

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

УДК \_\_\_\_\_

Бурко  
Станислав Станиславович

Композиционные слои переходных металлов, сформированных ионно-плазменными методами (титан-алюминий, оксид цинка, оксид алюминия)

### **АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук

по специальности 1-38 80 03 Приборы, системы и изделия медицинского назначения

---

Научный руководитель  
Завадский Сергей Михайлович  
доцент, канд. техн. наук

---

Минск 2018

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы все больше внимания исследователей привлекают методы, основанные на нанесении тонкопленочных покрытий из ионных потоков или пучков.

Особенностью метода ионно-лучевого распыления является возможность нанесения покрытий на термочувствительные материалы (пластики, фоторезисты), так как процесс нанесения характеризуется низкими температурами. Ионно-лучевое распыление характеризуется высокой стабильностью скорости процесса, достаточно низкими давлениями по сравнению с другими вакуумными методами, что способствует повышению чистоты получаемых пленок. Метод применяется при получении многослойных слоистых структур для наноэлектроники с толщиной слоев 1-10 нм.

При ионном распылении происходит бомбардировка мишени ионами и за счет упругих столкновений происходит выбивание атомов. Ионы возникают из электрического разряда в среде рабочего газа. В качестве рабочего газа наиболее часто используются аргон, криптон, неон и другие газы. В высоковакуумной установке размещается катод-мишень, анод, нагреватель с подложками и контрольно-измерительная аппаратура.

Для того, чтобы распыление было эффективным, масса ионов должна быть близка к массе атомов распыляемого вещества. По этой причине, использование гелия в качестве рабочего газа для распыления большинства веществ является нецелесообразным. Скорость распыления зависит от коэффициента распыления мишени равному количеству распыленных атомов, приходящихся на одну бомбардирующую частицу. Коэффициент распыления может зависеть от загрязнения мишени, ее температуры, кристаллического состояния, состава материала, от угла падения ионов на мишень, их массы и т.д. Если на поверхности мишени присутствуют химические соединения, то в начале распыления возможно прохождение химических реакций, процессов полимеризации и внедрения загрязнений в мишень.

Для контроля за протеканием процесса осаждения пленок используются вакуумметры, измерители толщины пленок, различные анализаторы качества и состава растущей пленки. Для большей эффективности осаждения пленок используются ионные установки с дополнительной термоэмиссией электронов в плазму над мишенью.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Существующие традиционные методы формирования тонкопленочных покрытий, основанные на термическом испарении (резистивное и электронно-лучевое испарение), ионном распылении (ионно-плазменное, ионно-лучевое и магнетронное распыление), осаждении из газовой фазы (пиролитическое и плазмохимическое осаждение) связаны с использованием дорогостоящих мишеней, степень использования которых составляет, в лучшем случае, около 50%, проведение процессов осаждения предполагает применения высокой температуры подложек (250-1000°С), применения дорогих и мощных блоков ВЧ и НЧ-питания, согласующих ВЧ-устройств. В последние годы все больше внимания исследователей привлекают методы, основанные на нанесении тонкопленочных покрытий из ионных потоков или пучков.

Применение таких методов позволит получить высококачественные покрытия при небольших затратах на изготовление технологического оборудования и материалы.

Целью работы является исследование электрохромных слоев оксидов переходных металлов, сформированных ионно-лучевым методом.

Задачи:

- определение предпочтительной области технологических режимов работы ионного источника;
- исследование влияния содержания кислорода в смеси рабочих газов на отношения тока мишени к току разряда и скорость нанесения;
- проведение анализа элементного состава пленок;
- определение зависимостей коэффициентов преломления и поглощения пленок от содержания кислорода в смеси газов.

Грамотно выбрана методика проведения экспериментов, получены образцы тонкопленочных покрытий оксида никеля и оксида вольфрама, изучена взаимосвязь между параметрами технологического процесса и характеристиками покрытий, проанализированы полученные данные и сделаны выводы, которые имеют практическое значение и могут быть использованы для дальнейших исследований.

## СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В работе сделан обзор формирования пленок титан-алюминий, оксид цинка, оксид алюминия ионно-плазменным распылением. Определена предпочтительная область технологических режимов работы ионного источника для реализации процесса реактивного ионно-лучевого нанесения пленок оксида никеля и оксида вольфрама. Проведен анализ элементного состава пленок  $Ti-Al, ZnO_x$  и  $Al_xO_y$ . Определены основные разрядные характеристики. В частности, исследованы влияние содержания кислорода в смеси рабочих газов на отношения тока мишени к току разряда и скорость нанесения и зависимости коэффициентов преломления и поглощения пленок от содержания кислорода в смеси газов. Сделаны выводы согласно результатам.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате написания диссертационной работы был проведен обзор существующих методов формирования тонкопленочных диэлектрических слоев, рассмотрен механизм физического распыления. Особое внимание было уделено анализу процесса распыления оксидных соединений. Было определено, что метод ионно-лучевого нанесения является перспективным с точки зрения формирования диэлектрических слоев. Так как формирование этих покрытий возможно осуществлять несколькими вариантами, то необходимо было провести сравнительные исследования процесса ионно-лучевого нанесения диэлектрических слоев из металлических и оксидных мишеней.

При помощи программного комплекса ELCUT была смоделирована и найдена конфигурация магнитопроводов ионного источника, обеспечивающая наилучшие соотношения геометрических и магнитных параметров ионно-лучевого источника.

Были исследованы свойства тонкопленочных покрытий оксида алюминия и оксида цинка, сформированных из металлических и оксидных мишеней, а также свойства оксида кремния, сформированного из кремниевой мишени. Получены зависимости влияния технологических режимов нанесения (содержания активного газа в рабочей смеси газов) на свойства формируемых слоев. Установлено, что при использовании оксидных мишеней скорость формирования пленок чаще всего меньше по отношению к случаю использованием металлических мишеней. Свойства слоев, нанесенных из оксидных мишеней более близки к свойствам объемного материала, свойства же пленок, полученных из металлической мишени, могут значительно (в несколько раз) отличаться от свойств объемного материала.

На основе экспериментальных данных сделан вывод о том, что для нанесения защитных, диэлектрических, декоративных покрытий с высокой скоростью более предпочтителен процесс формирования слоев из металлической мишени, благодаря его более высокой скорости, низкому энергетическому воздействию на подложку, а для напыления пленок, близким по свойствам к свойствам объемного материала, предпочтителен процесс формирования слоев из оксидной мишени, который отличается пониженной скоростью.

## СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1] Бурко, С.С. Исследование влияния состава газовой смеси на процесс формирования пленок оксида никеля ионно-лучевым распылением / Е.С. Ярмашук, С.С. Бурко // 11-я Международная научно-техническая конференция молодых ученых и студентов «Новые направления развития приборостроения»: материалы конф. Минск, 18-20 апреля 2018 г.

[2] Бурко, С.С. Автоматизированная система для диагностики распределения параметров потока заряженных и нейтральных частиц ионно-плазменных систем / Е.С. Ярмашук, С.С. Бурко // 11-я Международная научно-техническая конференция молодых ученых и студентов «Новые направления развития приборостроения»: материалы конф. Минск, 18-20 апреля 2018 г.

[3] Бурко, С.С. Исследование процесса формирования пленок оксида никеля ионно-лучевым распылением при изменении состава газовой смеси / Е.С. Ярмашук, С.С. Бурко // 54-я научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР: материалы конф. Минск, 23-27 апреля 2018 г.

[4] Бурко, С.С. Автоматизируемая система контроля параметров ионного источника для распределения потока заряженных и нейтральных частиц ионно-плазменных систем / Е.С. Ярмашук, С.С. Бурко // 54-я научно-техническая конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР: материалы конф. Минск, 23-27 апреля 2018 г.