

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

УДК 621.793.182 *На правах рукописи*

КОВАЛЁВА
Алина Петровна

**ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ТОНКОПЛЕНОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ
НА ПОЛИМЕРНЫХ ПОДЛОЖКАХ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ ОПТИКИ
И ОПТОЭЛЕКТРОНИКИ**

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-39 81 01 Компьютерные технологии
проектирования электронных систем

Научный руководитель
академик НАН РБ,
доктор технических наук, профессор
Достанко Анатолий Павлович

Минск 2016

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

Научный руководитель:

Достанко Анатолий Павлович
академик НАН РБ; доктор технических наук;
профессор; заведующий кафедрой электронной техники и технологий учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

Рецензент:

Шульдова Светлана Георгиевна
кандидат технических наук, заведующая кафедрой информационных технологий Минского инновационного университета

Защита диссертации состоится «20» января 2016 г. года в ____ часов на заседании Государственной комиссии по защите магистерских диссертаций в учреждении образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники» по адресу: 220013, г. Минск, ул. П.Бровки, 6, 1уч.корп., ауд. 413, тел.: 293-20-80, e-mail: kafpiks@bsuir.by.

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

ВВЕДЕНИЕ

Интенсивное развитие оптики и оптоэлектроники ставит задачу разработки и исследования новых функциональных материалов, на основе которых могут быть созданы приборы с новыми функциональными возможностями, например, подложек на гибких полимерах. Важность развития данного научного направления была подтверждена присуждением Нобелевской премии по химии в 2000 году А. Хиигеру, А. МакДиармиду и Х. Ширакава за открытие и создание проводящих полимеров. Их открытие состоит в опровержении общепринятого мнения, что полимеры могут быть только изоляторами. Они показали, что при определенных условиях сопряженные полимеры (то есть полимеры с чередующимися двойными, тройными и одинарными углеродными связями) могут обладать проводимостью, близкой к металлической.

В настоящий момент многие ведущие компании такие как *Apple, LG, Samsung, HP*, занимаются тестированием гибких полимеров для своих устройств с гибкими дисплеями. Исследователи из *Flexible Display Center* разработали гибкий сенсорный экран с активной матрицей. В основе новинки лежит технология активной матрицы от *E-Ink Corp*, но вместо традиционного стекла используется гибкая подложка *DuPont Teijin Films*. Это позволило устранить один из самых главных недостатков сенсорных панелей – их хрупкость. Вопросы реализации эффективных солнечных батарей на основе тонкопленочных технологий были рассмотрены в работах *Lian Wei Wang, Allen Barnett, Douglas Kirkpatrick, Christiana Honsberg, Duncan Moore, Mark Wanlass, Keith Emery*, а также многочисленными исследовательскими институтами и компаниями мира, такими как *Daystar, Iowa Thin Film Technologies, Nanosolar, Nanosys, NREL* и *United Solar Ovonic*. Так в работе *Lian Wei Wang* было предложено усовершенствовать технологию производства кремниевых солнечных батарей, в то время как в работе *Allen Barnett* была представлена новая структура солнечной батареи, а именно использование гибких полимеров вместо обычной стеклянной подложки.

Однако в описанных выше работах и различных разработках не до сих пор слабо изучен вопрос о формировании тонкопленочных покрытий обладающих высокой плотностью, низкой пористостью и хорошей адгезией. Кроме того покрытия должны иметь приемлемые электрофизические и оптические характеристики. Поэтому выбор метода, условий и режимов формирования функциональных покрытий на гибких полимерах является актуальной проблемой.

В связи с этим одним из перспективных направлений является нанесение вакуумных покрытий на полимерные материалы, поскольку большинство полимерных материалов характеризуется низкой теплостойкостью, они легко разрушаются под действием больших тепловых потоков, резко увеличивают газовыделение вследствие выхода паров воды, мономеров, растворителей и пластификаторов. Кроме того, толщина покрытия, наносимого на холодную подложку, ограничена возникновением внутренних напряжений в формируемой пленке. Таким образом, на пути совершенствования технологий формирования функциональных покрытий, стоит ряд актуальных задач теоретического, методологического и практического характера, решение которых и легло в основу настоящей работы.

Часть результатов диссертации получена в рамках проведения научных исследований по ГБЦ № 14-3006 «Разработка процессов формирования функциональных тонкопленочных покрытий на полимерных подложках для изделий оптики и оптоэлектроники» (2014-2015 гг., ГР 20143500).

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования

Актуальность выбранного направления исследований соответствует современным тенденциям развития оптики и оптоэлектроники. Данная работа направлена на создание научно-технического задела технологии получения функциональных тонкопленочных полимерных на гибких полимерных подложках. Разработанный низкотемпературный метод с использованием плазменных торцевых холловских ускорителей для формирования покрытий на гибких полимерах позволит получать изделия нового поколения, характеризующиеся гибкостью без нарушения функциональных возможностей. Таким образом, актуальной является задача формирования функциональных тонкопленочных покрытий на гибких полимерах с необходимыми электрооптическими характеристиками.

Степень разработанности проблемы

Тонкопленочные покрытия в зависимости от своего функционального назначения широко применяются для формирования функциональных слоёв на поверхности полимеров. В работе *Wu C. Y.* тонкие пленки SiO_x синтезировались плазмохимическим осаждением из тетраметилсилана и кислорода. Присутствие неорганических сеток $Si-O-Si$ значительно увеличило твердость полимерной подложки. Кроме того покрытия эффективно повышали стойкость полимера к парам воды. В работе *Lee C. C.* покрытия на подложках из

полиметилметакрилата и поликарбоната наносились термическим испарением. В качестве оптических покрытий применялись SiO_2 и TiO_2 . Для адгезионного слоя применялся SiO_2 , нанесенный золь-гель методом. Анализ данных показывает, что подслой из хрома не приводит к обеспечению необходимых адгезионных свойств. В то же время обогащенные кислородом слои TiO_x и SiO_x , а так же слой SiO_2 , нанесенные золь-гель методом дали хорошие результаты. Иногда для повышения эксплуатационных параметров полимерных подложек на их поверхность наносят твердое покрытие (*hardcoatinglayer*). В его качестве могут использоваться такие диэлектрические покрытия как нитриды алюминия, кремния, бора, углерода, алмазоподобные пленки и т.д.

Цель и задачи исследования

Цель работы состоит в исследовании и анализе функциональных характеристик покрытий на гибких полимерных подложках, сформированных низкотемпературными методами для изделий оптики и оптоэлектроники.

Для достижения поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

1. Проанализировать материалы, используемые для гибких полимерных подложек, и методы формирования на них функциональных покрытий для изделий оптики и оптоэлектроники.

2. Выбрать оптимальные режимы формирования функциональных покрытий на гибких полимерных подложках для гибких дисплеев и полимерной оптики. Установить закономерности изменения адгезионные и оптические свойств, а также трибологических характеристик.

3. Определить оптимальные режимы низкотемпературных процессов формирования покрытий на поверхности полимерных материалов для солнечных элементов. Провести исследования функциональных характеристик полученных тонкопленочных покрытий.

Объектом исследования функциональные покрытия (адгезионные, барьерные, просветляющие, защитные, буферные, ориентирующие и пр.) на гибких полимерных подложках.

Предметом работы выступают электрофизические и оптические зависимости и характеристики функциональных покрытий, а также низкотемпературные методы их формирования.

Область исследования. Содержание диссертационной работы соответствует образовательному стандарту высшего образования второй

ступени (магистратуры) специальности 1-39 81 01 «Компьютерные технологии проектирования электронных систем».

Теоретической основой исследования являются теоретические и практические положения отечественных и зарубежных исследований по проблеме инновационной деятельности: *Cheng-ChungLee*, Томилин М.Г., *FujikakeH.*, *Jau,H-C*, *LianWeiWang*, *AllenBarnett*, *DouglasKirkpatrick*, *ChristianaHonsberg*, *DuncanMoore*, *MarkWanlass*, *KeithEmery* и др.

Методологической основой исследования являются разработки и результаты отечественных и зарубежных авторов, методические материалы, труды отечественных и зарубежных учёных и научные труды в области формирования функциональных покрытий на гибких полимерах. В магистерской диссертации используются следующие общенаучные методы: эмпирическое исследование (эксперимент, измерение, научное исследование), обще логические (анализ, аналогия, системный подход), метод факторного и сравнительного анализа.

Инструментальной базой исследования для регистрации спектральных характеристик служили спектрофотометр *SPECORD* с использованием прибора *SPECTROVIZOR* и спектрофотометр *Proscan*. Обработка полученных экспериментальных данных проводилась с использованием *MSExcel*.

Научная новизна и значимость полученных результатов заключается в формировании функциональных тонкопленочных покрытий на гибких полимерных материалах с использованием плазменных торцевых холловских ускорителей.

Основные положения, выносимые на защиту

1. Защитные покрытия, сформированные распылением мишени из поликристаллического кремния, позволили избежать разрушения поверхности полимера при воздействии диметилформамида, который применяется в технологическом процессе изготовления дисплеев. Было установлено, что пропускание пленок толщиной 100 нм на длине волны 450 нм составило 68 % и уменьшилось по сравнению с исходной подложкой всего на 4 %, что доказывает перспективность реактивного ионно-лучевого распыления для формирования защитных покрытий.

2. Получены спектральные зависимости для тыльного контакта из молибдена. В диапазоне максимального поглощения *CIGS* отражение составля-

ет около 50 %, что будет способствовать повышению эффективному поглощению солнечной энергии в слое *CIGS*.

3. Результаты испытаний на износостойкость и теста на адгезию показали пригодность покрытий из нитрида алюминия для защиты поверхности полимера от царапин, которые ухудшают внешний вид и восприятие зрительной информации.

4. Получены спектроскопические исследования пропускания буферных слоев для гибких солнечных элементов. Было установлено, что с ростом температуры подложки полоса пропускания смещается в коротковолновую область.

Теоретическая значимость диссертации заключается в том, что было исследовано влияния материалов покрытий и состава рабочего газа на оптические и электрофизические характеристики полученных покрытий. Исследовано влияние условий синтеза мишеней на удельное сопротивление, пропускание и отражение формируемых покрытий.

Практическая значимость

Результаты работы являются научно-техническим заделом для постановки опытно-технологических работ для изготовления изделий оптики и оптоэлектроники и технологии получения функциональных тонкопленочных покрытий.

Апробация и внедрения результатов исследования

Основные положения работы и результаты диссертационной работы изложены в девяти опубликованных работах.

Структура и объем работы

Структура диссертационной работы обусловлена целью, задачами и логикой исследования. Работа состоит из введения, трёх глав и заключения, библиографического списка и приложений. Общий объем диссертации – 85 страниц. Работа содержит 7 таблиц, 36 рисунков, 2 приложения. Библиографический список включает 58 наименований.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** и **общей характеристике работы** обосновывается актуальность темы исследования, формулируется цель и задачи работы, ее науч-

ная новизна, практическая значимость, приводятся положения выносимые на защиту. Кратко описана структура диссертации.

Первая глава представляет собой литературный обзор по теме диссертации. Анализ литературных данных отражает используемые материалы для гибких полимерных подложек и их свойства, а также методы формирования функциональных тонкопленочных покрытий.

Во второй главе изложены экспериментальные данные по покрытиям для гибких дисплеев и полимерной оптики.

Формирование прозрачных токопроводящих покрытий проводили реактивным ионно-лучевым распылением оксидных керамических мишеней. Это позволило прецизионно контролировать состав исходного материала, существенно снизить температуру подложки, а также отказаться от контроля состава рабочего газа.

Исследовано влияния кислорода на пропускание покрытий. Максимальное значение пропускание (91 %) было у образца при парциальном давлении кислорода $6,66 \times 10^{-3}$ Па. Наименьшее значение пропускание (73 %) было у образца при парциальном давлении кислорода $7,99 \times 10^{-3}$ Па.

Проведены процессы распыления мишеней из In_2O_3 с добавками CeO_2 . Было установлено, что при использовании мишени $In_2O_3+1\%CeO_2$ удалось снизить удельное поверхностное сопротивление почти в два раза при пропускании около 88%.

Были получены защитные покрытия из диоксида кремния, которые используются для предотвращения повреждений поверхности полимера при воздействии диметилформамида, который применяется в технологическом процессе изготовления дисплеев.

Формирование защитных пленок осуществляли на полиэтилентерефталате *Melinex* и триацетилцеллюлозу. Проверка покрытий на воздействие диметилформамида, показала, что предварительная очистка ионами кислорода дала положительные результаты.

Было установлено, что пропускание пленок толщиной 100 нм на длине волны 450 нм составило 68 % и уменьшилось по сравнению с исходной подложкой всего на 4 %. Проведены тесты на адгезию полученных защитных покрытий. Тесты показали положительный результат.

Для формирования адгезионных покрытий использовались пленки оксида кремния и алюминия. Перед нанесением покрытий проводилась модификация поверхности подложек ионами кислорода. При давлении кислорода равном $1,33 \times 10^{-2}$ Па покрытия из оксида алюминия (III) имели темно-коричневую окраску. Дальнейшее увеличение доли кислорода способствовало получению прозрачных пленок. Тест структуры $Ni/SiO_2/Melinex$ на адге-

зюдал хороший результат. Успешно прошли тест покрытия, нанесенные на слой оксида алюминия, а также на чистый полиимид.

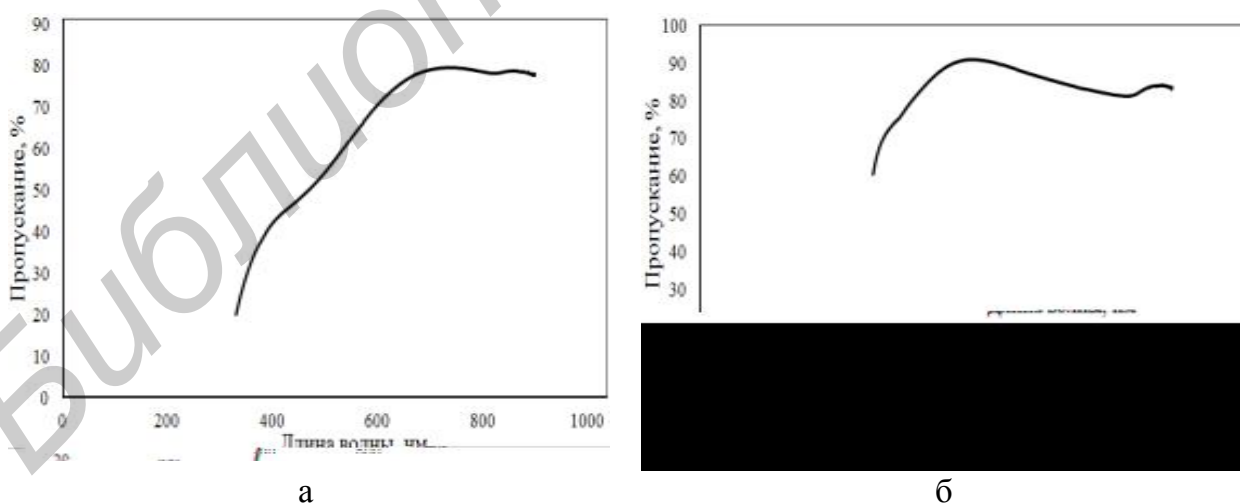
В качестве просветляющих покрытий были использованы пленки из диоксида кремния. Важной задачей таких покрытий является снижение отражения (бликов) от внешних источников света и обеспечение тем самым четкого и контрастного изображения в любое время суток и при любом освещении.

Были получены спектральные зависимости отражения подложки из полиэтилентерефталата *Melinex* с защитным покрытием и без него. После нанесения пленки диоксида кремния толщиной $\sim 0,14$ мкм наблюдалось уменьшение отражения в 2...4 раза, в зависимости от длины волны.

Были получены спектральная зависимость пропускания просветляющего покрытия $SiO_2/Nb_2O_5/Melinex$ спектр отражения четырехслойного просветляющего покрытия на подложке из триацетилцеллюлозы. Полученные просветляющие покрытия имели низкий коэффициент отражения.

Во избежание появления царапин на поверхности полимера, которые ухудшает внешний вид и восприятие зрительной информации, наносили защитное твердое покрытие. Были получены эмиссионные спектры при распылении алюминия в аргоне и в смеси аргона и азота.

Было установлено, что наличие напряжения на мишени способствовало существенному увеличению пропускания защитных твердых покрытий (рисунок 1, а-б).



а) при напряжении на мишени 0 В; б) при напряжении на мишени 100 В

Рисунок 1 – Спектральная зависимость пропускания[8]

Получены спектральные зависимости пропускания при давлении азота $2,66 \times 10^{-2}$ Па и $4,66 \times 10^{-2}$ Па, которые свидетельствуют об увеличении про-

пускания на 20 % при большем содержании азота. Тест на адгезию показал, что покрытия имели хорошее сцепление с поверхностью полимера и стекла.

Были получены барьерные слои из оксидов и нитридов кремния, которые применяются для предотвращения взаимодействия полимерной подложки с нанесенными на ее поверхность покрытиями для предотвращения деградации последних. Они наносились на подложки из полиэтилентерефталата *Melinex*.

Установлено, что барьерный слой из диоксида кремния способствовал увеличению прозрачности. Измерено удельное поверхностное сопротивление образцов. Анализ полученных данных показывает, что применение барьерного слоя из диоксида кремния позволило избежать взаимодействия между прозрачным проводящим оксидом и полимером.

Разработаны и исследованы процессы формирования ориентирующих покрытий. Для придания ориентирующих свойств применялся принцип косо-го напыления, который обеспечивает анизотропию поверхностных свойств пленки в направлении напыления.

Ориентирующие покрытия наносились на подложки из триацетилцеллюлозы. Материалом покрытия служил диоксид кремния. Было установлено, что чем тоньше ориентирующее покрытие, тем больше становится угол преднаклона. Получены зависимости угла преднаклона от толщины пленки диоксида кремния. Электрооптические испытания показали хорошую степень переключаемости ЖК-ячейки.

В третьей главе исследованы и проанализированы экспериментальные зависимости для формирования тонкопленочных покрытий для солнечных элементов на полимерных основаниях.

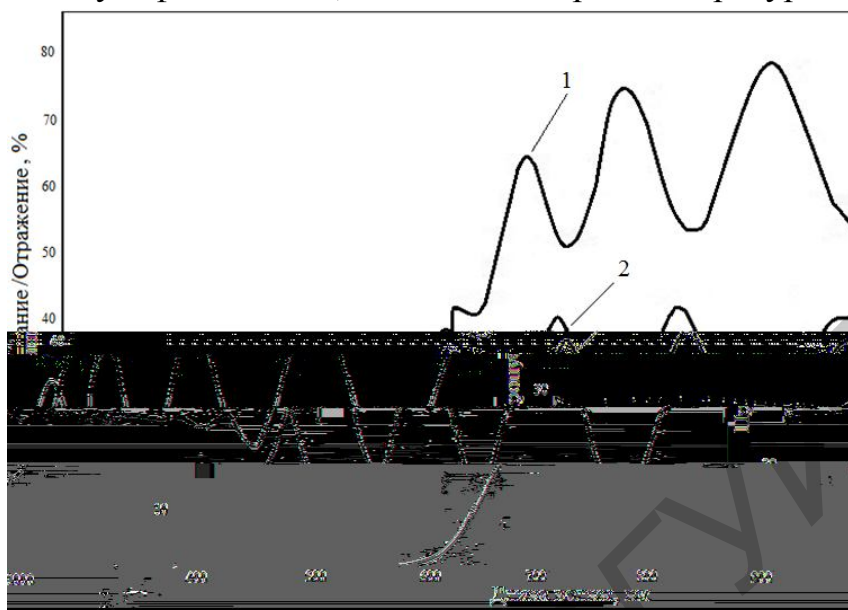
Установлено, что покрытия из никеля к лицевому контакту из $ZnO:Al$ по своим физическим свойствам не уступает уже существующим прозрачным электродам на базе оксида индия-олова (*ITO*).

Слои для обратного контакта из молибдена наносились на поверхность гибкой подложки из полиимида. Перед нанесением поверхность полимера модифицировалась ионами кислорода. Адгезия слоев из *SLG* к полиимиду составляла 4В *ASTM*, а *NaCl* – 1В.

Было осуществлено формирование тыльного контакта из молибдена на полиимидных подложках, покрытых *SLG* и *NaCl*. Было проведено измерение отражения покрытий из молибдена в диапазоне длин волн 400...1250 нм.

Установлено, что с ростом длины волны растет и отражение, и достигает 57 % при длине волны 1250 нм. В диапазоне максимального поглощения *CIGS* отражение составляет около 50 %, что будет способствовать повышению эффективному поглощению солнечной энергии в слое *CIGS*.

На рисунке 2 представлены спектры пропускания и отражения буферных покрытий из сульфида индия, нанесенных при температуре 423 К.



1 – пропускание; 2 – отражение

Рисунок 2 – Спектры покрытий, нанесенных при температуре 423 К[2]

Установлено, что с ростом температуры подложки полоса пропускания смещается в коротковолновую область. Ширина запрещенной зоны In_2S_3 составила 2,65 эВ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Использование реактивного ионно-лучевого распыления оксидных керамических мишеней для прозрачных токопроводящих покрытий позволило прецизионно контролировать состав исходного материала, существенно снизить температуру подложки, а также отказаться от контроля состава рабочего газа. Были получены зависимости удельного поверхностного сопротивления от материала мишени для покрытий. На основе анализа полученных зависимостей было установлено, что при использовании мишени $In_2O_3+1\%CeO_2$ удалось снизить удельное поверхностное сопротивление почти в два раза.

Предварительная очистка ионами кислорода перед формированием защитных покрытий позволила избежать разрушения поверхности полимера при воздействии диметилформамида, который применяется в технологическом процессе изготовления дисплеев. Было установлено, что пропускание пленок толщиной 100 нм на длине волны 450 нм составило 68 % и уменьшилось по сравнению с исходной подложкой всего на 4 %, что доказывает пер-

спективность реактивного ионно-лучевого распыления для формирования защитных покрытий.

Установлено, что барьерный слой из диоксида кремния способствовал увеличению прозрачности. Анализ полученных данных показал, что применение барьерного слоя из диоксида кремния позволило избежать взаимодействия между прозрачным проводящим оксидом и полимером для предотвращения деградации последних.

Для снижения отражения (бликов) от внешних источников света и обеспечения тем самым четкого и контрастного изображения в любое время суток и при любом освещении наносили пленки диоксида кремния. Полученные просветляющие покрытия толщиной $\sim 0,14$ мкм способствовали уменьшению отражения в 2...4 раза, в зависимости от длины волны в покрытиях.

Результаты испытаний на износостойкость и теста на адгезию показали пригодность покрытий из нитрида алюминия для защиты поверхности полимера от царапин, которые ухудшают внешний вид и восприятие зрительной информации.

Было установлено, что при формировании тыльного контакта из молибдена в диапазоне максимального поглощения *CIGS* отражение составляет около 50 %, что будет способствовать повышению эффективному поглощению солнечной энергии в слое *CIGS*.

Из спектроскопических исследований пропускания буферных слоев из In_2S_3 для гибких солнечных элементов было установлено, что с ростом температуры подложки полоса пропускания смещается в коротковолновую область. Ширина запрещенной зоны In_2S_3 составила 2,65 эВ.

Было установлено, что покрытия из никеля к лицевому контакту из $ZnO:Al$ по своим физическим свойствам не уступает уже существующим прозрачным электродам на базе оксида индия-олова (*ITO*).

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

[1] Ковалёва, А.П. Формирование прозрачных электродов на полимерных подложках для гибких ЖК-дисплеев / А.А.Симаньков, А.П.Ковалева // Физика конденсированного состояния (ФКС-XXIII): Материалы XXIII междунар. науч.-практ. конф. аспирантов, магистрантов и студентов, Гродно, 16 апр. 2015 г. / ГрГУ им. Я.Купалы, физ.-техн. фак. ; редкол.: В.Г.Барсуков (гл. ред.) [и др.] – Гродно: ГрГУ, – 2015. – С.66-68.

[2] Ковалёва, А.П. Формирование функциональных слоев для гибких солнечных элементов / Е.В.Телеш, А.П.Ковалева // VIII Международная научно-техническая конференция "ПРИБОРОСТРОЕНИЕ-2015",

25-27 ноября 2015 г. / БНТУ; ред.кол.: О.К.Гусев (гл. ред.) [и др.]. – Минск.– 2015. – С. 150-151.

[3] Kovaleova, A. Forming adhesive and barrier coatings for flexible displays / A. Kovaleova // The Youth of the 21st Century: Education, Science, Innovations: materials of the International Conference for Students, Postgraduates and Young Scientists; Vitebsk, December 4, 2014 / Vitebsk State University; Editorial board.: I.M. Prischepa (editor in chief.) [et al.]. – Vitebsk: VSU named after P.M. Masherov, 2014. – P.49-51.

[4] Ковалёва, А.П. Формирование износостойких покрытий на полимерных подложках / А.П.Ковалева // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2014: Матер. 10-й межд. молод. науч.-техн. конф. 12-17 мая 2014 г. / Сев.нац.техн.ун-т., научн. ред. Ю.Б.Гимпилевич. – Севастополь: СевНТУ. – 2014. – С.287.

[5] Ковалёва, А.П. Формирование защитных диэлектрических покрытий для гибких дисплеев / А.П.Ковалёва // Современные тенденции развития науки и производства: сборник материалов Международной научно-практической конференции, 23-24 октября 2014 г. / в 4-х томах, Том 3, – Кемерово: ООО «ЗапСибНЦ», 2014. – С.62-64.

[6] Ковалёва, А.П. Формирование диэлектрических защитных покрытий на гибких полимерных подложках / А.П. Ковалева // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ-2013: Матер. 9-й межд. молод.науч.-техн. конф. Сев.нац.техн.ун-т., 22-26 апреля 2013 г. / научн. ред. Ю.Б.Гимпилевич. – Севастополь: СевНТУ. – 2013. – С. 400.

[7] Ковалёва, А.П. Применение вторичного плазменного разряда для формирования пленок оксидов и нитридов / А.П. Ковалева // Физика конденсированного состояния (18-19 апреля 2013 г.): сб. научн. ст. / ГрГУ им. Я.Купалы; редкол.: Е. А. Ровба (гл. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ. – 2013. – С. 220-222.

[8] Ковалёва, А.П. Ионно-лучевой синтез тонких пленок AlN / А.П. Ковалева // Физика конденсированного состояния: сб. научн. ст. / ГрГУ им. Я. Купалы; редкол.: Е. А. Ровба (гл. ред.) [и др.]. – Гродно: ГрГУ. – 2014. – С. 174-175.

[9] Ковалёва, А.П. Модификация поверхности полимеров ионами химически активных газов / А.П.Ковалева, Е.В.Телеш // V молодежная конференция ИОХ РАН (28-29 марта 2012 г.): Сб. тез.докл. Инст.орг.химии им. Н.Д. Зелинского РАН; редкол: В.П. Анаников(гл. ред.) [и др.]. – М.: ИОХ РАН. – 2012. – С. 99-100.

РЭЗІЮМЭ

Кавалёва Аліна Пятроўна

Функцыянальныя тонкаплёнкавыя пакрыцця на палімерных падкладках для вырабаў оптыкі і оптаэлектронікі

Ключавыя словы: функцыянальныя пакрыцця, гнуткія палімеры, спектральныя характарыстыкі

Мэта працы: даследаванне і аналіз функцыянальных характарыстык пакрыццяў на гнуткіх палімерных падкладках, сфармаваных нізкатэмпературнымі метадамі, для вырабаў оптыкі і оптаэлектронікі.

Атрыманыя вынікі і іх навізна: у дысертацыі прыведзены дадзеныя па ўздзеянні тэхналагічных фактараў на структуру функцыянальных тонкаплёнкавых пакрыццяў, якія фарміруюцца на гнуткіх палімерных падкладках. Ахоўныя пакрыцця, сфармаваныя распыленнем мішэні з полікрышталічнага крэмнія, дазволілі пазбегнуць разбурэння паверхні палімера пры ўздзеянні диметилформамида, які ўжываецца ў тэхналагічным працэсе вырабоду сплеяў. Было ўстаноўлена, што прапусканне плёнак таўшчынёй 100 нм на даўжыні хвалі 450 нм склала 68% і зменшылася ў параўнанні з зыходнай падкладкай ўсяго на 4%, што дазваляе перспектыва насць рэактыўнага іённа-прамянёвага распылення для фарміравання ахоўных пакрыццяў. У тыльняк кантакту з малібдэна з ростам даўжыні хвалі расцаджостраванне. У дыяпазоне максімальнага паглынання CIGS адлюстраванне складае каля 50%, што будзе спрыяць павышэнню эфектыўнаму паглынання сонечнай энергіі ў пласце CIGS. Вынікі выпрабаванняў на зносаўстойлівасць і тэсту на адгезію паказалі прыдатнасць пакрыццяў з нітрыду алюмінія для абароны паверхні палімера ад драпін, якія пагаршаюць вонкавы выгляд і ўспрымання глядзельнай інфармацыі. Спектраскапічны даследаванняў прапускання буферных слаёў для гнуткіх сонечных элементаў было ўстаноўлена, што з ростам тэмпературы падкладкі паласа прапускання ссоўваецца ў караткахвалевага-вобласць.

Прапанаваны новы метады фарміравання функцыянальных пакрыццяў на гнуткіх палімерных матэрыялах з выкарыстаннем плазменных кантавых холловскіх паскаральнікаў.

Вобласць прымянення: гнуткая электроніка, оптаэлектроніка, электронна-аптычнае прыборабудаванне.

РЕЗЮМЕ

Ковалёва Алина Петровна

Функциональные тонкопленочные покрытия на полимерных подложках для изделий оптики и оптоэлектроники

Ключевые слова: функциональные покрытия, гибкие полимеры, спектральные характеристики

Цель работы: исследование и анализ функциональных характеристик покрытий на гибких полимерных подложках, сформированных низкотемпературными методами, для изделий оптики и оптоэлектроники.

Полученные результаты и их новизна: в диссертации приведены данные по воздействию технологических факторов на структуру функциональных тонкопленочных покрытий, формируемых на гибких полимерных подложках. Защитные покрытия, сформированные распылением мишени из поликристаллического кремния, позволили избежать разрушения поверхности полимера при воздействии диметилформамида, который применяется в технологическом процессе изготовления дисплеев. Было установлено, что пропускание пленок толщиной 100 нм на длине волны 450 нм составило 68 % и уменьшилось по сравнению с исходной подложкой всего на 4 %, что доказывает перспективность реактивного ионно-лучевого распыления для формирования защитных покрытий. У тыльного контакта из молибдена с ростом длины волны растет отражение. В диапазоне максимального поглощения *CIGS* отражение составляет около 50 %, что будет способствовать повышению эффективному поглощению солнечной энергии в слое *CIGS*. Результаты испытаний на износостойкость и теста на адгезию показали пригодность покрытий из нитрида алюминия для защиты поверхности полимера от царапин, которые ухудшают внешний вид и восприятие зрительной информации. Из спектроскопических исследований пропускания буферных слоев для гибких солнечных элементов было установлено, что с ростом температуры подложки полоса пропускания смещается в коротковолновую область.

Предложен новый метод формирования функциональных покрытий на гибких полимерных материалах с использованием плазменных торцевых холловских ускорителей.

Область применения: гибкая электроника, оптоэлектроника, электронно-оптическое приборостроение.

SUMMARY

AlinaKovaleva

The functional thin film coating on polymer substrates for articles of optics and optoelectronics

Tags: functional coatings, flexible polymers, spectral characteristics

Objective: To study and analyze the functional characteristics of coatings on flexible polymer substrates formed by low-temperature methods for manufacturing of optics and optoelectronics.

The results and their novelty: The thesis presents data on the effects of technological factors on the structure of the functional thin film coating formed on flexible polymer substrates. The protective coating formed by sputtering a target of a polycrystalline silicon it possible to avoid the destruction of the polymer surface upon exposure of dimethylformamide which is used in the process of manufacturing displays. It has been found that passing film thickness of 100 nm at a wavelength of 450 nm was 68% and decreased compared to the original substrate by only 4%, which proves promising reactive ion-beam sputtering to form a protective coating. At the back contact of the molybdenum with increasing wavelength reflected growing. In the range of maximum absorption CIGS reflection is about 50%, which will increase the efficient absorption of solar energy in a layer of CIGS. The test results of the durability test and the adhesion of coatings showed suitability of aluminum nitride for protecting the polymer surface against scratches, which impairs the appearance and perception of visual information. From spectroscopic studies of the transmission buffer layers for flexible solar cells, it was found that with increasing substrate temperature bandwidth is shifted to shorter wavelengths.

A new method for the formation of functional coatings on flexible polymer materials using plasma accelerators end of the Hall.

Scope: flexible electronics, optoelectronics, electron-optical instrument.