов неравномерность распределения концентрации плазмы не позволяет решать ряд практических задач ионно-плазменной обработки протяженных изделий. Проблема усугубляется в случае протяженной формы полого катода. Решить задачу повышения однородности пучково-плазменных образований в несамостоятельном тлеющем разряде низкого давления с цилиндрическим полым катодом, характеризующимся значительной величиной отношения длины к диаметру, можно, применив два и более источника электронов, расположенных друг против друга.

Цель данной работы – определение особенностей влияния условий горения несамостоятельного тлеющего разряда (рабочее давление, напряжение горения тлеющего разряда) и количества

* Исследования условий горения тлеющего разряда выполнены при финансовой поддержке проекта ФНИ FWRM-2019-0002. Исследования режимов азотирования деталей выполнены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 19-08-00370 А.

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>