

ОТЗЫВ

Официального оппонента
на диссертационную работу Кузнецовой Юлии Алексеевны
«Фотонные наночастицы оксида гадолиния для конверсии УФ
излучения: структура, оптические свойства и квантовая эффективность»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук
по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Актуальность темы

В материаловедении генеральным направлением неизменно остается создание материалов с требуемыми (для различных целевых функций) свойствами. Оксиды редкоземельных элементов играют важную роль при разработке устройств преобразования энергии. В частности, большой интерес представляют трехвалентные ионы редкоземельных элементов, обладающие метастабильными возбужденными состояниями, позволяющими осуществлять конверсию излучения как ультрафиолетового, так и инфракрасного диапазона в область видимого света.

Оксид гадолиния в качестве матрицы для примесных активирующих атомов лантаноидов выделяется комплексом свойств, обусловливающих его востребованность в качестве материала для преобразования электромагнитной и ядерной энергии.

Большое значение в процессах конверсии имеют точечные дефекты в решетке матрицы и подбор оптимальных (для требуемой конверсии) концентраций ионов-активаторов. Реализация оптимальных вариантов конверсии излучения требует детального понимания совокупности процессов, сопровождающих конверсионные акты.

Именно на получение информации о дефектной структуре, электронных состояниях и типичных вариантах переноса энергии нацелено данное исследование.

Структура и основное содержание работы

Диссертация состоит из введения, семи глав, заключения и списка цитированной литературы. Общий объем диссертационной работы составляет 151 страницу, в том числе 58 рисунков и 21 таблицу.

Первая содержит литературный обзор и постановку задач исследования, вторая глава посвящена материалам и методикам исследования, последующие четыре оригинальные главы освещают структуру и морфологию исследуемых наночастиц, спектр электронных состояний и фотофизику неактивированных и активированных наночастиц, закономерности и механизмы конверсии ультрафиолетового излучения, а последняя седьмая глава отражает мнение автора о перспективах практического использования ультрафиолетовых конверторов $Gd_2O_3:Er$. В Заключении четко изложены выводы исследования, список литературы включает 142 позиции.

Анализ защищаемых положений. В работе представлены пять защищаемых положений.

Первое защищаемое положение связывает эффект самоактивированной люминесценции с возникновением в запрещенной зоне дискретных энергетических уровней, относящихся к трехвалентным ионам гадолиния с нарушенной координацией по кислороду.

Второе защищаемое положение связывает минимизацию безызлучательных потерь и увеличение эффективности конверсии ультрафиолетового излучения с появлением мягких фононных мод.

Третье защищаемое положение интерпретирует передачу энергии возбуждения между «дефектными» ионами гадолиния и эмиссионными центрами эрбия как резонансные диполь-квадрупольный и обменный механизмы.

Четвертое защищаемое положение рассматривает наблюдаемое бимодальное распределение энергии активации тушения

фотолюминесценции ионов эрбия как следствие существования неэквивалентных позиций «дефектных» ионов гадолиния.

Пятое защищаемое положение трактует мультимодальность распределения времен жизни возбужденных состояний ионов эрбия как следствие существования нескольких каналов переноса энергии в неэквивалентные позиции центров свечения.

Новизна полученных результатов

По существу, все выносимые на защиту положения являются новыми в научном отношении.

Для рецензента, активно разрабатывающего динамическую теорию мартенситных превращений, особо интересен экспериментально обнаруженный «эффект гигантского фононного размягчения», индуцированный ионами Er^{3+} в активированных наночастицах Gd_2O_3 . Выяснение физической природы размягчения требует дополнительных исследований. Важно, однако, что наличие такого размягчения является фактором повышения эффективности конверсии ультрафиолетового излучения. Несомненно, интересен и факт существования нового типа точечных дефектов катионной подрешетки в наночастицах Gd_2O_3 , как и обнаружение параллельных каналов переноса энергии.

Кроме того, оппонент отмечает большой объем выполненных экспериментальных исследований, использование современных аналитических методов обработки данных и высокое качество литературного обзора.

Обоснованность и достоверность результатов работы не вызывает сомнений. Она обеспечивается использованием аттестованных образцов (при аттестации задействованы рентгеновская дифракция и фотоэлектронная спектроскопия, спектроскопия комбинационного рассеяния и сканирующая электронная микроскопия), экспериментальных установок с прецизионной точностью измерений, ясно очерченной и критически осмысленной постановки цели исследования, воспроизводимостью результатов,

внутренней непротиворечивостью работы и согласием с известными литературными данными.

Основные результаты диссертационной работы достаточно полно представлены в научной печати в виде 38 научных публикаций, включая 18 статей в журналах, индексируемых в международных базах данных WoS, Scopus и входящих в перечень ВАК. Оппонент подтверждает точность приведенных в диссертации ссылок на работы автора.

Работа прошла достаточную аprobацию, ее результаты доложены на 21 представительных российских и международных научных конференциях (опубликованы 20 тезисов представленных автором с соавторами докладов).

Автореферат адекватно отражает содержание диссертации.

Практическая ценность работы

Результаты работы обладают явно выраженной **практической значимостью**, подтверждаемой разработкой новой технологии получения фотонных наночастиц оксида гадолиния, нового способа получения тонкопленочных ультрафиолетовых конверторов и предложенным прототипом новой кремниевой солнечной ячейки с дополнительным конверсионным слоем наночастиц.

Замечания по работе

Диссертация, на мой взгляд, свободна от каких-либо существенных недоработок, тем не менее, полезно прояснить два вопроса:

1) Оценка эффективности передачи энергии в паре «дефектные» ионы $Gd^{3+} \rightarrow$ эмиссионные центры Er^{3+} выполнена на основе изменения интенсивности собственного свечения ионов-доноров Gd^{3+} . Как правило, расчет эффективности передачи энергии в донорно-акцепторной паре основывается на анализе кинетики затухания свечения донора. Почему в работе был использован нестандартный метод?

2) В главе 6 показано, что в наночастицах $Gd_2O_3:Er$ при определенных концентрациях ионов Er^{3+} (0.5-2%) реализуется четыре параллельных канала переноса возбуждения $Gd^{3+} \rightarrow Er^{3+}$, что подтверждается мультимодальным

распределением времен жизни возбужденных состояний. В то же время кинетика затухания люминесценции в наночастицах с малым (0.25%) и большим (4-8%) содержанием ионов-активаторов имеет биэкспоненциальный характер. В этой связи возникает вопрос: в каком диапазоне концентраций ионов Er^{3+} реализуется четырехканальный транспорт энергии?

Разумеется, поставленные вопросы ни в коей мере не ставят под сомнение высокую оценку диссертационной работы. Работа написана хорошим языком, логика изложения материала соответствует поставленным целям.

Содержание диссертации полностью соответствует специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, а также п.1 «Теоретическое и экспериментальное изучение физической природы свойств металлов и их сплавов, ... как в твердом, так и в аморфном состоянии в зависимости от их химического, изотопного состава, температуры и давления» и п.3 «Изучение экспериментального состояния конденсированных веществ..., фазовых переходов в них и их фазовые диаграммы состояния» паспорта специальности 01.04.07, а также критериям, которым должна отвечать диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук, установленным п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней в УрФУ». На использованные в диссертации результаты других авторов, в том числе, полученные при проведении совместных исследований, диссертантом, в работе даны соответствующие ссылки. Личный вклад автора в диссертационную работу у оппонента не вызывает сомнений. Автореферат соответствует содержанию и основным научным положениям работы.

Диссертация Ю.А. Кузнецовой «Фотонные наночастицы оксида гадолиния для конверсии УФ излучения: структура, оптические свойства и квантовая эффективность» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новые результаты, имеющие конкретное практическое применение.

Считаю, что автор диссертации Юлия Алексеевна Кузнецова несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Даю согласие на обработку персональных данных.

Официальный оппонент, заведующий кафедрой общей физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Уральский государственный лесотехнический университет», доктор физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, профессор, адрес: 620100, Екатеринбург, ул. Сибирский тракт, 37, Тел.: 8 (343)-254-65-06, E-mail: general@usfeu.ru.

9 сентября 2020 г.

Кащенко Михаил Петрович

