

ВЛИЯНИЕ МАТЕРИАЛА ПОДЛОЖКИ НА МОРФОЛОГИЮ И СОСТАВ ТРЕХКОМПОНЕНТНЫХ ПЛЕНОК CdPbS

А.В. Поздин¹, Л.Н. Маскаева^{1,2}, В.Ф. Марков^{1,2}

¹Уральский федеральный университет имени первого
Президента России Б.Н. Ельцина. 620002, Екатеринбург.

²Уральский институт ГПС МЧС России.

620137, Екатеринбург

andrej.pozdin@yandex.ru

Аннотация

Гидрохимическим осаждением на подложках из кремния (111), ситалла, предметного стекла и стекла с электропроводящим слоем ИТО получены пленки CdPbS толщиной ~190 нм. Растровой электронной микроскопией, и EDX анализом выявлены особенности морфологии и элементного состава синтезированных пленок. Установлен незначительный избыток суммы металлов (Cd + Pb) в слое по сравнению с халькогеном (S). По знаку термоэдс установлен *n*-тип проводимости синтезированных пленок.

Введение

Как известно, трехкомпонентные соединения на основе сульфидов кадмия и свинца CdPbS давно привлекают внимание исследователей как с фундаментальной, так и с прикладной точек зрения.

Судя по литературным данным, эти соединения, обладая переменной шириной запрещенной зоны в

пределах (0.4–2.42 эВ), имеют большие потенциальные возможности для создания ИК-детекторов, нанолазеров, приборов экологического контроля, а также высокоэффективных солнечных элементов [1,2].

С развитием тонкопленочных технологий и уменьшением размеров устройств опто- и наноэлектроники, фотовольтаики и сенсорной техники актуальной становится проблема получения трехкомпонентных тонкопленочных CdPbS толщиной менее 200 нм, их стабильности на подложках различного типа. Поэтому настоящая работа посвящена исследованию морфологии и состава пленок CdPbS, химически осажденных на подложки различной природы.

Методика эксперимента

Тонкопленочные соединения CdPbS получали химическим осаждением тиомочевинной из цитратно-аммиачной реакционной смеси при фиксированных концентрациях ацетата свинца 0.04 моль/л и хлорида кадмия 0.06 моль/л.

В качестве подложек для осаждения в работе использовали ситалл, кремний с ориентацией (111), предметное стекло и стекло с электропроводящим слоем ИТО. Предварительно обезжиренные подложки, закрепленные во фторопластовые держатели, помещали в реакторы, которые погружали в жидкостный термостат «ТС-ТБ-10». Длительность процесса при 353 ± 0.1 К составила 30 мин.

Оценку толщины пленок проводили при помощи микроинтерферометра Линника МИИ-4М с точностью измерения, равной 22%.

Изучение морфологических особенностей и элементного состава пленок проводили методом растровой электронной микроскопии с использованием микроскопа MIRA 3 LMU при ускоряющем напряжении электронного пучка 10 кВ, а также растрового электронного микроскопа JEOL JSM-5900 LV с приставкой для энергодисперсионного (EDX) анализа (EDS Inca Energy 250).

Определение типа проводимости синтезированных пленок осуществляли по знаку термоэдс при создании градиента температур в области зондовых контактов.

Результаты и обсуждения

Объектом исследования являлись пленки тройных соединений CdPbS толщиной ~190 нм с хорошей адгезией к подложкам. На рисунке приведены электронно-микроскопические изображения пленок CdPbS, осажденных на различные подложки: ситалл (*a*), стекло, покрытое электропроводящим слоем ИТО (*b*), кремний (*в*) и предметное стекло (*г*).

Анализ электронно-микроскопических изображений пленок показывает, что природа подложки существенно влияет на архитектуру и размеры кристаллитов, из которых сформирована пленка CdPbS. Исследование микроструктуры синтезированной пленки CdPbS на ситалловой и кремниевой подложках (*a*, *в*) показало, что наблюдаемый средний размер пирамидок составляет 30-100 нм, а расположенные между ними кристаллиты, растущие гранью (111), имеют размеры от 110 до 350 нм.

Поверхность пленки твердого раствора на поверхности стекла, покрытого электропроводящим слоем ИТО (*b*), представляет слепленные пирамидки со

сглаженными ребрами. Пленка CdPbS, выращенная на предметном стекле состоит из хорошо ограненных кристаллитов (ε), большинство из которых достигает 300–500 нм, между ними располагаются пирамидки с размерами 30-120 нм.

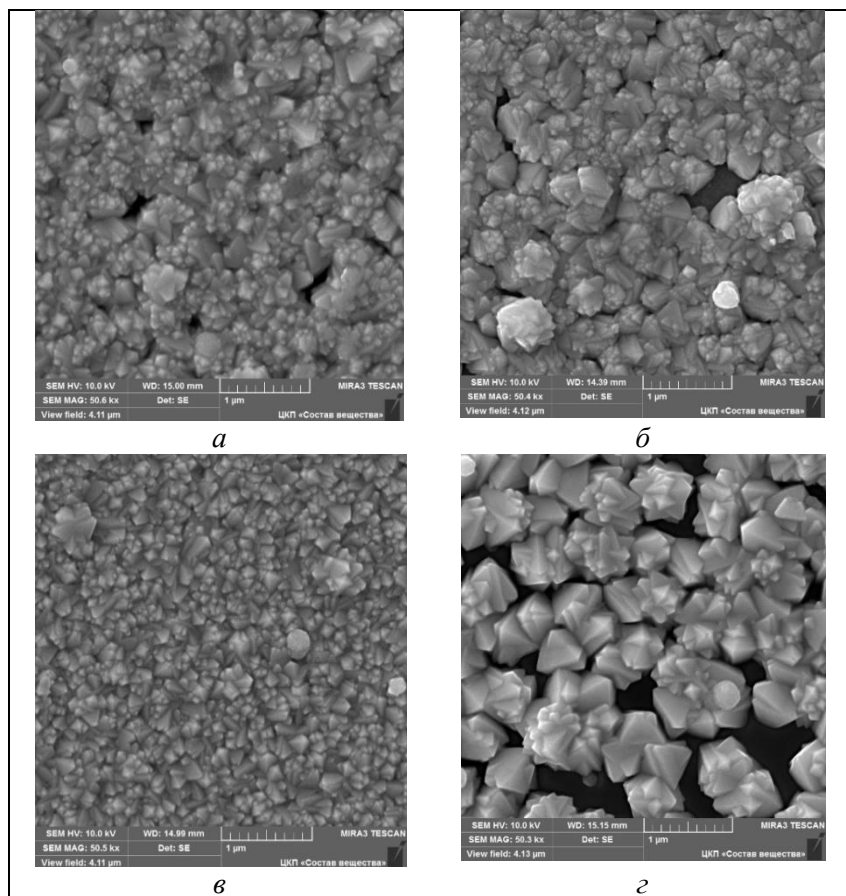


Рисунок – Электронно-микроскопические изображения пленок CdPbS, синтезированных в течение 30 мин при 353 К на подложках из ситалла (*a*), стекла + ИТО (*б*), кремния (*в*) и предметного стекла (*г*)

Для установления элементного состава синтезированных пленок был проведен локальный энергодисперсионный микроанализ. Результаты элементного анализа на содержание свинца, кадмия и серы, приведенные в таблице, позволяют заключить, что природа материала подложки оказывает незначительное влияние на состав пленок. Установлено, что соотношение суммы металлов (Cd + Pb) к халькогену (S) составляет 1.02-1.06, т.е. существует незначительный недостаток серы.

Таблица – Элементный состав пленок $Cd_xPb_{1-x}S$, полученных гидрохимическим осаждением на подложках различной природы

Подложка	Содержание элементов, ат. %			(Cd+Pb)/S
	S \pm 0.14	Cd \pm 0.10	Pb \pm 0.23	
Ситалл	49.43	5.30	45.27	1.02
Стекло+ITO	48.54	5.42	46.04	1.06
Кремний	48.62	6.84	44.54	1.06
Предметное стекло	49.09	7.09	43.82	1.04

Определение типа проводимости пленок $Cd_xPb_{1-x}S$ осуществляли по знаку термоэдс при создании градиента температур в области зондовых контактов. Результаты показали, что материал подложки, на который нанесена пленка твердого раствора, не влияет на тип проводимости обсуждаемых в работе пленок. Исследование показало, что пленки $Cd_xPb_{1-x}S$ можно отнести к *n*-типу проводимости, что согласуется EDX анализом, установившим нестехиометрию с избытком по сумме металлов (Cd+Pb) по сравнению с халькогеном S.

Заключение

Совместным гидрохимическим осаждением сульфидов свинца и кадмия в течение 30 минут из цитратно-аммиачной реакционной смеси получены пленки тройных соединений CdPbS толщиной ~190 нм с хорошей адгезией к подложке (ситалл, стекло, кремний, стекло с ИТО). Результаты растровой электронной микроскопии показали, что материал подложки оказывает существенное влияние на архитектуру и размеры кристаллитов, из которых сформирована пленка CdPbS. EDX анализом показано, что в синтезированном трехкомпонентном тонкопленочном соединении наблюдается недостаток серы по сравнению с суммой металлов (Cd+Pb), что согласуется с установленным *n*-типом проводимости.

Список литературы

1. Пленки пересыщенных твердых растворов $Cd_xPb_{1-x}S$: прогнозирование состава, химический синтез, микроструктура / Л.Н. Маскаева [и др.] // Журнал прикладной химии. 2017. Т. 90. №5. С. 553–563.
2. Особенности формирования тонких пленок пересыщенных твердых растворов $Cd_xPb_{1-x}S$ / Л.Н. Маскаева [и др.] // Журнал общей химии. 2018. Т. 88. №2. С. 319–328.