

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу
Цветкова Александра Витальевича

«Структура, электропроводность и оптические характеристики нанокompозитов на основе регулярных пористых матриц цеолитов и металлодиэлектрических систем на основе опалов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния

Актуальность темы диссертации обусловлена стремительным развитием современной физики конденсированного состояния и важностью создания и исследования новых материалов, в особенности на основе наноструктур, с заданными свойствами. Метод диспергирования разнообразных веществ в регулярных системах полостей и каналов пористых диэлектрических матриц, таких как цеолиты и опалы, представляет собой один из эффективных способов получения ультрадисперсных сред и наноструктур. Этот метод обладает рядом преимуществ перед традиционными методами, в том числе возможностью получения упорядоченных наночастиц одинакового размера в высокой концентрации благодаря уникальным свойствам пористых диэлектрических матриц. Однако до сих пор недостаточно исследовано влияние методов приготовления матричных композитов и типов матриц на их физические свойства. Это является научно значимым вопросом, требующим дальнейших исследований.

Кроме того, в диссертации рассматривается возможность создания плазмон-фотонных гетерокристаллов на основе синтетических опаловых матриц, которые могут стать основой для устройств современной фотоники. Плазмон-фотонные гетерокристаллы представляют собой комбинации слоев фотонных кристаллов, связанных с тонкими металлическими пленками для формирования поверхностных плазмон-поляритонов. Реализация подобных структур требует соответствия морфологии поверхности металлического покрытия решётке исходного фотонного кристалла.

Исходя из вышеизложенного, тема диссертации является актуальной и значимой с научной точки зрения, так как внесет вклад в развитие физики конденсированного состояния, создание новых материалов и расширение возможностей управления электромагнитным излучением.

Обоснованность и достоверность научных положений, выносимых на защиту, а также результатов и выводов, представленных в данной кандидатской диссертации, не вызывает сомнений, так как они обеспечиваются комплексным характером исследования, корректностью использованных экспериментальных методик и воспроизводимостью результатов измерений, применением современных методов математической обработки экспериментальных данных, сопоставлением с литературными данными по проблеме исследования, опорой на современные физические представления, соответствием экспериментальных результатов модельным представлениям.

В работе были использованы различные методы исследования, такие как рентгеноструктурный анализ, спектроскопия и микроскопия, методы электропроводности и другие. Результаты экспериментов были воспроизведены несколько раз, что подтверждает достоверность полученных данных. Кроме того, следует отметить использование экспериментальной базы нескольких университетов и научных организаций, включая Псковский государственный университет, РГПУ имени А.И. Герцена, Военную академию связи имени Маршала Советского Союза С.М. Будённого, Центр микроскопии им. Гунта Либерта Даугавпилсского университета, Университет Эрланген-Нюрнберг и других.

Основные результаты работы были представлены и обсуждены в течение 2016-2023 годов на множестве научных конференций как на российском, так и на международном уровне, получив положительную оценку. Кроме того, основное содержание работы было опубликовано в журналах, рекомендованных ВАК РФ и индексируемых в международных базах данных.

Таким образом, новизна, достоверность и обоснованность научных положений и выводов данной работы подтверждаются использованием комплексного подхода к исследованию, аккуратностью методик и анализом результатов, а также подтверждены положительной оценкой на конференциях и публикациями в журналах.

Содержание диссертационной работы полностью получило отражение в автореферате. Диссертация выполнена и оформлена надлежащим образом, состоит из введения, трёх глав, заключения, списка литературы, включающего 98 позиций. Материал изложен на 124 страницах с использованием 74 рисунков и 2 таблиц. Обзор литературы, представленный в главе 1, является основополагающим для диссертационного исследования, описывая матричные методы получения наноструктур в регулярных пористых матрицах, таких как асбест, пористый оксид алюминия, опалы и цеолиты. Показана возможность дальнейшей функционализации полученных материалов для создания плазмон-фотонных гетерокристаллов. Глава 2 посвящена объектам, методикам создания композитов и методам исследования, примененные для получения и анализа данных.

Глава 3 посвящена основным результатам по изучению электрических и оптических свойств матричных нанокомпозитов на основе цеолитов, опалов, асбестов и пористого оксида алюминия, в которые были введены наночастицы полупроводников, металлов и полуметаллов. Также было изучено влияние тепловой обработки на электрические свойства органического композита твердого сапропеля. В ходе исследования были получены новые нанокомпозиционные материалы с использованием введения йода в матрицы цеолита и хризотил-асбеста. Было установлено, что структурный переход в системе наночастиц йода, диспергированного в квазиодномерных каналах цеолитоподобной матрицы, также наблюдается в заполненных наночастицами йода системах каналов асбеста и цеолита типа А. Это представляет новизну в области получения нанокомпозиционных материалов.

Было продемонстрировано, что особенности спектров брэгговского отражения новых нанокомпозиционных материалов, полученных методом электротермомодиффузии, существенно зависят от величины напряженности электрического поля при введении металла в опаловую матрицу. Это позволяет контролировать оптические свойства материалов с помощью электрического поля и является значимым результатом данного исследования. Также было обнаружено изменение знака удельной термо-ЭДС

наноструктурированного иодида меди в матрице пористого оксида алюминия, полученного анодированием в щавелевой кислоте, по сравнению с коэффициентом Зеебека объемного CuI. Это открытие указывает на потенциальное применение данной системы для термоэлектрических устройств и представляет новое направление в исследовании наноструктурированных материалов.

Использование опалов в гибридных металлодиэлектрических системах было особенно важным, так как позволило обеспечить условия для возбуждения поверхностных плазмон-поляритонов на границе раздела металл-диэлектрик путем выполнения условия фазового синхронизма. Это открывает новые возможности для создания гибридных структур с заданными свойствами и управления электромагнитным излучением, что является значимым в контексте разработки устройств фотоники и наноплазмоники.

В заключительной части диссертации приведены основные результаты и выводы, которые полностью соответствуют поставленным целям и задачам исследования.

Тем не менее, работа не лишена определенных **недостатков**, которые требуют пояснений:

1) Неясно, как была определена функция Гуревича–Кубелки–Мунка в области 1 эВ на рисунке 3.16. Исходя из описания на стр. 53, указано, что диапазон измерений коэффициента отражения на спектрофотометре СФ-16 составлял 220–1200 нм, хотя максимально измеряемая длина волны на этом приборе составляет 1100 нм.

2) На стр. 88 диссертации предполагается формирование наночастиц серебра на поверхности опаловых глобул, на основе анализа спектров рассеяния на рисунках 3.18 и 3.19, которые отсутствуют в диссертации. Однако, их можно найти в автореферате, где показано, что полосы имеют максимум в диапазоне 600–650 нм. Следует отметить, что характерный плазмонный резонанс для сферических наночастиц серебра располагается в области 400 нм. Соответственно, требуется пояснение обоснования формирования наночастиц серебра на основе приведенных спектров – за счет чего полоса рассеяния могла сдвинуться на 200 нм, за счет диэлектрического окружения, специфической формы наночастиц?

Эти замечания имеют частный характер и не влияют на общую ценность работы.

В заключении следует резюмировать, что диссертационное исследование Цветкова А.В. представляет собой законченную научно-квалификационную работу, выполненную соискателем самостоятельно на высоком научно-методическом уровне. Автореферат и опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации. Название и содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности.

Учитывая актуальность темы, степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, их достоверность и новизну, считаю, что диссертационная работа на тему «Структура, электропроводность и оптические характеристики нанокompозитов на основе регулярных пористых матриц цеолитов и металлодиэлектрических систем на основе опалов» полностью удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ и Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842 (ред. от 26.10.2023), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор Цветков Александр Витальевич заслуживает присуждения ему искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – Физика конденсированного состояния.

Даю своё согласие на обработку персональных данных.

Официальный оппонент

Старовойтов Антон Андреевич

Кандидат физико-математических наук, доцент
Доцент Международного научно-образовательного центра Физики наноструктур
Ученый секретарь диссертационного совета 05.22.00
Ученый секретарь Ученого совета физико-технического мегафакультета
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования «Национальный исследовательский университет ИТМО»
Адрес: Кронверкский пр., д.49, лит. А, Санкт-Петербург, Российская Федерация, 197101.
Телефон: +7-921-796-37-20
Электронная почта: starovoytov@itmo.ru
08.11.2023