

**ДВУХСТОРОННЕЕ НАНЕСЕНИЕ ТОНКОПЛЕНОЧНОЙ
ПРОВОДНИКОВОЙ СТРУКТУРЫ НА ПОДОГРЕТЫЕ
ПОДЛОЖКИ ИЗ СИТАЛЛА МЕТОДОМ
МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ
С ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ИОННОЙ ОЧИСТКОЙ**

БНТУ, г. Минск, Республика Беларусь

Научный руководитель: канд. техн. наук, доцент

Вегера И.И.

Технологии, связанные с нанесением тонкопленочных покрытий, являются одними из наиболее актуальных направлений получения новых материалов, в том числе наноструктурных. Хорошим примером важности применения тонкопленочных покрытий являются полупроводниковая, оптическая промышленности и водородные технологии в энергетике. Высокие темпы развития этих наукоемких отраслей требуют непрерывного повышения качества и эксплуатационных свойств покрытий. Реализация этих требований напрямую зависит от достижений в разработке и конструировании оборудования и совершенствования технологий получения тонких пленок.

В настоящее время наиболее перспективными методами нанесения покрытий являются вакуумно-плазменные методы. Это обусловлено их экологической безопасностью, высокой чистотой технологических процессов и качеством продукции. Также известно, что в ионизованном или возбужденном состоянии атомы и молекулы легче взаимодействуют друг с другом, делая процесс нанесения покрытий более эффективным.

Проблемой существующих методов нанесения покрытий является либо высокая стоимость оборудования и небольшие скорости осаждения покрытий, как в случае СВЧ разрядов, плохая однородность наносимых покрытий, как при исполь-

зовании дугового распыления, либо небольшие площади обрабатываемых поверхностей как при лазерной абляции, либо низкая адгезия, как при термическом испарении.

Магнетронные распылительные системы (МРС) в какой-то степени лишены этих недостатков. Используемый в МРС дрейфовый ток электронов в скрещенных электрическом и магнитном полях дает возможность получать протяженные потоки достаточно плотной плазмы с контролируемыми в широком диапазоне характеристиками. МРС были изобретены еще в 70-х годах прошлого столетия, однако их конструкции совершенствуются до сих пор.

Принцип магнетронного напыления основан на распылении материала, из которого изготовлена мишень для магнетрона, при его бомбардировке ионами рабочего газа, образующимися в плазме тлеющего разряда. Основные элементы магнетронной распылительной системы — это катод, анод и магнитная система, предназначенная для локализации плазмы у поверхности мишени — катода. Магнитная система, расположенная под катодом, состоит из центрального и периферийных постоянных магнитов, расположенных на основании из магнитомягкого материала. На катод подаётся постоянное напряжение от источника питания. Основные преимущества магнетронного способа распыления, при использовании мишени для магнетрона — высокая скорость распыления и точность воспроизведения состава распыляемого материала.

Установка магнетронного напыления позволяет получать покрытия практически из любых металлов, сплавов и полупроводниковых материалов без нарушения стехиометрического состава. В зависимости от состава рабочей атмосферы (долей кислорода, азота, диоксида углерода, сернистых газообразных соединений) можно получать плёнки различных составов. Скорость конденсации при магнетронном распылении зависит от силы тока разряда или мощности и от давления рабочего газа.

Очистка поверхности от различного рода загрязнений и окислов имеет важное значение при нанесении разнообразных покрытий. Существующие классические методы очистки поверхности - химические, гальванические, пескоструйные, которые не в полной мере удовлетворяют современным требованиям по качеству результата. Ионная очистка поверхности позволяет получать атомночистую поверхность, благодаря чему улучшается адгезия наносимого покрытия с подложкой.

Данный метод очистки осуществляется следующим образом. Ионный источник формирует направленный поток ионов инертного газа, ускоренных до высокой энергии. Они бомбардируют подложку, вызывая её распыление.

Распыление наблюдается при энергии ионов выше энергии связи атомов обрабатываемого материала в твердом теле (пороговая энергия). При энергиях меньше пороговой распыление отсутствует.

Ситаллы – стёкла даже в специальных условиях кристаллизуются чрезвычайно медленно. Вместе с тем, из этого не следует, что SiO_2 не может быть получен в кристаллическом состоянии. Это, как правило, достигается введением специальных веществ, являющихся искусственными зародышами кристаллизации. Такие материалы называются ситаллами.

Ситаллы – это поликристаллические материалы, получаемые направленной кристаллизацией стекла. Термин «ситалл» образован путём сокращения слов силикат и кристалл. В США этот материал называется «пирокерам». По химическому составу ситаллы отличаются от стёкол тем, что они содержат «каталитические добавки». Эти добавки вызывают появление в стекле после специальной обработки огромного количества центров кристаллизации и тем самым создают условия для образования мелкокристаллической структуры.

Структура ситалла состоит из зёрен одной или нескольких кристаллических фаз, скреплённых стекловидными прослойками.

Свойства ситаллов определяются не столько химическим составом, сколько структурой кристаллических фаз. Фазовый состав кристаллов разнообразен. Это могут быть шпинели, рутил, кварц, кристобалит, кордиерит, перовскит и т.д. Фазовый состав зависит от условий проведения направленной кристаллизации, природы зародышей кристаллизации и состава стекла. Содержание кристаллической фазы в ситаллах зависит от условий кристаллизации и составляет от 30 до 95 %. Размер кристаллов как правило не превышает 1 – 2 мкм.

Такие физико-химические параметры ситаллов, как плотность, ТКЛР, теплопроводность, модуль упругости и диэлектрическая проницаемость обладают свойством аддитивности, т.е. зависят от свойств и содержания фаз. Например, диэлектрическая проницаемость ситаллов может быть рассчитана, исходя из логарифмического закона смешения.

Регулируя в процессе кристаллизации фазовый состав кристаллов и их количество можно создавать материалы с заранее заданными свойствами. Так, для получения конденсаторных ситаллов с высокой диэлектрической проницаемостью добиваются образования в них кристаллов с перовскитовой структурой, обладающей высокой ϵ (титанаты бария, ниобаты и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлин, Е. Вакуумная технология и оборудование для нанесения и травления тонких пленок / Е. Берлин, С. Двинин, Л. М. Сейдман: Техносфера, 2007. – 176 с.

2. Технологическое оборудование для микроэлектроники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://equip.eltech.com/catalog/5882>. – Дата доступа : 19.10.2018.

3. Cinref.ru - Автомобили, библиотека онлайн [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://guns.allzip.org/topic/224/510142.html>. – Дата доступа : 19.10.2018.