

ОТЗЫВ

научного руководителя, доктора физико-математических наук, профессора Кривобокова Валерия Павловича о диссертации Сиделёва Дмитрия Владимировича на тему «Осаждение покрытий из хрома и никеля с помощью магнетронного диода с «горячей» мишенью», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Сиделёв Дмитрий Владимирович, 1991 года рождения, окончил в 2014 году магистратуру Национального исследовательского Томского политехнического университета (далее – ТПУ) по направлению 223200 «Техническая физика». С этого момента по настоящее время работает в ТПУ, в должности инженера и ассистента. В 2014 году поступил в аспирантуру ТПУ по направлению подготовки 03.06.01 – физика и астрономия. Окончил её в июне 2018 года.

Диссертационным исследованием активно занимается с 2014 г. За это время он проделал большой цикл экспериментальных и теоретических работ по изучению процессов осаждения металлических плёнок с помощью магнетронных распылительных систем (МРС). Показал себя как высококвалифицированный специалист в области технологий модификации поверхности твёрдого тела с помощью низкотемпературной плазмы. Умеет ставить и решать сложные научные задачи. В процессе подготовки диссертации опубликовал 7 статей в российских и зарубежных рецензируемых журналах. Выступал с докладами на семи российских и международных конференциях.

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа посвящена изучению процессов осаждения покрытий из хрома и никеля с помощью МРС с «горячей» (нагретой) мишенью. Необходимость исследования данного вопроса вызвана следующими причинами.

1. МРС, выполненные по классической схеме, очень удобны для практического использования, но имеют невысокую скорость осаждения (не более 10 нм/с).
 2. Покрытия из хрома и никеля очень широко распространены во многих отраслях промышленности (защита металлов от коррозии, осаждение адгезионных, барьерных, электропроводных покрытий и т.д.).
 3. Существуют технологические трудности при осаждении ферромагнитных материалов, в частности, никеля. Мишень ослабляет магнитное поле магнетрона, что приводит к снижению мощности разряда, необходимости повышения рабочего давления в камере, включения дополнительных систем контроля параметров осаждения покрытий в технологический процесс.
 4. Магнетронные диоды с «горячей» мишенью могут быть эффективны для решения вышеуказанных проблем, но их конструкции и характеристики ранее исследовались недостаточно. Кроме того, слабо изучены закономерности формирования металлических покрытий и их свойств при распылении «горячей» мишени.
- Поэтому тема диссертации весьма актуальна для технологий плазменной обработки поверхности твёрдого тела.

Содержание работы, её научная новизна, обоснованность, достоверность научных положений, выводов и рекомендаций

Разработка МРС для скоростного осаждения покрытий из хрома и никеля с перспективой её применения в условиях промышленного производства потребовала сформулировать и решить несколько задач, которые стали основой защищаемой диссертации. Предстояло исследовать:

- баланс энергии на поверхности мишени МРС;
- особенности работы магнетронных диодов с «горячей» мишенью;
- влияние температуры мишени на скорость осаждения покрытий;
- структурные особенности, морфологию поверхности, элементный состав и функциональные свойства покрытий из хрома и никеля.

В результате выполнения этой работы необходимо было установить закономерности процесса осаждения покрытий и формирования их структурных и функциональных свойств при магнетронном распылении «горячей» мишени.

Мне представляется, что Дмитрий Владимирович успешно справился с этой работой. Приведённые в диссертации материалы подробно отражают свойства МРС с «горячей» мишенью, технологические особенности их работы и зависимость свойств покрытий от параметров их осаждения.

Результаты исследований содержат научную новизну. Это видно из анализа публикаций автора и отзывов ведущих специалистов.

Достоверность выводов и защищаемых положений основана на том, что они соответствуют современным представлениям о физике газового разряда, результатам, полученным в процессе выполнения работы, взаимно дополняют друг друга и не противоречат данным других авторов.

Кроме того, хотелось бы отметить, что на основе материалов, представленных в диссертации, автором были созданы и внедрены в практику лабораторных исследований несколько образцов МРС с «горячей» мишенью, которые являются прототипами промышленных изделий. Их высокая эффективность подтвердила корректность использованной научной концепции, положенной в основу диссертационной работы.

Значимость результатов для науки и производства

Научная значимость диссертации состоит в том, что получен ряд результатов, расширяющих наши представления о процессах формирования металлических покрытий из плазмы магнетрона с «горячей» мишенью.

1. Получены новые данные о влиянии температуры мишени на процесс осаждения плёнок металлов.
2. Обнаружено, что определяющую роль в формировании баланса энергии на подложке приобретает поток теплового излучения с поверхности «горячей» хромовой мишени.
3. Осаждаемые с помощью МРС с «горячей» мишенью хромовые и никелевые плёнки обладают меньшим количеством структурных дефектов, более низкими показателями твёрдости, а их коррозионная стойкость на порядок выше.

Практическая значимость работы состоит в том, что автору удалось решить несколько задач, значительно расширяющих перспективы применения МРС с «горячей» мишенью в промышленности.

1. Разработаны принципы их проектирования.
2. Показано, что подобные магнетроны обладают более высокой производительностью, чем МРС классических конструкций, и могут стабильно работать в составе технологической плазменной установки.
3. Доказано, что магнетроны с «горячей» мишенью достаточно эффективны для распыления ферромагнитных материалов.

Личный вклад автора

Работа выполнена соискателем самостоятельно. Он создал конструкции магнетронов, способных работать в режиме распыления «горячей» мишени. Изучил особенности работы таких магнетронных диодов. Выполнил исследования структурных и функциональных свойств покрытий, нашёл взаимосвязь между параметрами процесса осаждения и характеристиками покрытий.

Заключение о соответствии работы требованиям ВАК

В целом диссертационная работа является законченным научным исследованием в рамках актуальной темы. Новые результаты, полученные автором, имеют большое значение для технических наук и практики проектирования, оптимизации и внедрения технологий осаждения модифицирующих покрытий с помощью магнетронных распылительных систем. Выводы, рекомендации и защищаемые положения хорошо обоснованы. Работа отвечает критериям Положения о присуждении учёных степеней.

Считаю, что по общему объёму проведённых исследований и качеству полученных результатов, научной новизне и практической значимости она соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Сиделёв Дмитрий Владимирович заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Научный руководитель,
д. ф.-м. н., профессор,
руководитель Научно-образовательного
центра Б.П. Вейнберга ТПУ.

Валерий Павлович Кривобоков

634050, г. Томск, проспект Ленина, д. 30.

E-mail: krivobokov@tpu.ru

Телефон: 8 (3822) 606 418, внутренний телефон 2317.

Специальности: 01.04.01-приборы и методы экспериментальной физики;

01.04.07- физика конденсированного состояния.

«Подпись профессора Кривобокова В.П. подтверждаю».

Учёный секретарь Учёного совета Национального исследовательского Томского политехнического университета

Ольга Афанасьевна Ананьева

31.08.18г.