

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

УДК 621.384.637

Диас Лусена
Роселина Ауксилядора

Методики проектирования и измерения параметров просветляющих
оптических покрытий

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра технических наук
по специальности 1-41 80 03 нанотехнологии и наноматериалы
(в электронике)

Научный руководитель
Котов Дмитрий Анатольевич
кандидат технических наук
доцент кафедры микро- и
наноэлектроники

Минск 2016

ВВЕДЕНИЕ

Учёные в течение многих лет стремятся к созданию материала или структуры, которые устранят нежелательные отражения оптических элементов, что позволит привести к снижению производительности различных оптических компонентов и устройств. Поэтому важными являются исследования по получению материала (или комбинацию материалов), имеющего показатель преломления, почти как воздуха ($n \approx 1$), чтобы излучение распространялось в оптических системах без потерь на отражение, как это обычно происходит на границе раздела воздух/стекло. Для большинства оптических деталей без покрытия до 12% падающего света отражается от поверхности. В практических применениях обычно требуется, чтобы отраженная часть падающего света стремилась к нулю для оптического элемента (линзы) работающего на пропускание, и 100% отражения для зеркал, или некоторого фиксированного промежуточного значения для спектроделителей. Для этого используются оптические покрытия. Самыми важными покрытиями для уменьшения отражения - являются просветляющие покрытия. В настоящее время эти покрытия широко применяются для повышения эффективности солнечных батарей.

Конструкция просветляющих покрытий (AR- antireflection coating) определяется рядом факторов (количество и толщины слоев, методов получения). Показатель преломления просветляемых материалов лежит для ультрафиолетового диапазона излучения в интервале от 1,35 до 2,20; видимого диапазона от 1,35 до 2,40; инфракрасного диапазона от 1,35 до 9.0. В качестве плёнкообразующих материалов в основном используются оксиды, фториды, сульфиды, элементов 3 - 5 групп таблицы Д.И. Менделеева и некоторые более сложные соединения. С развитием исследований в области тонких и ультратонких пленок становится необходимо умение прецизионно контролировать толщину получаемых слоев. Среди существующих методов измерения малой толщины, есть такие как эллипсометрия, атомно-силовая микроскопия, профилометрия механическая и оптическая (микроинтерферометрия), спектроскопия и другие.

Целью данной работы является подбор материалов и методик расчета для создания просветляющего покрытия солнечных батарей, изучение методов измерения толщины и других оптических параметров оптических слоев и проведение экспериментальных исследований последних.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы магистерской диссертации. Повышение эффективности экологически чистых источников энергии является актуальной задачей для большинства стран планеты. Одним из путей снижения потерь падающего светового потока на солнечный элемент является нанесение просветляющих покрытий на защитные стекла или непосредственно на фронтальную поверхность солнечных элементов. Поэтому актуальность работы определяется необходимостью разработки методов расчета и экспериментального измерения параметров отдельных слоев и просветляющих покрытий солнечных элементов на основе тонких пленок диоксида кремния и диоксида гафния.

Цель и задачи исследования

Цель работы – разработка методик расчета многослойных оптических покрытий, а также изучение и постановка методик проведения измерений тонких пленок и оптических многослойных структур.

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. Аналитическое изучение параметров оптических материалов, а также методов и методик измерения их параметров
2. Выбор, постановка и отработка методов измерения параметров оптических слоев и покрытий.
3. Разработка методик расчета многослойных покрытий.
4. Проведение измерений экспериментальных образцов оптических слоев и просветляющих покрытий.

Объект и предмет исследования. Объектом исследования являются методики расчета многослойных покрытий, методики проведения измерений и оптические слои и покрытия. Предметом исследования являются аналитические зависимости для проведения расчетов многослойных покрытий и обработки результатов измерений параметров оптических слоев и покрытий.

Связь работы с приоритетными направлениями научных исследований и запросами реального сектора экономики

Работа выполнялась совместно на кафедре микро- и наноэлектроники БГУИР с целью разработки технологии формирования просветляющих покрытий для солнечных элементов и дисплейных структур, изделий оптической промышленности в рамках хоздоговора № 14-1218 на выполнение НИР по теме «Разработка технологии формирования диэлектрических покрытий на основе кремния с применением плазмы высокой плотности» и соответствует подразделу 2.3 «Физико-химические явления и процессы на межфазных поверхностях, коллоидно-химические основы получения,

превращения и применения дисперсных систем, поверхностно- активных веществ, физико-химическая механика материалов» перечня приоритетных направлений научных исследований Республики Беларусь на 2011–2015 годы, утвержденного постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 19 апреля 2010 г. № 585.

Основные положения диссертации, выносимые на защиту. На защиту выносятся следующие основные результаты:

1. Методика проведения измерений толщины одного слоя методом микроинтерферометрии.
2. Методика проведения измерений толщины одного слоя методом спектрофотометрии.
3. Методика расчета многослойных покрытий.

Личный вклад соискателя

Все основные результаты, представленные в работе, были получены лично автором или при его непосредственном участии. Аналитическое и экспериментальное исследование методов измерения толщины слоев просветляющих покрытий проводилась совместно с научным руководителем кандидатом технических наук Котовым Д.А.

Апробация результатов диссертации. Основные теоретические результаты и законченные этапы диссертационной работы, а также результаты прикладных исследований и разработок были доложены на XXIV международной научно-практической конференции «Физика конденсированного состояния», г. Гродно, 2016 г. и 52-й научной конференции «Радиотехника и электроника» г. Минск, 2016.

Публикации. Основные положения работы и результаты диссертации опубликованы в сборниках материалов XXIV международной научно-практической конференции «Физика конденсированного состояния», и в материалах 52-й научной конференции «Радиотехника и электроника».

Структура и объем диссертации. Диссертационная работа состоит из введения, общей характеристики работы, четырех глав, заключения и списка использованных источников, включающего 41 наименований. Общий объем диссертации составляет 48 страниц.

КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во **введении** рассмотрено современное состояние проблемы расчета и измерений параметров оптических покрытий для использования в солнечных батареях, а также дается обоснование актуальности темы диссертационной работы.

В **первой главе** представлен аналитический обзор по теме диссертационной работы. Анализ пленкообразующих материалов, используемых для формирования оптических покрытий, типов покрытий, анализ и состояния просветляющего покрытия на солнечных батареях и существующим методов измерения оптических параметров просветляющих покрытий.

Вторая глава посвящена анализу методов измерений и описание основных функций приборов, используемых для измерения толщины просветляющих покрытий.

В **третьей главе** представлены результаты экспериментов по измерению толщины для однослойного покрытия оксида кремния и оксида гафния, с использованием техники микроинтерферометрии и спектроскопии, сравниваются результаты полученные обоими методами, дается их пояснение. Также приводятся результаты исследования равномерности толщины при различных расстояниях тигель-подложка.

В **четвёртой главе** представлена методика расчета многослойных оптических покрытий, их расчет и результаты экспериментальных измерений параметров многослойного покрытия.

В **заключении** представлены основные результаты, полученные в процессе работы над диссертацией

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения диссертационных исследований были получены следующие результаты:

1. Поставлены и экспериментально отработаны методики измерения толщины оптических пленок методами микроинтерферометрии и спектроскопии. Оба метода хорошие; каждый метод имеет преимущества и недостатки при проведении измерений.

2. Выбраны материалы слоев для создания просветляющего покрытия. Создание слоев зависит не только от механических и оптических свойств, но от параметров технологического процесса;

3. Проведено сравнение результатов измерения толщины предлагаемыми методами показало хорошую корреляцию между ними. Разницу измерений можно объяснить измерением физической и оптической толщин.

4. Проведен анализ толщины просветляющих покрытий в зависимости от тока эмиссии и расстояния тигель - подложка.

5. Установлены особенности равномерности распределения толщины пленок SiO_2 . Мы видим на разных расстояниях изменения положения пиков, что требует дополнительной оптимизации расстояния тигель - подложка.

6. Изготовлено четырехслойное просветляющее покрытие на основе двух плёнообразующих материалов, которое увеличило пропускание до 92 % и снизило отражение ниже 2 %.

Библиотека БГУИР

СПИСОК ОПУБЛИКОВАННЫХ РАБОТ

1. М. Пальмера, Р. Диас Получение пленок SiO₂ методом электронно-лучевого испарения/ XXII Республиканская научная конференция аспирантов, магистрантов и студентов “Физика конденсированного состояния”. Гродно: 2016.

2. Р. Диас, М. Пальмера, Н. Чарыкульева Методики измерений параметров оптических покрытий/ 52-я научная конференция студентов, аспирантов, магистрантов, Минск: БГУИР, 2016.

3. Пальмера М., Диас Р., Чарыкульева Н. Технология получения оптической пленки диоксида кремния методом электронно-лучевого испарения. 52-я научная конференция студентов, аспирантов, магистрантов, Минск: БГУИР, 2016.

Библиотека БГУИР