

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

УДК _____

Ярмашук
Егор Сергеевич

Электрохромные слои оксидов переходных металлов, сформированных ионно-лучевым методом (оксиды вольфрама и никеля)

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 оксида никеля и оксида вольфрама реактивным ионно-лучевым 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 NiO_x и WO_x . 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

При использовании ионного источника осаждение распыленного вещества можно осуществлять в условиях высокого вакуума при контролируемом давлении. Первый вариант проведения процесса осаждения с помощью пучка ионов связан с прямым получением ионов необходимого материала и конденсацией их на поверхности в виде тонкой пленки. Во втором варианте ионный источник служит для получения ионов, которые бомбардируют находящуюся в вакууме мишень, после чего распыленные частицы вещества осаждаются на подложке. В течение последнего десятилетия оба способа были значительно усовершенствованы, и теперь они являются общепринятыми, хотя и дорогостоящими методами, позволяющими использовать преимущества процесса ионного распыления к процессу осаждения пленок в условиях вакуума.

В соответствии с поставленными задачами были сделаны следующие выводы. Коэффициент преломления для пленок оксида никеля, полученных из металлической мишени колеблется от 2,5 до 2,4 и имеет ярко выраженный минимум при содержании кислорода в смеси рабочих газов 52-60 %. Коэффициент поглощения также имеет минимум, более протяженный, чем коэффициент преломления. Процентное содержание кислорода в смеси рабочих газов при этом составляет 40-60 %. Процентное соотношение Ni и O в нанесенных пленках близко к единице в диапазоне 35-72 %, при этом при содержании кислорода в смеси рабочих газов равном 63 % предположительно образуется стехиометрическое соединение NiO. Вблизи этого значения находится и минимум коэффициента преломления, что косвенно также подтверждает стехиометричность соединения.

Таким образом, формирование пленок оксида никеля по составу близкому к стехиометрическому возможно при следующих условиях:

- напряжение разряда 4,5 кВ,
- ток разряда 150 мА,
- процентное содержание кислорода в смеси рабочих газов - 57-63 %.

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1] Ярмашук, Е.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] Ярмашук, Е.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] Ярмашук, Е.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] Ярмашук, Е.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.