

ПЛЕНОЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ НАНОМАТЕРИАЛОВ

Студент гр. 11310119 Гриб А.А.

Кандидат физ.-мат. наук, доцент Щербакова Е.Н.

Белорусский национальный технический университет, Минск, Беларусь

PVD представляет собой процесс переноса форм роста из источника или мишени на поверхность определенной подложки и осаждения их с образованием пленки. Процесс происходит на атомистическом уровне и обычно не включает химических реакций. Были разработаны различные методы удаления частиц роста из источника или мишени, а толщина осаждаемой пленки может варьироваться от ангстрем до микрон. Во время процесса PVD происходят следующие последовательные основные этапы: генерация пара из исходного материала, перенос пара от источника к подложке и конденсация пара в твердую пленку на поверхности подложки. Успешные процессы PVD требуют хорошего контроля над физикой вакуума, материаловедением, машиностроением и электротехникой, а также в элементах термодинамики, кинетической теории газов, поверхностной подвижности и явлениях конденсации. Генерация пара основана на большом разнообразии исходных компонентов, включая нити накала с резистивным нагревом, электронные пучки; тигли, нагреваемые за счет проводимости, излучения или радиочастотной (RF) индукции; дуги, взрывающиеся провода и лазеры. Дополнительными проблемами, которые следует учитывать, являются взаимодействие контейнеров источника, требования к высокому вакууму, точному движению подложки (для обеспечения однородности) и необходимость мониторинга и контроля процесса [1].

Молекулярно-лучевая эпитаксия (МЛЭ) – это сложный метод, позволяющий точно контролировать выращивание монокристаллических эпитаксиальных пленок в сверхвысоком вакууме. Атомы или кластеры атомов, образующиеся при нагревании твердого источника, мигрируют в сверхвысоком вакууме и осаждаются на горячей поверхности подложки, где они могут диффундировать и присоединяться к растущему кристаллу. Температура подложки является ключевым фактором для химической реакции, эпитаксии и повторного испарения избыточных реагентов. Пленки формируются на монокристаллических подложках путем медленного испарения элементарных или молекулярных составляющих пленки из отдельных кнудсеновских ячеек-источников на подложки, такие как кремний или арсенид галлия. При таком низком давлении испаряемые атомы и молекулы не взаимодействуют друг с другом в паровой фазе.

Наиболее широко изучаемыми материалами являются эпитаксиальные слои полупроводниковых соединений III–V. Однако кремний, металлы, силициды и изоляторы также могут быть нанесены в виде монокристаллических пленок. Дополнительным важным преимуществом МЛЭ является требование низкой температуры эпитаксии [1].

CVD – это универсальный метод осаждения, позволяющий выращивать тонкие пленки из простых и составных полупроводников, металлических сплавов и аморфных или кристаллических соединений различной стехиометрии. Как правило, процессы CVD состоят из химической реакции летучего соединения материала, подлежащего осаждению, с другими газами для получения нелетучего твердого вещества, которое осаждается на атомном уровне на подходящей подложке. Универсальная химическая природа процессов CVD демонстрируется широким спектром реагентов и прекурсоров, которые можно использовать для осаждения данной пленки. В CVD, как и в PVD, пересыщение пара влияет на скорость зародышеобразования пленки, тогда как температура подложки влияет на скорость роста пленки. Эти два фактора вместе влияют на степень эпитаксии, размер зерна, форму зерна и текстуру. Низкое пересыщение газа и высокие температуры подложки способствуют росту монокристаллических пленок на подложках. Высокое пересыщение газа и низкие температуры подложки приводят к росту поликристаллических, нанокристаллических и даже аморфных пленок.

Процессы CVD хорошо известны, и реакторы, используемые для процессов, зависят в основном от условий осаждения и форм энергии, вводимой в систему для активации химической реакции [1].

Литература

1. Benelmekki, M. Zinc Nanostructured thin films – background, preparation and relation to the technological revolution of the 21st century/ M. Benelmekki, A. Erbe // Elsevier Ltd. – 2019. – P. 34.