

УДК 539.234+546.87

СИСТЕМА РЕАКТИВНОГО МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПЛЕНОК МЕТАЛЛОВ И ОКСИДОВ

К. ф.-м. н. К. В. Часовский

Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара
Украина, г. Днепропетровск
covach@mail.ru

Спроектирована и изготовлена система, позволяющая получать пленки металлов и их оксидов. Система представляет собой комплекс, состоящий из приставки магнетронного распыления, высоковольтного блока питания магнетронов, системы смешивания и дозирования рабочих газов, вращающегося подложкодержателя, системы поддержания тока магнетрона, температуры подложки и давления рабочего газа. Реализована система измерения толщины пленки радиочастотным методом.

Ключевые слова: магнетрон, распыление, пленки, подложкодержатель.

Для получения тонких пленок высокой чистоты часто используют термовакuumный метод. Но данным методом невозможно получать пленки тугоплавких материалов, кроме того многие материалы реагируют с нагревательными элементами. В пленках малой толщины, полученных термовакuumным испарением, микроструктурные свойства демонстрируют островковый характер. Структура таких пленок повторяет структуру испаряемого материала.

Большими возможностями обладают установки магнетронного распыления. Пленки, полученные по данной методике, не имеют перечисленных выше недостатков, однако имеют низкую равномерность и загрязнение молекулами рабочего газа. Распыление на постоянном токе требует использования проводящей мишени. При распылении металлической мишени в среде реактивного газа можно получать их соединения. Промышленные установки магнетронного распыления используют для нанесения пленок металлов, в частности, при получении интегральных микросхем производят металлизацию алюминием [1].

Отечественная промышленность производит вакуумные установки широкого использования ВУП-5М, в состав которых входит приставка магнетронного распыления, работающая на постоянном токе. Использование этой установки показало неплохие результаты при напылении металлов, однако для получения соединений необходимо производить модернизацию системы напуска. Кроме того, отсутствие вращающегося подложкодержателя приводит к получению пленок с изменяемым стехиометрическим составом соединения по поверхности образца. В связи с этим, на базе вакуумного универсального поста ВУП-5 нами самостоятельно была разработана и изготовлена магнетронная распылительная система, позволяющая получать пленки металлов, их оксидов и других немагнитных проводящих материалов.

Система реактивного магнетронного распыления представляет собой комплекс, состоящий из приставки магнетронного распыления, системы охлаждения магнетронного блока, высоковольтного блока питания магнетронов, системы смешивания и дозирования рабочих реактивного и инертного газов, вращающегося подложкодержателя типа «карусель» и системы поддержания тока магнетрона, температуры подложки и давления рабочего газа. Также реализована система измерения толщины пленок радиочастотным методом, которая, по сравнению с используемой ранее интерференционной системой, показала лучшие характеристики.

Магнетронная приставка представляет собой цилиндр из дюрала, который помещается между основанием вакуумной установки ВУП-5 и ее рабочим объемом. В цилиндре выточены отверстия для подвода охлаждающей жидкости непосредственно к поверхности магнетронов. На поверхность цилиндра помещены три магнетрона, анод и катод которых изготовили из нержавеющей стали, а все изоляторы из фторопласта. Охлаждение магнетронов производится водопроводной водой, для чего

реализована проточная система охлаждения, гибкие шланги которой легко коммутируются с помощью разъемов для компрессоров.

Высоковольтный блок питания выполнен из повышающего сетевого трансформатора, на выходе которого стоит диодный мост, емкостной фильтр и ограничивающий резистор. Для изменения тока магнетрона трансформатор питается через семисторный регулятор мощности.

Для получения пленок оксидов используется система смешивания инертного и реактивного газов, которая реализована посредством смешивания их в отдельном баллоне в определенной пропорции с помощью сифона [2]. Подача смеси в рабочий объем производится посредством штатного дилатометрического натекаателя установки ВУП-5.

Для увеличения равномерности толщины осаждаемых пленок был разработан и изготовлен подложкодержатель типа «карусель», на вращающейся поверхности которого находится четыре вращающихся малых подложкодержателя. Такая конструкция позволяет получать пленки с неравномерностью по толщине 5 – 7 %. Нагрев подложкодержателя производится с помощью галогенных ламп.

Для получения пленок постоянного состава необходимо удерживать постоянными режимы системы реактивного магнетронного распыления: ток магнетрона, температуру подложки и давление смеси реактивного и инертного газов в рабочем объеме. Поэтому была разработана и реализована система управления режимами распыления. Блок управления реализован на микроконтроллере, имеет индикацию и 16-кнопочную клавиатуру для задания параметров. Микроконтроллерная система обратной связи анализирует состояние тока, температуры и давления с помощью датчиков и управляет регуляторами мощности и пьезоэлектрическим натекаателем, поддерживая таким образом постоянными режимы системы распыления.

Для определения толщины пленок использовали радиочастотный метод, который по сути определяет изменение массы пленки посредством измерения изменения частоты кварца. Нами было разработано и реализовано устройство на микроконтроллере, позволяющее определять частоту кварцевого генератора и выводить полученную информацию на монитор компьютера.

Комплекс изготовленных нами устройств позволяет производить распыление проводящих немагнитных мишеней в атмосфере инертного и реактивного газов и получать на вращающейся нагреваемой подложке пленки соединений материала мишени и реактивного газа. Эксперименты по получению пленок оксида висмута показали, что в зависимости от режимов осаждения возможно получать различные модификации данного соединения. Так, из известных α -, β -, γ - и δ -фаз были получены монопленки α -, β -, и δ -фазы, а также аморфные пленки Bi_2O_3 [3]. Кроме этого получали пленки оксида олова, оксида цинка, оксида ванадия, оксида меди [4].

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Данилин Б. С. Применение низкотемпературной плазмы для нанесения тонких пленок.– Москва: Энергоатомиздат, 1986.
2. Черненко И. М., Часовский К. В. Вакуумная технология получения тонких диэлектрических пленок. // Сборник докладов 4-го Международного симпозиума «Вакуумные технологии и оборудование».– Украина, г. Харьков.– 2001.– С. 324–327.
3. Черненко І. М., Часовський К. В., Катков В. Ф. Одержання плівок оксиду вісмуту напилюванням у магнетронній системі // Фізика і хімія твердого тіла.– 2001.– Т. 2, № 4.– С. 719–722.
4. Черненко І. М., Часовський К. В., Тарасенко Ю. С. Напилювання і властивості плівок оксидів олова і цинку // VIII Міжнародна конференція з фізики і технології тонких плівок.– Україна, м. Івано-Франківськ.– 2001.– С. 225.

K. V. Chasovski

Reactive magnetron sputtering system for producing metal and oxide films.

A system for obtaining metal and oxide films was designed and manufactured. The system is a complex consisting of a magnetron sputtering attachment; a magnetron high-voltage power unit; a system for mixing and dosing process gases; a rotating substrate holder; a system for maintaining magnetron current, substrate temperature and pressure of the working gas. A system for measuring film thickness by radio frequency method has been implemented.

Keywords: *magnetron, sputtering, films, substrate-holder.*