

## **ОТЗЫВ**

**на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.27.02 «Вакуумная и плазменная электроника» Денисова Владимира Викторовича по теме «Генерация низкотемпературной плазмы в сильноточном несамостоятельном тлеющем разряде с полым катодом»**

Диссертационная работа посвящена актуальной задаче разработки плазменных систем и устройств для повышения эффективности процессов ионно-плазменной модификации поверхности металлических материалов по сравнению с традиционными методами. Из известных вариантов азотирования применение плазменных систем большого объема для реализации плазмохимических процессов оказывается наиболее эффективным, поскольку обеспечивает высокую однородность воздействия и скорость насыщения материала азотом. Применение систем с полым катодом для формирования плазмы в больших объемах и инжектирования электронов из дуговых разрядов для инициирования несамостоятельных тлеющих разрядов оправдано необходимостью достигать высоких токов ионов на обрабатываемой поверхности. Все это в совокупности обуславливает актуальность работы.

Представленная работа носит экспериментально-прикладной характер. В работе проведен комплекс экспериментальных исследований постоянного и импульсного режимов горения несамостоятельного тлеющего разряда низкого давления с полым катодом, а также использования такой плазмы для азотирования поверхности различных материалов.

Автором работы установлены условия устойчивого зажигания и горения тлеющего разряда с полым катодом в области низких давлений при токах разряда до нескольких сотен ампер. Определено влияние рабочих параметров и условий инжекции электронов с токами величиной до нескольких десятков ампер на однородность распределения концентрации плазмы. Определены преимущества использования плазмы импульсного несамостоятельного тлеющего разряда для азотирования металлических материалов.

Автором предложен и исследован способ азотирования титана ВТ1-0 в плазме импульсного тлеющего разряда. Экспериментально показана высокая эффективность такого способа обработки в сравнении с постоянным режимом горения разряда при одинаковых параметрах обработки (температура, время, давление и средняя плотность ионного тока).

На основе проведенных исследований при участии автора создан генератор низкотемпературной плазмы инертных и реактивных газов на основе несамостоятельного тлеющего разряда низкого давления с полым катодом с параметрами (объем камеры и рабочие токи разряда), позволяющими разрабатывать промышленные технологии азотирования.

Достоверность результатов обусловлена комплексным подходом к анализу результатов и применением известных методов исследования плазмы и плазмохимических процессов.

Замечания по диссертации.

1. В автореферате не приведены характеристики управления разрядом (аналоги эмиссионных и вольтамперных характеристик), которые необходимы для анализа технологической применимости подобных устройств.

2. При анализе механизмов сеточной стабилизации не приводятся данные о толщине сетки, тогда как этот параметр может быть определяющим в определении механизма стабилизации и выборе способа управления рабочим током генератора (концентрацией плазмы) в совокупности с другими параметрами (прозрачность сетки и давление).

3. В автореферате недостаточно освещены вопросы воздействия разряда на структуру и свойства обработанных материалов, не приведена информация о методике определения износостойкости образцов, а также вида контртела. Поскольку предполагается использовать полученные результаты для разработки технологии поверхностного упрочнения реальных изделий из титановых сплавов, то исследования износостойкости целесообразно проводить по сравнению с образцами после традиционных методов упрочнения, например, хромирования, а не с материалами в состоянии поставки.

Приведенные замечания не затрагивают основных положений и выводов, содержащихся в диссертации. Автореферат диссертации хорошо представляет содержание диссертационной работы, которая выполнена на высоком научном уровне, отвечает требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, и заслуживает положительной оценки, а В.В. Денисов – присуждения искомой степени кандидата технических наук.

Директор Государственного научного учреждения

«Физико-технический институт НАН Беларуси»,

д.ф.-м.н., доцент

Залесский Виталий Геннадьевич

Начальник отдела электронно-лучевых технологий и физики плазмы

Государственного научного учреждения «Физико-технический институт НАН

Беларуси», д.т.н., доцент

Поболь Игорь Леонидович

Адрес: 220141 Минск, ул. Купревича, 10,

тел.: (+375 17) 369 76 93, e-mail: phti@belhost.by