

ОТЗЫВ

научного руководителя, доктора физико-математических наук, профессора Кривобокова Валерия Павловича о диссертации Юрьевой Алёны Викторовны на тему «Осаждение металлических покрытий с помощью магнетрона с жидкофазной мишенью», представленной к защите на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 — физика конденсированного состояния

Общая характеристика соискательницы

Юрьева Алёна Викторовна, 1983 года рождения, имеет высшее образование: в 2006 г. окончила факультет электронной техники Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники с присуждением квалификации «Инженер» по специальности «Микроэлектроника и твердотельная электроника». С этого момента по настоящее время работает сначала на кафедре водородной энергетики и плазменных технологий, а затем на кафедре экспериментальной физики Физико-технического института Национального исследовательского Томского политехнического университета в должности инженера, ассистента, старшего преподавателя.

Темой диссертационной работы активно занимается с 2010 г. За это время выполнила большой цикл экспериментальных и теоретических исследований. Проявила себя как высококвалифицированный специалист в области плазменных технологий обработки материалов. Умеет ставить и решать сложные научные задачи.

В процессе подготовки диссертации опубликовала 11 статей в российских и зарубежных рецензируемых журналах. Выступала с докладами на восьми российских и международных конференциях. Вполне сложилась как специалист, способный самостоятельно решать весьма сложные задачи в области физики и технологии получения тонких плёнок.

Актуальность темы диссертации

Диссертационная работа посвящена изучению процессов скоростного осаждения тонкоплёночных металлических (в основном медных) покрытий из мишеней, находящихся в жидкофазном состоянии, с помощью плазмы магнетронного разряда.

Актуальность данной темы весьма велика по следующим причинам.

1. Классическая магнетронная распылительная система (МРС) обладает существенным недостатком — малой производительностью при осаждении модифицирующих покрытий. И лимитирующим фактором здесь является плотность потока атомов, распылённых на поверхности мишени и летящих в сторону подложки. Её трудно поднять выше

некоторого предельного значения, определяемого электрофизическими свойствами диода.

2. Такая МРС способна работать только при относительно высоких давлениях рабочего газа (примерно 0,1 Па). Это обстоятельство существенно снижает качество осаждаемых покрытий.
3. МРС с жидкофазной мишенью позволяет устранить проблемы, указанные в пп. 1 и 2, но свойства её в условиях интенсивного испарения мишени до появления данной работы были изучены весьма слабо. Поэтому можно утверждать, что тема данной диссертации весьма актуальна и нуждается в детальном исследовании и развитии.

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

Создание стабильно работающей МРС с жидкофазной мишенью с перспективой её использования в условиях промышленного производства потребовало сформулировать и решить несколько задач, которые стали основой защищаемой диссертации.

Предстояло исследовать:

- баланс энергии магнетрона с жидкофазной медной мишенью по мере роста температуры на стартовом участке его работы;
- роль материала тигля при формировании потока атомов от мишени к подложке;
- особенности процессов осаждения покрытий в режиме самораспыления;
- физические свойства покрытий;
- технологические возможности подобных приборов.

На основании этих результатов надо было сформулировать основные принципы проектирования магнетронов с жидкофазной мишенью.

Мне представляется, что Алёна Викторовна успешно справилась с этой работой. Приведённые в диссертации данные подробно отражают свойства МРС с жидкофазной мишенью. Использован широкий круг современных методов исследования: от математического моделирования до проведения натуральных испытаний прототипов промышленных образцов магнетронов.

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

Надёжность полученных результатов подтверждена их непротиворечивым характером, соответствием существующим представлениям о физике процессов осаждения плазменных покрытий, взаимной согласованностью, использованием современной измерительной аппаратуры, аттестованных средств измерений и надёжных методов обработки.

Достоверность выводов и защищаемых положений основана на том, что они строго соответствуют полученным результатам, тщательно проверены 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 жидкофазной мишенью, которые являются прототипами промышленных изделий. Их высокая эффективность подтвердила корректность использованной научной концепции.

Значимость результатов для науки и производства

Научная значимость диссертационной работы состоит в том, что получен ряд результатов, расширяющих наши представления о процессах формирования тонких металлических плёнок из плазмы магнетрона с жидкофазной мишенью.

1. Существенно развиты модельные представления о механизмах влияния фазовых превращений мишени магнетронного диода на процессы осаждения тонких плёнок.
2. Показана возможность значительного (примерно на порядок, до 0,01 Па) снижения давления в рабочей камере при работе в режиме самораспыления.
3. Установлено, что присутствие паровой фазы в потоке частиц, распыляемых на поверхности мишени, способно в десятки раз повысить скорость роста осаждаемых тонких плёнок.
4. Осаждаемые в режиме самораспыления медные плёнки обладают высокой чистотой и хорошими функциональными свойствами.

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

1. Разработаны принципы их проектирования.
2. Доказано, что подобные магнетроны обладают высокой производительностью (примерно 0,1 мкм/с) и могут стабильно работать в составе технологической плазменной установки.
3. Установлена степень влияния свойств тигля на кинетику испарения атомов при нагревании мишени плазмой.

Личный вклад автора

Работа выполнена соискателем самостоятельно. Алёна Викторовна провела исследования теплообмена между плазмой газового разряда и мишенью МРС. Изучила свойства и структуру металлических плёнок. Исследовала их физические характеристики. Обработала результаты всех экспериментов. Выполнила ряд инженерных разработок. Например, приняла активное участие в модернизации вакуумной установки, на базе которой была проведена значительная часть экспериментов. Разработала и внедрила в

практику лабораторных исследований несколько типов МРС с жидкофазной мишенью.

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, внедрении технологий осаждения модифицирующих покрытий с помощью жидкофазных 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 Юрьева Алёна Викторовна заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата технических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Научный руководитель, доктор физико-математических наук, профессор

Кривобоков В.П.

Подпись заведующего кафедрой экспериментальной физики ТПУ Кривобокова В.П. подтверждаю.

Учёный секретарь Учёного совета Национального исследовательского Томского политехнического университета

Ананьева О.А.

Кривобоков Валерий Павлович, ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Томский политехнический университет», 634050, г. Томск, проспект Ленина, 30

Телефон: (3822) 606-418, факс 417-956, внутренний телефон 2317. E-mail: krivobokov@tpu.ru