

## ГЕНЕРАЦИЯ ПЛАЗМЫ В СИЛЬНОТОЧНОМ ТЛЕЮЩЕМ РАЗРЯДЕ С ПОЛЫМ ЦИЛИНДРИЧЕСКИМ КАТОДОМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДВУХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОНОВ\*

Е.В. Островерхов, В.В. Денисов, С.С. Ковальский

*Институт сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, Россия*

Получены экспериментальные распределения параметров плазмы в объеме полого катода сильноточного несамостоятельного тлеющего разряда низкого давления, поддерживаемого инжекцией электронов из одного и двух источников электронов, располагаемых на верхнем и нижнем основаниях цилиндрического полого катода. В качестве источника электронов используется плазменный источник на основе дугового разряда с интегрально холодным полым катодом. Исследуется возможность применения принципа суперпозиции для прогнозирования распределения концентрации плазмы в полом катоде сильноточного тлеющего разряда низкого давления с двумя источниками электронов. Измерены распределения параметров плазмы при токах дугового разряда 20 и 45 А и при токах тлеющего разряда до 200 А. При повышении токов дугового разряда примерно в 2 раза, с 20 до 45 А, точность выполнения принципа суперпозиции снижается. Максимальная степень неоднородности концентрации плазмы при включении двух источников электронов с токами 20 А в продольном направлении составила 25%, в радиальном – 52%, максимальное отклонение коэффициентов неоднородности для экспериментального распределения и распределения, полученного в результате сложения данных, полученных при раздельной работе источников электронов, составило 8%. При включении двух источников электронов с токами 45 А максимальная неоднородность в продольном направлении составила 8%, в радиальном – 34%, а максимальное отклонение коэффициентов неоднородности – 25%.

**Ключевые слова:** *тлеющий разряд, полый катод, источник электронов, распределение плазмы.*

### Введение

Ионно-плазменные методы обработки поверхности металлов и сплавов широко применяются в современной промышленности с целью азотирования, активации поверхности и нанесения износостойких покрытий. Ионно-плазменная обработка крупногабаритных протяженных изделий из металлов и сплавов накладывает определенные сложности по равномерной обработке поверхности. В используемой нами электродной системе для зажигания основного несамостоятельного сильноточного тлеющего разряда низкого давления в полом катоде большой площади используется инжекция электронов из вспомогательного дугового разряда через сеточный многоконусный электрод. Неравномерность обработки протяженных изделий связана с конструкцией электродной системы, в которой, как правило, инжекция заряженных частиц происходит из одной области, что создает неравномерность распределения извлекаемых частиц и неравномерность распределения плазмы тлеющего разряда. Применение нескольких инжекторов заряженных частиц в системе с несамостоятельным тлеющим разрядом с полым катодом большой площади встречается редко [1]. В предлагаемой электродной системе имеется возможность независимой регулировки тока и напряжения горения тлеющего разряда, рабочего давления в вакуумной камере, а также горения несамостоятельного тлеющего разряда в импульсном режиме, что позволит получить концентрацию плазмы на порядок выше по сравнению с самостоятельным тлеющим разрядом [2, 3]. При проектировании крупногабаритных систем требуется спрогнозировать распределение плазмы в объеме рабочей камеры. В случае проектирования и создания систем, в которых используются два и более источника электронов, требуется предварительное прогнозирование распределения концентрации плазмы в полом катоде.

В данной работе исследуется возможность применения принципа суперпозиции для прогнозирования распределения концентрации плазмы в полом катоде сильноточного тлеющего разряда низкого давления с двумя источниками электронов. Под принципом суперпозиции понимается соблюдение равенства экспериментально полученного распределения концентрации плазмы в полом катоде несамостоятельного тлеющего разряда при совместной работе двух и более источников электронов и алгебраической суммы распределений концентрации плазмы, полученных при раздельной работе источников электронов.

\* Исследования выполнены в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации по теме № FWRM-2022-0001.

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>