

Отзыв официального рецензента

о диссертационной работе Дауренбекова Дулата Хайретеновича «Люминесценция и механизмы преобразования солнечного излучения в синтезированных полупроводниковых наночастицах», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060400 - «Физика»

1. Актуальность темы исследования и ее связь с общенаучными и общегосударственными программами.

Полупроводниковые наночастицы или квантовые точки представляют собой уникальный класс полупроводниковых частиц с размерами от 2 до 10 нм в диаметре. Материалы с такими размерами проявляют уникальные оптические и электронные свойства, вследствие эффектов размерного квантования. На сегодняшний день среди полупроводников группы $A^{II}B^{VI}$ наибольшее внимание уделяется композитным нанокристаллам CdSe/ZnS типа ядро/оболочка благодаря хорошо установленным и разделенным во времени фазам синтеза, включающим процессы нуклеации и роста, которые позволяют получать хорошо селективированные по размерам CdSe частицы. Корректно отработана технология селекции наночастиц по размерам путем их осаждения на центрифуге из смеси растворителей, а также технология пассивации поверхности полупроводниковым материалом той же группы $A^{II}B^{VI}$, но с большей шириной запрещенной зоны и более высоким значением работы выхода электронов. Эти меры позволяют значительно усилить эффект квантового ограничения носителей заряда, добиться высокого квантового выхода фотолюминесценции образцов с подстраиваемыми полосой испускания и краем полосы поглощения.

Как флуоресцентные хромофоры квантовые точки характеризуются значительными преимуществами по сравнению с органическими флуорофорами. В первую очередь, это касается их высокой фотостабильности при относительно высоком квантовом выходе и яркости. Это также широкая спектральная область поглощения света при малой полуширине линии испускания, возможность подстройки линии испускания при фиксированном возбуждении и возможность при единственном источнике возбуждении в УФ области получать спектрально разделенное свечение практически во всей видимой области спектра. Благодаря этим преимуществам квантовые точки являются перспективными кандидатами для разработки на их основе новых типов солнечных элементов.

В этом отношении актуальность темы диссертационной работы Дауренбекова Дулата Хайретеновича «Люминесценция и механизмы преобразования солнечного излучения в синтезированных полупроводниковых наночастицах» не вызывает сомнений, так как поднимает важные проблемы, связанные с необходимостью осмысления и комплексного описания вопросов люминесценции и механизмов преобразования солнечного излучения в синтезированных полупроводниковых наночастицах, и достаточно четко

вписывается в контекст современных исследований разносторонних вопросов полупроводниковых наночастиц.

Диссертационная работа выполнялась в соответствии с планом НИР по грантовому финансированию МОН РК, по бюджетной программе 055 «Научная и/или научно-техническая деятельность» по теме «Разработка технологии получения нового люминесцентного материала для повышения КПД фотоэлектрических преобразователей на основе кремния» (гос. рег. 0112РК02285, 2012-2014 г)

2. Научные результаты в рамках требований к диссертационной работе.

Диссертация Дауренбекова Д.Х. обладает внутренним единством и содержит новые, научно обоснованные результаты, являющиеся итогом достижения цели исследования и решения поставленных задач.

На основе полученных результатов были сформулированы четыре основных положения, вынесенные на защиту:

1) Кинетика роста наночастиц, показывающая оптимальное увеличение размеров квантовых точек для получения длинноволновых полос люминесценции.

2) Природа полосы люминесценции с максимумом при 780 нм в КТ CdSe-Si связывается с излучением экситона возле примеси меди расположенной на поверхности КТ.

3) Оптимальные параметры квантовых точек CdSe/ZnS, внедряемых в полимерные матрицы, выступающие в качестве люминесцентного покрытия для солнечных элементов.

4) Применение люминесцентных пленок на основе КТ CdSe/ZnS и CdTe приводит к увеличению КПД солнечных ячеек на 5-6% по сравнению с ячейками без покрытия.

3. Степень обоснованности и достоверности каждого научного результата (научного положения), выводов и заключения соискателя, сформулированных в диссертации.

В диссертационной работе Дауренбекова Д.Х. вполне логично и корректно использует известные научные методы обоснования полученных результатов и выводов.

Диссертантом изучены и критически анализируются известные достижения и теоретические положения других исследователей в области полупроводниковых наноструктур по вопросам технологии получения наноразмерных квантовых точек в коллоидных растворах, фотофизических свойств квантовых точек, методики получения люминесцентных пленок для фотоэлектрических преобразователей. Список литературы содержит 162 наименования.

Обоснованность и достоверность полученных результатов основана на использовании в диссертации хорошо апробированных методов стационарной флуориметрии и абсорбционной спектроскопии, просвечивающей электронной микроскопии, масс-спектрометрии. Все результаты подвергались сравнению с данными, опубликованными в Международных рецензируемых журналах.

Данная научная работа является результатом длительной работы по исследованию люминесцентных свойств квантовых точек, кинетики их роста и непосредственного их применения в качестве люминесцентных покрытий. Люминесцентные покрытия наносятся на поверхность солнечных батарей, с целью увеличения их эффективности (КПД). Полученные результаты показали, что нанесение люминесцентных пленок, содержащих квантовые точки CdSe/ZnS и CdTe, приводит к повышению КПД фотоэлектрических преобразователей на 5-6%, что, бесспорно, доказывает правильность выбранного направления повышения эффективности выработки электрической энергии.

Результаты, представленные на защиту, согласуются с данными, полученными другими исследователями в сходных экспериментальных системах.

Обоснованность и достоверность выносимых на защиту результатов подтверждаются публикациями в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК и в зарубежном журнале с ненулевым импакт-фактором.

4. Степень новизны каждого научного результата (положения), вывода соискателя, сформулированной в диссертации.

Научная новизна и практическая значимость диссертационного исследования Дауренбекова Д.Х. заключаются в следующем:

1) Методом *in-situ* установлена зависимость длинноволнового сдвига люминесценции от размеров квантовых точек CdSe и CdTe;

2) Энергия собственного излучения ЛМКК частиц эффективно передается примесям Eu^{3+} и Tb^{3+} ;

3) Полоса излучения с максимумом при 780 нм в легированных КТ CdSe-Cu связана с излучением экситона возле примеси меди, расположенной на поверхности КТ;

4) Установлены оптимальные технологические параметры системы «CdSe/ZnS + полимер» для использования в качестве люминесцентного покрытия солнечных ячеек;

5) Предлагаемые люминесцентные покрытия «CdSe/ZnS+полимер» и «CdTe+полимер» увеличивает КПД солнечных ячеек на 5-6%.

5. Практическая и теоретическая значимость полученных результатов.

Особенно следует подчеркнуть важность и перспективность дальнейших научных изысканий по изложенной проблематике. Благодаря способности трансформации высокоэнергетического излучения солнечного спектра в излучение в оранжево-красном диапазоне, люминесцентные покрытия на основе квантовых точек могут быть использованы в качестве покрывающего слоя на солнечных батареях для увеличения их КПД. Полученные люминесцентные покрытия были апробированы на промышленно выпускаемых солнечных ячейках отечественного производства.

6. Оценка внутреннего единства полученных результатов.

Полученные результаты оформлялись согласно всем канонам научных методов исследований. Работу отличает достаточная ясность и логика

изложения и хороший научный стиль. Выводы, сделанные автором, представляются ценными и объективными. Базисную основу работы составляет достаточно репрезентативный материал, базирующийся на большом объеме сложных экспериментов, полученных надежных результатов и проведенном комплексном анализе. Содержание диссертации детально структурировано, все материалы изложены логично и последовательно. Хочется отметить, что основные положения докторской диссертации PhD прошли полномасштабную апробацию как на международных, так и на республиканских научно-практических конференциях, а потому хорошо известны и одобрены научной общественностью. Все полученные автором результаты опубликованы в высокорейтинговых научных журналах. Таким образом, большая часть результатов является следствием анализа экспериментального материала, впервые вводимого в научный оборот, и поэтому их новизна очевидна. Тема исследования Д.Х. Дауренбекова органично вписывается в общественную парадигму современных исследований, проводимых в русле идей современного состояния физики, а также обнаруживает связь с положениями общегосударственных программ, способствующих развитию фундаментальных наук в РК. Данная научная работа отвечает всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям PhD.

7. Подтверждение опубликованных основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации.

Анализ представленной научно-квалификационной работы позволяет считать, что докторант профессионально грамотно сформулировал научный аппарат исследования: убедительно показал актуальность проблемы диссертации; обстоятельно раскрыл степень ее научной разработанности. Положения, выносимые на защиту, отражают сущность полученных научных результатов, демонстрируют высокую степень выполнения поставленных задач. По результатам диссертационной работы опубликованы 11 печатных изданий, из них 1 – статья в журнале с высоким импакт-фактором (IF-1,934), 5 статей – в периодических изданиях, рекомендованных Комитетом по контролю и аттестации в сфере образования и науки МОН РК, 2 тезиса – в материалах международных конференций в странах дальнего зарубежья, 3 статьи – в материалах международных конференций в странах ближнего зарубежья.

8. Недостатки по содержанию и оформлению диссертации

В целом положительно оценивая диссертационное исследование, отметим в качестве замечаний и рекомендаций следующее:

1. В таблице 4 раздела 3.4.1. указаны данные по удельной площади частиц ЛМКК, в работе не отражены методы и приборы исследования данных структур. Не обсуждены результаты данной таблицы. Неясно, с чем связано уменьшение удельной площади частиц при 200⁰С отжиге в течение 6 часов.

2. Исходя из полученных спектров пропускания, можно установить, что значительное снижение пропускной способности люминесцентных пленок напрямую влияет на эффективность преобразования солнечных элементов. Для образцов CdSe/ZnS продемонстрировано незначительное увеличение КПД

солнечных элементов при нанесении одного слоя. Подобные данные для одного слоя можно было бы привести для КТ CdTe.

3. Следует отметить также, что, в работе нет оценки возможных погрешностей экспериментальных измерений. В диссертациях экспериментального характера это необходимо, для оценки достоверности и надежности полученных научных результатов.

4. В диссертационной работе допущены опечатки и стилистические погрешности.

Вышесказанные замечания не являются принципиальными и не умаляют объективных достоинств выполненного Д.Х. Дауренбековым диссертационного исследования. Отмеченные недостатки и замечания не снижают общего положительного впечатления о диссертационной работе как о квалифицированном научном труде высокого уровня и ее значимости. Перечисленные замечания легко устранимы и не умаляют ценности представленного исследования.

9. Соответствие содержания диссертации в рамках требований Правил присуждения ученых степеней.

В целом докторская диссертация Д.Х. Дауренбекова является квалифицированной, самостоятельной научной работой, содержит новые научно обоснованные результаты, которые решают научную проблему, содержит новые научно обоснованные теоретические и несомненные практические результаты, отличающиеся высокой значимостью и исчерпывающим решением поставленных задач, свидетельствует о личном вкладе автора в науку.

Диссертация Дауренбекова Д.Х. «Люминесценция и механизмы преобразования солнечного излучения в синтезированных полупроводниковых наночастицах» выполнена на высоком научном уровне, представляет собой законченную научно-исследовательскую работу, отвечающую требованиям действующих Правил присуждения ученых степеней. В работе Дауренбекова Д.Х. были получены новые научно-обоснованные экспериментальные результаты, которые имеют большое значение для развития солнечной энергетики.

Считаю, что диссертационная работа Дауренбекова Д.Х. отвечает всем требованиям, предъявляемым Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК к диссертациям на соискание ученой степени доктора философии (PhD), и соответствует паспорту указываемой специальности, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора философии (PhD) по специальности 6D060400-Физика.

Официальный рецензент,
PhD, доцент кафедры радиофизики и электроники
Карагандинского государственного университета
имени Е.А. Букетова



[Handwritten signature]
А.К. Зейниденов
[Handwritten signature]
А.Т. Мустаяпова