

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Замковца Анатолия Дмитриевича «Резонансные взаимодействия оптического излучения с плазмонными наноструктурами и слоистыми средами», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – Оптика

Соответствие диссертации специальности и отрасли науки, по которым она представлена к защите

Диссертационная работа А.Д. Замковца посвящена разработке многослойных планарных структур, представляющих собой нанослой плазмонных металлических частиц, граничащих с тонкими слоями диэлектрика или полупроводника, и изучению механизмов и закономерностей взаимодействия с ними оптического излучения. Она полностью удовлетворяет требованиям Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий и соответствует отрасли физико-математических наук. Область исследований, проведенных в диссертационной работе, соответствует пункту 3 «Обратимые и необратимые фотопроецессы, нанофотоника», перечня основных областей исследования специальности 01.04.05 – оптика.

Актуальность темы диссертации

Актуальность темы данной диссертации определяется высоким спросом в стране и мире на новые функциональные наноматериалы для управления оптическими сигналами и поэтому разработки в области оптики композитных наноструктур вызывают повышенный интерес. Уровень развития наноинженерии позволяет создавать наноструктуры с нетривиальной топологией и контролируемым образом изменять их параметры: перестраивать их рабочий спектральный диапазон, увеличивать чувствительность и избирательность оптического отклика на возбуждение. Теоретическое и экспериментальное исследование возможности управления спектрально-селективными свойствами наноструктур с плазмонными резонансами и субволновой периодичностью, и на этой основе разработки новых эффективных функциональных элементов оптических конструкций безусловно перспективны для улучшения их пространственно-временных и спектральных характеристик.

Работа Замковца А.Д. соответствует приоритетным направлениям фундаментальных и прикладных научных исследований Республики Беларусь на 2006 – 2010 годы (постановление №512 Совета Министров РБ от 17.05.2005 г.); 2011 – 2015 годы (постановление №585 Совета Министров РБ от 19.04.2010 г.) и пункту

6 “Электроника и фотоника” перечня приоритетных направлений, определенных постановлением Совета министров Республики Беларусь № 190 от 12.03.2015 “О приоритетных направлениях научных исследований Республики Беларусь” на 2016-2020 годы.

Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Новизна настоящей диссертации состоит, прежде всего, в том, что в ней поставлена и решается задача системного теоретического и экспериментального исследования спектрально-кинетических характеристик оптического диапазона наноструктурированных моно- и мультислойных материалов, содержащих плазмонные пленки различных металлов, в зависимости от их состава, геометрических (2D и 3D) и физико-химических характеристик.

Среди конкретных результатов, полученных в диссертации, с точки зрения их новизны хотелось бы отметить то, что:

установлены механизмы и условия аномально высокого концентрационного длинноволнового сдвига максимума полосы поверхностного плазмонного резонанса для плотноупакованного монослоя наночастиц серебра при увеличении показателя преломления матрицы;

экспериментально установлено, что присутствие наночастиц серебра значительно увеличивает оптическую плотность тонких металлофталоцианиновых пленок в длинноволновом относительно полосы плазмонного резонанса диапазоне, что связывается с межчастичными электромагнитными взаимодействиями. Данный эффект обусловлен усилением локального поля вблизи поверхности плазмонных наночастиц на расстояниях, сравнимых с их размерами;

эффекты поверхностного плазмонного поглощения и межслойной интерференции, а также наличие в структуре слоев с продольным градиентом поверхностной плотности металла использованы в металлодиэлектрических покрытиях для подавления падающего излучения в широкой спектральной области видимого диапазона при малых значениях коэффициента отражения в спектральной области подавления;

разработаны новые методы создания многослойных систем с субволновой периодичностью для терагерцового диапазона, включающие использование несимметричных по структуре полимер-кристаллических интерференционных систем с квазиоднородными слоями высокого показателя преломления, а также периодических структур со слоями неравной оптической толщины с высокими значениями параметра неравнотолщинности.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Выводы работы подтверждаются экспериментальными данными, которые хорошо коррелируют с результатами теоретических исследований, а также

соответствуют принятым в научной литературе представлениям. При этом для теоретических исследований в ряде случаев используются различные модели, что позволяет оценить их применимость для данных сложных наноразмерных композитных систем. Следует отметить, что, наряду с автором, в постановке научных задач и экспериментов, обсуждении результатов принимали участие ведущие в своей области специалисты, известные в мире ученые НАН Беларуси.

Методика проведения измерений, а также методика обработки данных описаны в диссертации достаточно подробно. В работе используется набор спектральных и других оптических методов, а также электронная и АСМ микроскопия, современное оборудование. Отметим, что автор эффективно использует фемтосекундный спектрометр, в частности, для обнаружения резонансных взаимодействий плазмонов Ag-наночастиц и соседних молекул металлофталоцианинов.

Результаты исследований опубликованы в профильных научных журналах после рецензирования известными в мире учеными. Они докладывались неоднократно на научных конференциях самого высокого уровня.

На основании сказанного можно заключить, что научная достоверность результатов, содержащихся в диссертации, не вызывает сомнения, а выводы и вынесенные на защиту положения являются обоснованными.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость диссертации Замковца А.Д. состоит в том, что данная работа и многочисленные научные публикации автора демонстрируют высокую эффективность от использования плазмонных наноструктур в различных функциональных материалах при создании как планарных, так и 3D оптических устройств, что достигается благодаря когерентным плазмонным осцилляциям в ансамблях наночастиц. Например, по причине деструктивной межслойной интерференции в максимуме полосы поверхностного плазмонного резонанса зарегистрировано увеличение оптической плотности поглощения слоистых металлодиэлектрических наноструктур при возрастании числа плотноупакованных монослоев плазмонных наночастиц, разделенных четвертьволновыми относительно длины волны максимума плазмонного резонанса диэлектрическими пленками, превышающее ее аддитивную величину. В длинноволновом относительно полосы плазмонного резонанса спектральном диапазоне обнаружено существенное увеличение оптической плотности тонких пленок органических полупроводников, металлофталоцианинов CuPc, NiPc, находящихся в контакте с плотноупакованными слоями наночастиц серебра. При этом с помощью фемтосекундной абсорбционной спектроскопии убедительно экспериментально доказаны когерентные взаимодействия плазмонов наночастиц серебра и электронной системы металлофталоцианинов в ближнем поле.

Безусловно, данная работа в целом практикоориентированная. Автор предлагает и демонстрирует конкретные варианты практического использования его разработок при создании отрезающих фильтров для терагерцового диапазона и ИК диапазонов. Данные разработки могут быть внедрены в производство. С этим целесообразно согласиться.

Практически все выполненные в работе исследования могут быть использованы в учебном процессе при подготовке оптиков в БГУ. Практическое и социальное значения данной работы будут проявляться и умножаться в новых научно-технических проектах и повышении конкурентоспособности продукции оптических предприятий Республики. Автор работы приобрел уникальные компетенции в области физики и технологий формирования композитных наноструктурированных материалов, содержащих плазмонные компоненты различной упорядоченности, которые могут быть использованы в научных лабораториях и на производстве.

Опубликованность результатов диссертации в научной печати

Основные результаты диссертации опубликованы в многочисленных научных работах, среди которых хотелось бы выделить 35 статей в научных рецензируемых журналах. Важно, что автор активно представлял свои разработки на научных форумах, о чем говорит 31 статья, опубликованная в сборниках материалов конференций. Заслуживают высокой оценки и полученных автором 2 патента.

Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Диссертационная работа Замковца А.Д. представляет собой объемное завершённое исследование. Она написана доступным научным языком, с использованием общепринятой терминологии. Изложение результатов, обоснование выводов проводится ясно и логично. Диссертация и автореферат диссертации оформлены в соответствии с требованиями ВАК Беларуси.

Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Анализ содержания диссертационной работы и основных научных публикаций позволяет сделать вывод о том, что автор профессионально владеет необходимыми теоретическими знаниями в области фотоники, молекулярной спектроскопии и функционального материаловедения для оптического диапазона. Он хорошо владеет современными методами лазерной кинетической спектроскопии исследования веществ, современными методами математической обработки экспериментальных данных и способен самостоятельно решать сложные научные и научно-технические задачи в этой области, может представить результаты на самом высоком международном уровне в виде докладов и научных статей, в том числе на английском языке.

Все вышеизложенное позволяет оценить научную квалификацию Замковца А.Д. как соответствующую ученой степени доктора физико-математических наук.

Замечания

1. В работе широко применяется метод термического испарения в вакууме для получения металлических плазмонных наноструктур и композитных наноструктурированных материалов, включая многослойные экспериментальные образцы. При этом используется традиционный фотометрический метод контроля за техпроцессом и автор базируется на модели, что поверхностная плотность материала определяется размерами и поверхностной плотностью наночастиц. Однако известно, что структура как отдельных наночастиц, так и 2D слоев, и их оптические характеристики в данном случае существенно неоднородны. Они зависят от подложки и физхимии поверхности, на которую они наносятся. В этой связи, хотелось бы видеть сравнительное исследование с использованием различных технологий получения плазмонных наноструктур, например осаждение на поверхность из коллоидных растворов.

2. Пятая глава диссертации посвящена исследованию локальных полей вблизи поверхности металлических плазмонных частиц и их ансамблей с использованием металлофталоцианинов. Убедительно показано, что взаимодействие между плазмонами и электронной системой молекул осуществляется в ближнем поле, то есть имеет место хемосорбция молекул на поверхности наночастиц. Вместе с этим, вопрос о пространственной и электронной структуре данного комплекса в работе не рассматривается. Целесообразно было бы это сделать и использовать для этих целей метод гигантского комбинационного рассеяния.

3. В диссертации неоднократно используется анализ только на основе качественного сопоставления параметров спектров поглощения слоев плазмонных металлических наноструктур (различных образцов), находящихся в различных средах. В этой связи создается впечатление, что главным объектом исследований является не образец в целом (многослойная структура), а плотноупакованный слой наночастиц. Поэтому с физической точки зрения не совсем понятно, зачем создавали сложную многослойную конструкцию и для чего в ней использовали плазмонный наноослой.

4. В диссертации и автореферате широко используются различные сокращения и обозначения различных терминов. Например: ППМ, ППРП, ККП, СТМПБ, ИП и другие. Это оправдано, так как позволяет сократить объем текста. Одновременно, это сильно затрудняет восприятие материала, так как обозначения не являются общепринятыми. Они вводятся в тексте диссертации и в автореферате. Однако в автореферате нет отдельной странички с обозначениями.

Данные замечания не уменьшают общую хорошую оценку диссертации.

Вывод

Диссертация Замковца А.Д. «Резонансные взаимодействия оптического излучения с плазмонными наноструктурами и слоистыми средами» соответствует требованиям ВАК, предъявляемым к работам по специальности 01.04.05-оптика, а ее автор несомненно заслуживает присуждения искомой степени доктора физико-математических наук за:

- установление физической природы и условий проявления высокой чувствительности плазмонной полосы поглощения плотноупакованных систем металлических наночастиц в 2D матрицах фуллерена, двуслойных наноструктурах серебра и металлофталоцианинов, серебра и меди, а также многослойных структурах Ag-KCl, Cu-KCl, Ag-Na₃AlF₆ и Ag-SiO₂;

- разработку методов и технологии получения металлодиэлектрических покрытий для подавления падающего излучения в широкой спектральной области видимого диапазона и новые методы создания многослойных систем с субволновой периодичностью для терагерцового диапазона, включающие использование несимметричных по структуре полимер-кристаллических интерференционных систем с квазиоднородными слоями высокого показателя преломления.

Совокупность полученных в диссертации результатов является базой для нового научного направления – фотоника композитных и слоистых наноструктур субволновой периодичности на основе плотноупакованных монослоев плазмонных наночастиц и представляет собой серьезный вклад в развитие спектроскопии плазмонных структур.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации.

Официальный оппонент:

директор УО «Международный

государственный экологический институт

имени А.Д. Сахарова» БГУ,

доктор физико-математических наук, профессор

 С.А. Маскевич



Подпись С.А. Маскевича удостоверяю.

Дисконсульт Леонков 81.

16.11.2022

Данные об авторе отзыва:

Маскевич Сергей Александрович,
доктор физико-математических наук, профессор
директор УО «Международный

государственный экологический институт

имени А.Д. Сахарова» БГУ

Адрес:

220070, Республика Беларусь,

г. Минск, ул. Долгобродская, 23/1

Контакты:

Эл. почта: maskevichsa@bsu.by

Тел. сл. +375 017 3979979, тел. моб. +375 29 2225863

Я, Маскевич Сергей Александрович, даю согласие на публикацию данного отзыва в открытом доступе на официальном сайте Института физики им. Б.И. Степанова НАН Беларуси в сети Интернет.

16/11/2022

С.А. Маскевич

