

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
Белорусский государственный университет  
информатики и радиоэлектроники

УДК 533.9.01

Божко  
Андрей Игоревич

Электрофизические характеристики импульсного тлеющего разряда с  
эффектом полого катода для плазмостимулированной обработки материалов

**Автореферат**

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-41 80 02 Технология и оборудование для производства  
полупроводников, материалов и приборов электронной техники

Научный руководитель  
Бордусов Сергей Валентинович  
д.т.н, профессор

Минск 2015

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире всё более актуальной становится задача внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий во всех отраслях машиностроения. Разработки в этом направлении идут уже на протяжении долгого времени и всё больший интерес в настоящее время приобретает область вакуумной ионно-плазменной обработки материалов. Применение методов ионно-плазменной обработки характеризуется большими технологическими возможностями по изменению физико-химических и механических свойств поверхности деталей из конструкционных материалов за счет их комплексной обработки: получения оптимальной структуры, фазового состава и степени легирования фаз. В частности, применение метода обработки плазмой тлеющего разряда с эффектом полого катода позволяет повысить температуру в зоне обработки изделия, расширить диапазон операционных параметров и номенклатуру обрабатываемых материалов, значительно повысить плотность плазмы при небольшом уровне средней мощности, а также сократить время обработки изделия. Кроме того, используя особенности горения разряда с полым катодом можно проводить модифицирование поверхности различных материалов, улучшая физико-механические характеристики поверхностных слоев и их служебные свойства до трех и более раз. Таким образом, вышеперечисленные особенности режима разряда с полым катодом позволяют переходить на новые ресурсосберегающие технологические процессы, причем область применения этих техпроцессов чрезвычайно широка.

Данная диссертация посвящена исследованию электрофизических характеристик импульсного тлеющего разряда с эффектом полого катода для плазмостимулированной обработки материалов. Целью работы является проведение исследований электрофизических характеристик импульсного тлеющего разряда с эффектом полого катода для плазмостимулированной обработки материалов.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Магистерская диссертация посвящена исследованию электрофизических характеристик импульсного тлеющего разряда с эффектом полого катода.

Применение методов ионно-плазменной обработки характеризуется большими технологическими возможностями по изменению физико-химических и механических свойств поверхности деталей, а особенности режима разряда с полым катодом позволяют переходить на новые ресурсосберегающие технологические процессы, причем область применения этих техпроцессов чрезвычайно широка. Изучение электрофизических характеристик импульсного тлеющего разряда с эффектом полого катода представляет научный и практический интерес.

Целью работы является исследование электрофизических характеристик импульсного тлеющего разряда с эффектом полого катода для использования в процессах плазмостимулированной обработки материалов.

В ходе работы решались следующие задачи: анализ физических особенностей возникновения разряда с эффектом полого катода; выявление тенденций развития технологических систем использующих в своей основе разряд с эффектом полого катода, а также методы технологического применения разряда с эффектом полого катода; компьютерное моделирование процесса разогрева кремниевой пластины с помощью катода планарного типа; экспериментальное изучение характеристик импульсного тлеющего разряда с эффектом полого катода, в частности: пробойных характеристик, распределение потенциала пространства над электродом-катодом планарного типа, а также температуры нагрева верхней пластины электрода-катода.

По теме диссертации опубликовано 2 печатные работы в период обучения в магистратуре трудах международных конференций: Международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов ФКС – XXIII (г. Гродно) и XIX Международной научно-технической конференции «Современные средства связи» (г. Минск).

По теме диссертации была представлена научная работа на XXI Республиканский конкурс научных работ студентов, где была отмечена первой категорией.

Материалы исследований использованы в НИР Центра 10.1 НИЧ БГУИР о чем имеется справка в приложении.

## КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Экспериментальные результаты показали, что разряд с эффектом полого катода может устойчиво поддерживаться при величинах амплитуд импульсов однополярного источника питания не более 600 В. Это означает что, для возбуждения разряда с эффектом полого катода нет необходимости использовать источники электрических импульсов с большими значениями напряжения на выходе.

Невысокие значения плазменного потенциала, наводимого над поверхностью разрядного электрода, указывают на возможность использовать такие разрядные системы при небольшом удалении от заземленных конструкций, находящихся внутри вакуумного подколпачного пространства.

Большие значения удельной электрической мощности, вкладываемой в разряд (до  $16 \text{ Вт/см}^3$ ) указывают на высокую степень ионизации плазмообразующего газа и позволяют сделать предположение о высокой химической активности данного типа разряда и возможности его применения в процессах формирования плазменных покрытий методом плазмостимулированного осаждения.

Разрядные системы использующие эффект полого катода могут быть применены для разогрева кремниевых пластин при проведении процессов обработки вне зоны основного (ВЧ или СВЧ) разряда.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполнения магистерской диссертации был проведен анализ научных публикаций, в котором рассмотрены физические особенности формирования разряда с эффектом полого катода, приведены конструктивные решения электроразрядных устройств для формирования разряда с эффектом полого катода и представлены примеры технологического применения тлеющего разряда с эффектом полого катода.

Проведены оценочный расчет температуры стенок планарного катода и моделирование процесса нагрева кремниевой пластины, которые указывают на возможность успешного технологического применения представленной в работе конструкции.

Экспериментально получены закономерности, описывающие пробойные характеристики разряда с эффектом полого катода, для плоскопараллельного катода и катода цилиндрического типа, установлены величины и характер распределения плазменного потенциала над верхней пластиной катода планарного типа, а также получены зависимости температуры нагрева планарного электрода катода от величины подводимой к разряду электрической мощности.

Результаты проведенных исследований позволяют выбрать технологические режимы для стабильного поддержания разряда с эффектом полого катода при использовании представленных конструкций в технологических целях, дают информацию о величине и характере распределения потенциала пространства над электродом–катодом.

Результаты исследований в процессе выполнения магистерской диссертации указывают на актуальность проведения дальнейших научных работ по изучению электрофизических характеристик импульсного тлеющего разряда с эффектом полого катода.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1] Бордусов С.В. Исследование влияния режимов импульсного электропитания на температуру плоской стенкিপолого катода планарного типа / С.В. Бордусов, А.И. Божко // Современные средства связи: материалы XIX Междунар. науч.-техн. конф., 14 – 15 окт. 2014 г, Минск, Респ. Беларусь ; редкол. : А.О. Зеневич [и др.]. – Минск : УО ВГКС, 2014. – С. 68-70.

[2] Божко, А.И. Влияние расстояния между стенками катода на условия возникновения тлеющего разряда с эффектом полого катода / А.И. Божко, М.С. Лушакова // Физика конденсированного состояния (ФКС – XXIII): Материалы XXIII Международной научно-практической конференции аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 16 апреля 2015 г. / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: В.Г. Барсуков [и др.]. – Гродно, 2015. – С. 152-153