

ОТЗЫВ НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на диссертацию Чудакова Е.А. «Новые методы оптической диагностики тонких пленок», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – «Оптика»

Диссертация посвящена развитию оптических методов диагностики тонких (наноразмерных) пленок. В ней предложен новый метод бесконтактной (не использующей призму связи) волноводной спектроскопии тонких пленок. Основу метода составляет получение и анализ m -линий, образующихся при зондировании слоистых структур сфокусированными лазерными пучками. Диссертация содержит также существенные результаты по разработке электродинамических моделей слоистых структур, необходимых для решения прямых и обратных задач планарной оптики. Об актуальности и научной значимости выполненных исследований свидетельствует то, что они выполнены в рамках финансируемых научных программ – «Фотоника и электроника для инноваций», аспирантского гранта Министерства образования РБ, двух хозяйственных договоров с производственными организациями РБ, достаточно широко опубликованы в авторитетных научных изданиях и прошли апробацию на научных конференциях и семинарах.

В работе выполнено обоснование метода бесконтактной волноводной спектроскопии. Получено решение векторной электродинамической задачи об отражении сфокусированного лазерного пучка от слоистой среды, методом перевала обосновано аналитическое приближение для этого решения, позволившее сформулировать условия наблюдения m - линий без использования призмы связи и разработать алгоритм решения обратной задачи о восстановлении параметров наноразмерных пленок на подложках. Корректность результатов подтверждена экспериментами по применению метода к исследованию оксидных слоев на поверхности кремния.

Образование m - линий в волноводной спектроскопии связано с возбуждением в слоистых структурах мод Ценнека. Соискателем исследовано применение таких мод к оптимизации тонкопленочных сенсоров водорода в атмосфере в виде двухпленочной структуры оксид кремния – палладий, нанесенной на основание высокопреломляющей призмы. Работа содержит также важные результаты по исследованию механизмов резонансной связи волноводных мод фотонно-кристаллических волокон с тонкопленочными поверхностными покрытиями, открывающей новые перспективы в создании волоконно-оптических сенсоров параметров сред. Установлено, что минимумы в спектрах пропускания названных структур могут возникать из-за резонансного усиления стоячих волн между системой образующих волокно воздушных каналов и покрытием волокна, а их положением на шкале длин можно управлять внешними воздействиями на покрытие.

Для всех оптических методов контроля тонких пленок, включая и бесконтактную волноводную спектроскопию, характерно использование электродинамических моделей тонкопленочных структур. Соискателем внесен существенный вклад в разработку таких моделей.

В диссертации получены общие соотношения взаимности для изотропных плоскостойких сред, позволяющие упростить вычисление целевых функций в задачах синтеза и диагностики пленочных структур. На их основе выполнено оптимальное проектирование антибликовых покрытий и поглотителей солнечного света.

Значительное внимание соискателем уделено преодолению ограничений классической модели Друде применительно к электродинамике наноразмерных

металлических пленок, которые проявляются в зависимостях диэлектрической проницаемости металлических пленок, восстанавливаемых методами спектральной эллипсометрии и спектрофотометрии, от толщины пленок и от углов падения света на них. В диссертации развита более корректная модель взаимодействия света с металлом, основанная на теории аномального скин – эффекта. Здесь сформулированы интегральные уравнения для описания этого эффекта, допускающие численное решение методом квадратур. На их основе исследованы оптические поля в металлических пленках при их возбуждении плоскими волнами ТЕ- и ТМ- поляризации и характеристики плазмонных мод в схеме Кречмана. Выполнен сопоставительный анализ результатов теории аномального и нормального скин – эффектов и установлены области их расхождения. На основании теории аномального скин – эффекта разработан алгоритм решения обратной задачи спектральной эллипсометрии металлических пленок, приводящий к восстановлению комплексной диэлектрической проницаемости ионного остова металла, плотности электронного газа, времени релаксации и вероятности зеркального отражения электронов от границ пленки.

За время работы над диссертацией Чудаков Е.А. зарекомендовал себя как вдумчивый исследователь, способный решать сложные научные задачи с использованием современных теоретических и экспериментальных методов. Квалификация соискателя способствует проведению им на высоком уровне занятий со студентами в МГУ им. А.А. Кулешова, где он работает по совместительству. Научные результаты, полученные Чудаковым Е.А. в ходе выполнения диссертационных исследований, используются для актуализации курса физики, о чем свидетельствуют два акта их внедрения их в учебный процесс.

Представленная к защите работа по совокупности новых научных результатов и их оформлению удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям. Диссертация представляет собой законченную квалификационную работу, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 – «Оптика» за

- разработку и экспериментальную апробацию метода бесконтактной волноводной спектроскопии тонких пленок,

-электродинамическое обоснование соотношений взаимности для изотропных слоистых структур и применение этих соотношений к синтезу оптимизированных антибликовых интерференционных покрытий и поглотителей солнечного света,

-формулировку метода интегральных уравнений в теории аномального скин – эффекта для металлических пленок и анализ оптических полей в металлических пленках на его основе,


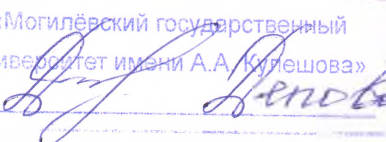
-разработку алгоритмов спектральной эллипсометрии наноразмерных металлических пленок, основанных на модели аномального скин-эффекта и определение на их основе характеристик золотых пленок.

Научный руководитель

д. ф.-м. н., профессор

 А.Б. Сотский

Я, Сотский Александр Борисович, даю согласие на публикацию данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте Института физики НАН Беларуси в сети Интернет.

Подпись 
заверяю
начальник отдела кадров
учреждения образования
«Могилёвский государственный
университет имени А.А. Кулешова»


 А.Б. Сотский
10.11.2024