

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

На правах рукописи

УДК 539.23:621.383.51

Григорук
Дмитрий Сергеевич

**ПОЛУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ И ОП-
ТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОНКИХ ПЛЕНОК IN_2S_3 ДЛЯ СО-
ЗДАНИЯ СОЛНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени
магистра технических наук

по специальности 1-38 80 04 – Технология приборостроения

Минск 2018

Работа выполнена на кафедре проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Научный руководитель: **ГРЕМЕНОК Валерий Феликсович**, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лаборатории «Физики твердого тела» Государственного научно-производственного объединения «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению»

Рецензент: **ПОЛУБОК Владислав Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент, ведущий инженер-программист Республиканского предприятия «Центр информационных технологий Национального статистического комитета Республики Беларусь»

Защита диссертации состоится «26» января 2018 года в 9⁰⁰ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, Минск, ул. П.Бровки, 6, корп. 1, ауд. 415, тел. 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники».

ВВЕДЕНИЕ

Сегодня солнечные элементы на основе тонких пленок нашли широкое применение в промышленных масштабах, благодаря их эффективности, использованию куда меньших количеств реактивов для получения, чем в случае их объемных аналогов. Одним из примеров таких преобразователей являются батареи на основе тонких пленок твердых растворов замещения в системе сульфидов (селенидов) меди и индия. Преимущество таких многокомпонентных соединений в их высоком КПД преобразования солнечного излучения, высоком коэффициенте поглощения излучения, оптимальной ширине запрещенной зоны, экологичности и повышенной радиационной устойчивости.

В тонкопленочных солнечных элементах (СЭ) на основе многокомпонентных полупроводниковых материалов $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{x-1}\text{Se}_2$ важную роль играет формирование буферного слоя между поглотителем р-типа и низкоомным окном n-типа. Оптимально выбранные толщина и кристаллическая структура буферного слоя способствуют максимальному пропусканию света и эффективному разделению носителей между поглощающим слоем и лицевым электродом. Материалом буферного слоя обычно служат пленки с проводимостью n-типа, изготовленные на основе широкозонных полупроводниковых соединений, например, сульфида кадмия (CdS), осаждаемого из солевых растворов. Применение 40–100 нм химически осажденных CdS-слоев в СЭ на основе соединений $\text{CuIn}_x\text{Ga}_{x-1}\text{Se}_2$ привело к рекордной для тонкопленочных фотопреобразователей эффективности $\sim 21\%$. Работы в области получения и исследования пленок CdS показали, что помимо сложности утилизации Cd-содержащих соединений, химически осаждаемые высокоомные слои толщиной не более 45 нм и пропусканием $\sim 85\%$ характеризуются длинноволновым краем поглощения (510 нм) и высоким содержанием дефектов.

Бескадмиевые пленки широкозонных материалов, получаемые методами низкотемпературного осаждения в вакууме, более перспективны для компонентов фотоэлектрических устройств. Структурно-фазовые, электрические и оптические свойства слоев, получаемых вновь разработанным методом термического испарения мишеней сульфида индия (In_2S_3), изучались в работе. Тем не менее, не достигнуто соотношение толщины, микроструктурных и оптических параметров слоев, что характерно для пленок сульфида индия, изготовленных и другими способами, и затрудняет их применение.

Интерес к монокристаллам In_2S_3 вызван следующими обстоятельствами: а) собственная проводимость является всегда электронной из-за избыточного числа атомов халькогена; б) данное соединение растворяет значительную долю собственных компонентов и одновременно из-за дефектности структуры не испытывает сильного влияния со стороны посторонних атомов, т.е. примеси являются электрически неактивными, что позволяет при синтезе использовать менее чистые исходные компоненты; в) значения ширины запрещенной зоны этого соединения близко к оптимальному ($E_g = 1,9 - 2,2$ эВ)

для разработок преобразователей солнечного излучения; г) коэффициент оптического поглощения, в пределах спектрального диапазона солнечного излучения, достигает больших значений ($\alpha > 10^4 \text{ см}^{-1}$), что обеспечивает высокую поглощающую способность падающего излучения в тонких пленках; д) благодаря большому количеству дефектов (~33 %) кристаллы In_2S_3 обладают высокой радиационной стойкостью; е) возможность In_2S_3 заменить токсичный CdS при производстве преобразователей солнечного излучения. Сочетание этих свойств обуславливает перспективность данного соединения при реализации разнообразных технических устройств: светодиодов линейно-поляризованного излучения, дисплеев, электрооптических модуляторов, фотопреобразователей солнечного излучения с высоким КПД (~ 12 – 18%).

Для получения тонких поликристаллических пленок In_2S_3 применяются такие методы, как со-испарение, сульфидизация, химическое и электрохимическое осаждение, распыление пучком электронов, спрей-пиролиз и др., однако наиболее дешевым и простым в исполнении является метод термического вакуумного испарения, применение которого для получения пленок In_2S_3 описано в работах. Использование данного метода приближает условия формирования пленки к термодинамически равновесным, что позволяет получать однородные по толщине и площади однофазные пленки с заданными требованиями по совершенству.

Таким образом, основным направлением диссертационного исследования является установление закономерностей изменения микроструктуры, электрических и оптических свойств тонких пленок In_2S_3 в зависимости от технологических режимов их получения методом термического испарения и исследование взаимосвязи указанных свойств для определения оптимальных условий формирования пленок In_2S_3 , предназначенных для использования в оптоэлектронных приборах. Результаты работы должны создать научно-техническую базу для технологии получения тонких пленок In_2S_3 и последующей разработки на их основе приборов оптоэлектроники с улучшенными функциональными характеристиками.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Тема диссертационной работы соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь, а именно пунктам 6.9. «Принципы схмотехнического построения и технологии создания интегральных, в том числе трехмерных, микросхем, устройств функциональной и СВЧ-электроники, опто- и микроэлектромеханических систем, светодиодных и фоточувствительных приборов, высокоэффективных солнечных элементов» и 8.1. «Структура и физические свойства конденсированных сред, новые магнитные, сегнетоэлектрические, полупроводниковые, сверхпроводящие, радиационно-стойкие и сверхтвердые мате-

риалы и композиты, фотонные и нелинейно-оптические кристаллы» Перечня приоритетных направлений фундаментальных и прикладных исследований Республики Беларусь на 2011-2014 годы (утверждено постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19.04.2010 г., № 585).

Степень разработанности проблемы

Интерес к монокристаллам In_2S_3 вызван следующими обстоятельствами: а) собственная проводимость является всегда электронной из-за избыточного числа атомов халькогена; б) данное соединение растворяет значительную долю собственных компонентов и одновременно из-за дефектности структуры не испытывает сильного влияния со стороны посторонних атомов, т.е. примеси являются электрически неактивными, что позволяет при синтезе использовать менее чистые исходные компоненты; в) значения ширины запрещенной зоны этого соединения близко к оптимальному ($E_g = 1,9 - 2,2$ эВ) для разработок преобразователей солнечного излучения; г) коэффициент оптического поглощения, в пределах спектрального диапазона солнечного излучения, достигает больших значений ($\alpha > 10^4$ см⁻¹), что обеспечивает высокую поглощающую способность падающего излучения в тонких пленках; д) благодаря большому количеству дефектов (~33 %) кристаллы In_2S_3 обладают высокой радиационной стойкостью; е) возможность In_2S_3 заменить токсичный CdS при производстве преобразователей солнечного излучения. Сочетание этих свойств обуславливает перспективность данного соединения при реализации разнообразных технических устройств: светодиодов линейно-поляризованного излучения, дисплеев, электрооптических модуляторов, фотопреобразователей солнечного излучения с высоким КПД (~ 12 – 18%).

Цель и задачи исследования

Целью диссертационной работы является установление закономерностей изменения микроструктуры и оптических свойств тонких пленок In_2S_3 в зависимости от условий их получения методом вакуумного напыления и последующей термической обработки для формирования пленок, пригодных для использования в тонкопленочных приборах оптоэлектроники.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

– Методом вакуумного напыления получить тонкие пленки In_2S_3 на стеклянных подложках и исследовать влияние режимов получения на их кристаллическую структуру, элементный, фазовый состав и морфологию.

– Провести термический отжиг пленок в температурном интервале 300-400 °С в течение 30-60 мин. и исследовать их микроструктуру.

– Исследовать оптические характеристики пленок In_2S_3 , в том числе спектры пропускания и комбинационного рассеяния в зависимости от условий получения.

Область исследования

Содержание диссертации соответствует образовательному стандарту высшего образования второй ступени (магистратуры) специальности 1-38 80 04 «Технология приборостроения».

Теоретическая и методологическая основа исследования

В основу диссертации легли работы белорусских, российских и зарубежных ученых в области получения и исследования пленок CdS, а также анализ технических нормативных правовых актов по рассматриваемой тематике.

Информационная база исследования сформирована на основе литературы, открытой информации, технических нормативно-правовых актов, сведений из электронных ресурсов, а также материалов научных конференций и семинаров.

Научная новизна диссертационной работы состоит в определении микроструктурных (кристаллическая структура, фазовый и элементный состав, морфологии поверхности, размеры кристаллитов) и оптических характеристик тонких пленок In_2S_3 и установлении их взаимосвязи и технологическими режимами формирования слоев (температура подложки, толщина пленки, температура и время термического отжига). Важным является также то, что термический отжиг тонких пленок приводит к фазовому переходу от тетрагональной к кубической кристаллической структуре, что подтверждается данными рентгеновских исследований и комбинационной спектроскопии. Экспериментальные данные по изменению оптической ширины запрещенной зоны пленок In_2S_3 в зависимости от условий получения представляются важными для прогнозирования физических характеристик тонкопленочных солнечных элементов на их основе.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Методика получения пленок In_2S_3 толщиной 40 - 1500 нм путем вакуумного термического напылением (температура подложки 200 – 240 °С) с последующим термическим отжигом в температурном интервале 300 – 400 °С в течение 30 – 60 мин., элементный состав и кристаллическая структура которых соответствуют объемным кристаллам.

2. Характер изменения морфологии поверхности, шероховатости (1.30 - 5.06 нм) и размеров зерна (50 - 75 нм.) пленок In_2S_3 в зависимости от технологических режимов вакуумного напыления и термического отжига, что позволяет получать слои с требуемыми микроструктурными характеристиками для использования в различных типах фоточувствительных структур.

3. Экспериментально установленные оптические характеристики (коэффициент оптического поглощения $\alpha = 10^3 - 5 \times 10^4 \text{ см}^{-1}$, прямые и непрямые оптические переходы, ширина запрещенной зоны в интервале 1.47 - 2.70 эВ) тонких пленок In_2S_3 в зависимости от условий формирования, расширяющие

представления о физических свойствах и зонной структуре соединения In_2S_3 , что важно для практического применения при конструировании оптоэлектронных приборов, в частности, в качестве буферных и поглощающих слоев для тонкопленочных солнечных элементов.

Теоретическая значимость работы заключается в детальном анализе методик получения пленок и методов, применяемых для исследования микроструктуры пленок.

Практическая значимость диссертации состоит в том, что Результаты диссертации могут быть использованы для оптимизации технологии получения тонких пленок In_2S_3 путем вакуумного термического напылением с последующим термическим отжигом.

Апробация и внедрение результатов исследования

Результаты исследований, вошедшие в диссертацию, докладывались и обсуждались на следующих республиканских и международных конференциях: 12-я международная научно-практическая конференция «Advances in Science and Technology», Москва, Россия, 2018 г.; 61-я студенческая международная научно-практическая конференция «Научное сообщество студентов 21-го столетия», Новосибирск, Россия, 2018 г.; 53-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, Беларусь, 2017 г.

Публикации

Изложенные в диссертации основные положения и выводы опубликованы в 6 печатных работах. В их числе 6 статей в сборниках материалов научных конференций.

Структура и объем работы

Диссертация состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав с краткими выводами по каждой главе, заключения, библиографического списка и приложений.

В первой главе приведен обзор литературных данных по физическим свойствам кристаллов и тонких пленок In_2S_3 . **Во второй главе** рассмотрены методики получения пленок In_2S_3 и методы исследования микроструктуры и оптических свойств. **В третьей главе** рассмотрено влияние температуры отжига на микроструктуру пленок In_2S_3 . **В приложении** представлены публикации автора, акт внедрения и презентация.

Общий объем диссертации составляет 106 страниц, в том числе 34 рисунка на 32 страницах, 7 таблиц на 6 страницах. Библиографический список на 14 страницах содержит 196 наименований (в том числе 6 публикаций автора).

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы производства солнечных элементов на основе тонких пленок, указаны основные направления исследований, проводимых по данной тематике, а также обосновано актуальность темы.

В **общей характеристике работы** показана актуальность проводимых исследований, степень разработанности проблемы, сформулированы цель и задачи диссертации, обозначена область исследований, научная (теоретическая и практическая) значимость исследований, а также апробация работы.

В **первой главе** рассмотрены физико-химические свойства кристаллов In_2S_3 (Рисунок 1), включая их кристаллическую структуру, фазовые переходы, а также термодинамические, оптические свойства. Кроме того, представлены сведения о составе и термодинамике пара In_2S_3 , поскольку эти данные имеют ключевое значение для термических методов получения тонких пленок.

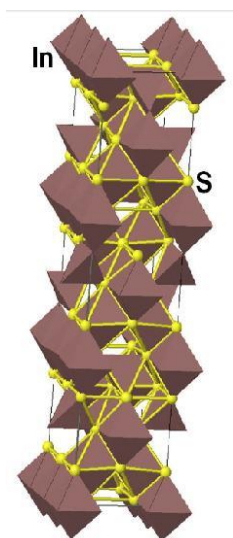


Рисунок 1 – Кристаллическая структура In_2S_3

Было установлено, что поскольку анизотропия тепловых свойств описана в нескольких работах и полученные значения отличаются друг от друга, а для кубической модификации данных вообще нет, возникает необходимость в изучении анизотропии для нахождения оптимальных режимов выращивания однородных монокристаллов. Исследование фундаментальных характеристик соединения In_2S_3 необходимо для выработки рекомендаций по его внедрению и практическому использованию.

Во **второй главе** описаны методика получения (Рисунок 2) пленок и методы, применяемые для исследования микроструктуры пленок, включая их кристаллическую структуру, элементный и фазовый состав, распределение

элементов по толщине, морфологию и топологию поверхности, а также их оптических свойств.



Рисунок 2 – Различные физические и химические тонкие процессы осаждения пленок.

В соответствии с целью диссертационной работы для получения тонких пленок беспримесного и легированного In_2S_3 были использованы методы термического вакуумного испарения. Эти методы обеспечивают высокое кристаллическое, низкий уровень загрязнения материала неконтролируемыми примесями и состав, близкий к стехиометрическому.

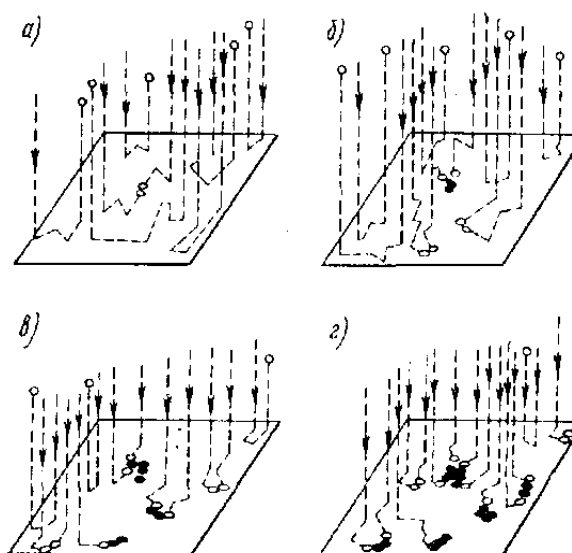


Рисунок 3 – Модель начальной стадии роста тонкой пленки

Было установлено, что для изучения микроструктуры полученных пленок In_2S_3 (Рисунок 3) в зависимости от условий получения использовались такие методы, как рентгеновская дифракция, рентгеноспектральный микроанализ, сканирующая электронная микроскопия, атомно-силовая микроскопия с применением современного оборудования и программного обеспечения для обработки полученных данных.

В третьей главе представлены результаты исследований кристаллической структуры и фазового состава поликристаллов In_2S_3 , использованных для получения пленок, а также микроструктуры пленок In_2S_3 , полученных методом вакуумного напыления с последующим термическим отжигом. Изучено влияние температуры отжига на тип текстуры, представлены параметры элементарной ячейки пленок In_2S_3 с различной текстурой, а также данные о морфологии и топологии пленок (Рисунок 4).

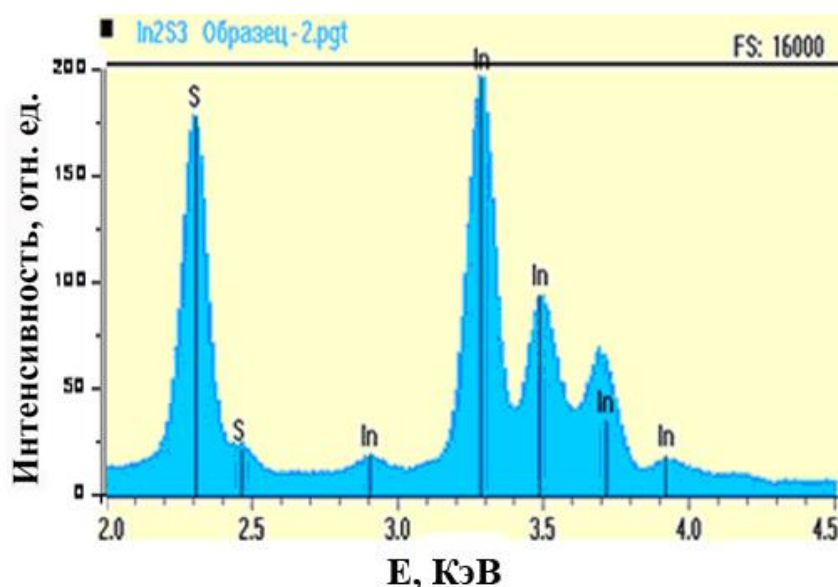


Рисунок 4 – Типичный РСМ-спектр пленки In_2S_3

Была разработана методика формирования тонких пленок In_2S_3 толщиной 40 - 1500 нм путем вакуумного термического напыления (температура подложки 200 – 240 °C) с последующим термическим отжигом в температурном интервале 300 – 400 °C в течение 30 – 60 мин., которые по своему элементному составу и кристаллической структуре соответствуют объемным кристаллам. Было установлено, что тонкие пленки до отжига аморфные. Анализ пленок методом атомно-силовой микроскопии показал, что с увеличением температуры и времени отжига средняя и среднеквадратический шероховатости увеличиваются от 1.30 нм, 1.68 нм до 3.97 нм, 5.06 нм соответственно

Исследования морфологии поверхности показали, что тонкие пленки являются оптически однородными без проколов и микротрещин. Размер зерен увеличиваются от 50 нм до 75 нм с увеличением температуры и времени отжига. Плотность дислокаций изменяется от 4×10^{10} (см⁻²) до 1.7×10^{10} (см⁻²) с ростом температуры отжига от 330 °С (60 мин.) до 400 °С (60 мин.).

Анализ пленок методом атомно-силовой микроскопии показал, что с увеличением температуры и времени отжига средняя и среднеквадратичский шероховатости увеличиваются от 1.30 нм, 1.68 нм до 3.97 нм, 5.06 нм соответственно. Эти результаты обеспечивают более полное представление о влиянии параметров отжига на морфологические особенности тонких пленок In₂S₃ в соответствии с требованиями к поверхности при создании оптоэлектронных устройств.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные результаты диссертации

Разработана методика формирования тонких пленок In₂S₃ толщиной 40 - 1500 нм путем вакуумного термического напылением (температура подложки 200 – 240 °С) с последующим термическим отжигом в температурном интервале 300 – 400 °С в течение 30 – 60 мин., которые по своему элементному составу и кристаллической структуре соответствуют объемным кристаллам.

Установлено, что тонкие пленки до отжига аморфные. После отжига пленок In₂S₃ при 330 °С в течение 30 мин. на рентгенограммах появляются рефлексы 103, 214, 324 и 303, соответствующие кристаллической тетрагональной фазе In₂S₃. Отжига при 400 °С в течение 30 и 60 мин приводит к появлению в пленках тетрагональной и кубической фаз, что согласуется с литературными данными.

Исследования морфологии поверхности показали, что тонкие пленки являются оптически однородными без проколов и микротрещин. Размер зерен увеличиваются от 50 нм до 75 нм с увеличением температуры и времени отжига. Плотность дислокаций изменяется от 4×10^{10} (см⁻²) до 1.7×10^{10} (см⁻²) с ростом температуры отжига от 330 °С (60 мин.) до 400 °С (60 мин.).

Анализ пленок методом атомно-силовой микроскопии показал, что с увеличением температуры и времени отжига средняя и среднеквадратичский шероховатости увеличиваются от 1.30 нм, 1.68 нм до 3.97 нм, 5.06 нм соответственно. Эти результаты обеспечивают более полное представление о влиянии параметров отжига на морфологические особенности тонких пленок In₂S₃ в соответствии с требованиями к поверхности при создании оптоэлектронных устройств.

Рекомендации по практическому использованию результатов

Представленная в работе методика получения тонких пленок In_2S_3 может использоваться для получения слоев, пригодных для применения в приборах оптоэлектроники. Информация о фундаментальных физических параметрах пленок In_2S_3 , структурных и оптических характеристик, элементном составе (параметры элементарной ячейки, коэффициент поглощения, ширина запрещенной зоны, характер оптических переходов и др.) может быть использована в качестве справочных данных для материаловедения, разработки и расчета характеристик тонкопленочных солнечных элементов на основе этого материала. Экспериментальные результаты по связи микроструктуры и оптических характеристик с технологическими режимами формирования слоев In_2S_3 на стеклянных подложках могут быть использованы для совершенствования технологии создания высокоэффективных фотопреобразователей, как источников энергообеспечения в земных и космических условиях.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СОИСКАТЕЛЯ

- [1]. Курец, А.Л. Компьютерное моделирование устройства детектирования объекта в видеопотоке / А.Л. Курец, Д.С. Григорук // XII международная научно-практическая конференция «Advances in Science and Technology», Москва, Россия, 2018.
- [2]. Курец, А.Л. Автономные системы видеонаблюдения / А.Л. Курец, Д.С. Григорук // XIII международная научно-практическая конференция «Eurasiascience», Москва, Россия, 2018.
- [3]. Григорук, Д.С. Источники питания на солнечной энергии / Д.С. Григорук, А.Л. Курец // XII международная научно-практическая конференция «Advances in Science and Technology», Москва, Россия, 2018.
- [4]. Курец, А.Л. Развитие солнечных элементов питания / А.Л. Курец, Д.С. Григорук // XIV международная научно-практическая конференция «Российская наука в современном мире», Москва, Россия, 2018.
- [5]. Григорук, Д.С. Микроструктура и оптические характеристики тонких пленок при создании солнечных элементов / Д.С. Григорук, А.Л. Курец XIII международная научно-практическая конференция «Eurasiascience», Москва, Россия, 2018.
- [6]. Курец, А.Л. Компьютерное моделирование устройства детектирования объекта в видеопотоке / А.Л. Курец, Д.С. Григорук // 53-я научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов БГУИР, Минск, Беларусь, 2017.

РЕЗЮМЕ

Григорук Дмитрий Сергеевич

Получение и исследование микроструктуры и оптических характеристик тонких пленок In_2S_3 для создания солнечных элементов

Ключевые слова: тонкие пленки, солнечных элементы.

Цель работы: исследование методов получения и исследования микроструктуры и оптических характеристик тонких пленок In_2S_3 .

Полученные результаты и их новизна: выполнен анализ белорусских и зарубежных источников по тематике физических свойств кристаллов и тонких пленок In_2S_3 . Классифицированы методики получения пленок In_2S_3 и методы исследования микроструктуры и оптических свойств.

Степень использования: результаты диссертации были использованы для оптимизации технологии получения тонких пленок In_2S_3 путем вакуумного термического напылением с последующим термическим отжигом. Представлены результаты исследований кристаллической структуры и фазового состава поликристаллов In_2S_3 , использованных для получения пленок, а также микроструктуры пленок In_2S_3 , полученных методом вакуумного напыления с последующим термическим отжигом. Изучено влияние температуры отжига на тип текстуры, представлены параметры элементарной ячейки пленок In_2S_3 с различной текстурой, а также данные о морфологии и топологии пленок.

Область применения: конструирование оптоэлектронных приборов.

РЭЗІЮМЭ

Грыгарук Дзмітрый Сяргеевіч

Атрыманне і даследаванне мікраструктуру і аптычных характарыстык тонкіх плёнак In_2S_3 для стварэння сонечных элементаў

Ключавыя словы: тонкія плёнкі, сонечных элементы.

Мэта працы: даследаванне метадаў атрымання і даследаванні мікраструктуру і аптычных характарыстык тонкіх плёнак In_2S_3 .

Атрыманыя вынікі і іх навізна: выкананы аналіз беларускіх і замежных крыніц па тэматыцы фізічных уласцівасцяў крышталю і тонкіх плёнак In_2S_3 . Класіфікаваны метадыкі атрымання плёнак In_2S_3 і метады даследавання мікраструктуру і аптычных уласцівасцяў.

Ступень выкарыстання: вынікі дысертацыі былі выкарыстаны для аптымізацыі тэхналогіі атрымання тонкіх плёнак In_2S_3 шляхам вакуумнага тэрмічнага напылення-ем з наступным тэрмічным адпалам.

Прадстаўлены вынікі даследаванняў крышталічнай структуры і фазового складу полікрысталлов In_2S_3 , выкарыстаных для атрымання плёнак, а таксама мікраструктуру плёнак In_2S_3 , атрыманых метадам Ваку-разумнага напылення з наступным тэрмічным адпалам. Вывучана ўплывалі-чэнне тэмпературы аджыга на тып тэкстуры, прадстаўленыя параметры эліментарнай ячэйкі плёнак In_2S_3 з рознай тэкстурай, а таксама дадзеныя аб марфалогіі і тапалогіі плёнак.

Вобласць ужывання: канструяванне оптаэлектронных прыбораў.

SUMMARY

Grigoruk Dmitry Sergeevich

Obtaining and studying the microstructure and optical characters of In_2S_3 thin films for creating solar cells

Keywords: thin films, solar cells.

The object of study: study of methods for obtaining and studying the microstructure and optical characteristics of In_2S_3 thin films.

The results and novelty: an analysis of Belarusian and foreign sources on the topic of physical properties of crystals and thin films of In_2S_3 is carried out. The methods for obtaining In_2S_3 films and methods for studying microstructure and optical properties are classified.

Degree of use: the results of the thesis were used to optimize the technology of obtaining thin In_2S_3 films by vacuum thermal spraying with subsequent thermal annealing.

The results of investigations of the crystal structure and the phase composition of In_2S_3 polycrystals used for the preparation of films, as well as the microstructure of In_2S_3 films obtained by vacuum-sputtering with subsequent thermal annealing are presented. The influence of the temperature of the otjig on the texture type is studied, the parameters of the elementary cell of In_2S_3 films with different textures are presented, as well as data on the morphology and topology of the films.

Sphere of application: design of optoelectronic devices.