

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

УДК 621.384.637

Кутько
Андрей Николаевич

Магнетронная распылительная система для формирования наноструктур

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 03 нанотехнологии и наноматериалы
(в электронике)

Научный руководитель
Котов Дмитрий Анатольевич
кандидат технических наук
доцент кафедры микро- и
наноэлектроники

Минск 2015

ВВЕДЕНИЕ

Проблема нанесения тонкопленочных покрытий включает в себя научно-технические аспекты, относящиеся к физике, химии, механике и является едва ли не самой обширной среди современных актуальных направлений технологии. Хорошим примером важности применения тонкопленочных покрытий, являются полупроводниковая и оптическая промышленности. Высокие темпы развития этих наукоемких отраслей требуют непрерывного повышения качества, и эксплуатационных свойств покрытий, а также синтеза новых многокомпонентных соединений и многослойных структур. Реализация этих требований напрямую зависит от достижений в конструировании оборудования и совершенствования технологических процессов получения тонких пленок.

Проблемой существующих методов нанесения покрытий является либо высокая стоимость оборудования и сравнительно небольшие скорости осаждения покрытий как в случае ВЧ или СВЧ разрядов, плохая однородность наносимых покрытий, как при использовании дугового распыления либо небольшие площади обрабатываемых поверхностей как при лазерной абляции, либо низкая адгезия, как при термическом испарении. Пожалуй, только магнетронное распыление в значительной степени лишено этих недостатков, поскольку использующийся в нем дрейфовый ток электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях дает возможность получать протяженные потоки однородной плазмы и бомбардирующим потоком ионов с контролируемыми в широком диапазоне параметрами. Магнетронные распылительные системы сравнительно просты по конструкции и надежны в эксплуатации, обладают хорошими функциональными характеристиками и недороги в обслуживании.

Постоянно возникающие новые направления в науке и технике, выдвигают повышенные требования к технологии формирования тонких и ультратонких пленок. Так, сейчас на повестке дня стоит задача разработки технологий для производства объектов с элементами нанометрового размера. Анализ показывает, что магнетронное распыление является потенциально эффективным и в этой области. Оно позволяет получать одно-, двух- и трёхмерные нанообъекты (нанослои, наноструктурные материалы и нанокомпозиты, а также наночастицы) для нанoeлектроники, нанофотоники, наносенсорной техники, создания "умных" материалов и материалов с уникальными свойствами. Это возможно благодаря высокому уровню управляемости процесса ионного распыления и комплексного воздействия на конденсируемую фазу.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики

Работа выполнялась совместно на кафедре Микро- и наноэлектроники БГУИР и в научно-технической компании ИЗОВАК для разработки технологической разрядной системы для серийной вакуумной установки “Atis 500-B” и соответствует подразделу 12.2 «Физика фундаментальных взаимодействий, высоких энергий и экстремальных состояний вещества, плазма и ее применение, плазменно-пучковые технологии» перечня приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2011-2015 гг., утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь 19 апреля 2010 г. №585.

Цель и задачи исследования

Цель работы - разработка магнетронной распылительной системы для напыления тонкопленочных резистивных слоев для установки в серийное вакуумное технологическое оборудование компании ИЗОВАК.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Изучить существующие в настоящее время типы и конструкции МРС;
2. Разработать методику проектирования МРС;
3. Разработать и испытать МРС с заданными характеристиками;
4. Провести апробацию разработанной МРС в технологических процессах нанесения тонких пленок и функциональных структур.

Личный вклад соискателя

Все основные результаты и выводы получены соискателем самостоятельно. Аналитическое исследование современных типов и конструкций магнетронных распылительных систем для применения в промышленных вакуумных установках проводилось соискателем лично. Во время работы над диссертацией соискателем были рассмотрены физические и технические особенности проектирования МРС, разработана и опробирована методика проектирования магнетронных распылительных систем. Разработка магнетронной распылительной системы, предназначенной для нанесения тонкопленочных слоев резистивных сплавов проводилась совместно с научным руководителем кандидатом технических наук Котовым Д.А. и сотрудниками компании «ИЗОВАК». Сборка прототипа и проведение испытаний разработанной МРС проводились соискателем лично.

Опубликованность результатов диссертации

Материалы диссертации были доложены на 50-й научной конференции студентов, магистрантов, аспирантов БГУИР, 2014.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В обзоре литературных источников приводится аналитическое исследование современных типов и конструкций магнетронных распылительных систем для применения в промышленных вакуумных установках, приводятся передовые характеристики и классификация современных магнетронных распылительных систем. В ходе дальнейших исследований физикотехнических особенностей проектирования отдельных подсистем МРС была разработана методика проектирования магнетронных распылительных систем.

Используя параметры передовых МРС и технические ограничения, связанные с целевым назначением проектируемой МРС было составлено задание на проектирование. По результатам проведения моделирования различных систем МРС, с использованием разработанной методики проектирования МРС, была разработана магнетронная распылительная система, предназначенная для нанесения тонкопленочных слоев резистивных сплавов. Разработанная конструкция позволяет устанавливать данную МРС в вакуумную технологическую установку “Atis 500-B”, а также в другие вакуумные камеры с размером фланца такого же, или большего размера, как автономную МРС. Конструкция охладителя обеспечивает равномерное охлаждение мишени и магнитов, увеличен проток охлаждающей жидкости через магнетрон. Таким образом, максимальная рабочая мощность МРС увеличена с 3 кВт до 6 кВт. Кроме того, благодаря газораспределительной системе лабиринтного типа, встроенной в анодный короб, обеспечено равномерное распределение газа по всей поверхности разрядной зоны МРС, что позволяет работать при более низких давлениях.

В результате проведения испытаний разработанной МРС были получены разрядные характеристики, свидетельствующие о повышении эффективности разряда в сравнении с магнетроном предыдущей конструкции. Разработанная МРС может работать на мощностях до 6 кВт в диапазоне давлений от 0,06 до 1 Па, имеет гарантированный коэффициент утилизации материала мишени не менее 32% и обеспечивает заданную степень равномерности наносимых покрытий $\pm 5\%$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения аналитических исследований были определены предельные параметры и характеристики существующих распылительных систем и выработаны требования к разрабатываемой МРС.

Разработана методика проектирования МРС. По результатам проведения моделирования магнитной системы, системы охлаждения и системы газораспределения была разработана конструкция МРС.

В ходе экспериментальных исследований разработанной МРС были получены параметры и характеристики, подтверждающие данные расчетов и соответствующие заданию на проектирование:

- давление поджига разряда уменьшено с 0,31 до 0,14 Па;
- давление гашения разряда уменьшено с 0,30 до 0,06 Па;
- улучшена эффективность разряда по ВАХ на низких давлениях;
- рабочая мощность увеличена с 2,7 до более 5 кВт;
- коэффициент выработки мишени повышен с 23 до 32%.

В результате проведения экспериментальных исследований технологического процесса с применением разработанной магнетронной распылительной системы была установлена ее пригодность для формирования субмикронных и наноразмерных структур.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. А.Н. Кутько Расчет равномерности формирования пленок методом магнетронного распыления / 48-я научная конференция студентов, магистрантов, аспирантов. Минск : БГУИР, 2012.

2. А.Н. Кутько, А.А Ясюнас, С.Д. Жук Определение равномерности нанесения тонких пленок ионно-плазменными методами / Физика конденсированного состояния: материалы XX международной научно-практической конференция аспирантов, магистрантов и студентов. Гродно : ГрГУ, 2012.

3. С.Д. Жук, А.А Ясюнас, А.Н. Кутько Влияние неоднородности магнитного поля на профиль распыления мишени / Физика конденсированного состояния: материалы XX международной научно-практической конференция аспирантов, магистрантов и студентов. Гродно : ГрГУ, 2012.

4. Д.А. Котов, Ю.А. Родионов, А.Н. Кутько, А.А Ясюнас Расчет равномерности нанесения тонких пленок на большие площади методом магнетронного распыления / XX International Symposium "Advanced Display and Lighting Technologies" (ADLT-2012). Ukraine : Crimea, 2012.

5. А.Н. Кутько, Г.В. Зеневич, А.А Ясюнас, Я.И. Шукевич Магнетронная распылительная система для нанесения резистивных слоев / 50-я научная конференция студентов, магистрантов, аспирантов. Минск : БГУИР, 2014