

ОТЗЫВ

официального оппонента о диссертации

Головатенко Александра Анатольевича

«Энергетическая структура и магнитооптические свойства

экситонных комплексов в полупроводниковых квантовых точках A_2B_6 »,

представленной на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.10 - физика полупроводников

Рецензируемая диссертация посвящена теоретическому изучению состояний носителей заряда и экситонных комплексов в квантовых точках полупроводниковых соединений A_2B_6 . Несмотря на то, что изучение энергетического спектра и его влияние на оптические и магнитооптические свойства квантовых точек вот уже более 30-ти лет является предметом интенсивных исследований теоретиков и экспериментаторов во всем мире, интерес к ним продолжает поддерживаться на чрезвычайно высоком уровне. Растет число публикаций по этой тематике, организуются конференции и издаются новые журналы. Причины этого совершенно очевидны: с одной стороны, изучение новых низкоразмерных объектов позволило открыть множество качественно новых явлений, представляющих общенаучный интерес, а с другой стороны, оно генерирует идеи для совершенствования уже имеющихся и создания новых типов приборов для медицинской диагностики, фотовольтаики, высокоскоростной связи, а так же стимулирует развитие новых технологий.

Из сказанного ясно, что тема диссертации, избранная соискателем, безусловно, является **актуальной**, а поскольку, несмотря на прогресс в области исследования энергического спектра электронных возбуждений в квантовых точках, их оптические и магнетооптические свойства изучены еще отнюдь не исчерпывающе, то **новизна** полученных в работе результатов также не вызывает сомнений.

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка литературы. Во **введении** сформулирована и обоснована цель исследований.

Первая и вторая главы диссертации могут рассматриваться как методические. В них разобраны методы описания одночастичных (электронов и дырок) и многочастичных (экситонов и биэкситонов) возбуждений в КТ с различными локализующими потенциалами. Подробно описан вариационный метод для определения энергий основных и возбужденных состояний этих возбуждений. Автором построены пробные волновые функции состояний дырки для сферически симметричных потенциалов гармонического осциллятора и Гаусса. Изучено влияние параметров потенциалов на наличие связанного состояния носителей заряда. Определено влияние параметров локализующего потенциала на величину g фактора дырки. Предложен вид двухчастичных пробных волновых функций электронной и дырочной подсистемы, позволяющий учесть корреляции между одноименно заряженными частицами в биэкситоне, что позволило автору существенно повысить расчетную энергию связи биэкситона.

В центральной части диссертации, **главы 3-5**, рассматриваются три основные задачи. Первая из них — теоретическое изучение тонкой структуры

экситонных состояний в коллоидных квантовых точках и наноплателетах на основе CdSe. Автором показано, что расщепление нижних состояний тонкой энергетической структуры экситона в коллоидных наноплателетах CdSe со структурой сфалерита, описывается в рамках модели короткодействующего обменного взаимодействия электрона и дырки и масштабируется обратно пропорционально толщине наноплателета. Вторая задача, заключалась в изучении магнитофотолюминесценции в коллоидных наноплателетах CdSe. В рамках решения этой задачи рассмотрены механизмы активации рекомбинации темного экситона в наноплателетах. Показано, что излучательная рекомбинация темного экситона возможна в том числе, за счет обменного взаимодействия с поверхностными парамагнитными центрами. Определено влияние этого взаимодействия на степень наведенной магнитным полем циркулярной поляризации фотолюминесценции. Сделан вывод о том, что поляризация поверхностных спинов во внешнем магнитном поле создает дополнительный обменный вклад в зеемановское расщепление экситона и делает его излучательную рекомбинацию спинзависимой. И, наконец, третья задача диссертации заключалась в изучении безызлучательного диполь-дипольного переноса экситонных возбуждений в плотных ансамблях коллоидных квантовых точек. В рамках решения этой задачи установлено, что в диполь-дипольном переносе возбуждения между квантовыми точками CdTe доминируют переходы с участием состояний оптически неактивного экситона.

Каждая глава начинается с вводного раздела, содержащего обзор литературы современного состояния исследований по тематике главы. В целом, обзор литературных данных производит впечатление строгого и

последовательного изложения и свидетельствует о достаточно высоком уровне теоретической подготовки диссертанта.

Переходя к оценке диссертации в целом, необходимо отметить, что соискателю в своей диссертационной работе удалось получить совокупность новых результатов, которые, с одной стороны, дают ясную физическую картину исследованных явлений, а с другой стороны, инициируют проведение последующих теоретических и экспериментальных работ, направленных на обнаружение новых эффектов. Таким образом, можно утверждать, что совокупность полученных в работе результатов и сделанные на их основе выводы значительно расширяют существующие представления об энергетической структуре и магнитооптических свойствах экситонных возбуждений в полупроводниковых квантовых точках и наноплателетах A2B6. Автором предложен метод определения преимущественной пространственной ориентации наноплателетов в ансамбле по величине степени циркулярной поляризации фотолюминесценции в больших магнитных полях имеющий **прикладное значение.**

Говоря о недостатках работы, необходимо отметить следующее:

1. Во второй главе энергия биэкситона определялась посредством оптимизации выражения по 6-ти варьируемым параметрам. Очевидно, что решение этой задачи оптимизации не однозначно. Для получения однозначного решения необходимо задавать дополнительные условия. Однако я не нашел обоснования таких условий в тексте диссертации.

2. В четвертой главе построена модель для описания наведенной магнитным полем циркулярной поляризации учитывающая обменное

взаимодействие экситонов с поверхностными парамагнитными центрами. При описании в рамках этой модели экспериментальных данных для двух наноплатолетов, отличающихся только геометрическими размерами (площадями поверхности) в одном случае использовался ферромагнитный, а в другом антиферромагнитный тип обменного взаимодействия экситонов с парамагнитными центрами. Причины такого существенного отличия в типе обменного взаимодействия, необходимого для адекватного описания схожих структур никак не обсуждаются.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы. Из проведенного анализа работы следует, что диссертация А.А. Головатенко представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение задачи, имеющей существенное значение для понимания энергетической структуры и магнитооптических свойств экситонных возбуждений в полупроводниковых квантовых точках и наноплатолетах А2В6. Достоверность и обоснованность результатов определяется тщательно проработанной методикой изучения исследуемых процессов, согласием теоретических расчетов с результатами экспериментальных измерений, сделанных в ведущих мировых центрах.

Основные результаты диссертации опубликованы в российских и международных научных журналах, доложены на ведущих российских и международных научных конференциях. Автореферат правильно передает содержание диссертации. По содержанию, объему, новизне, научной и практической значимости результатов, полученных в работе, диссертация отвечает требованиям пункту 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г. (ред.

от 01.10.2018), предъявляемым к кандидатским диссертациям, название и содержание соответствуют паспорту специальности, а её автор А.А. Головатенко, безусловно, **заслуживает присуждения** искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 — физика полупроводников.

Ведущий научный сотрудник лаборатории молекулярно-лучевой эпитаксии соединений A_3B_5 Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения РАН

д.ф.-м.н.,

Доцент по специальности физика полупроводников

Тимур Сезгирович Шамирзаев

01.04.10 – физика полупроводников

Тел. (383) 330-44-75, e-mail: tim@isp.nsc.ru

630090, Россия, Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 13.

Подпись и фамилию сотрудника ИФП СО РАН
Т.С. Шамирзаева удостоверяю

Зам. директора ИФП СО РАН

к.ф.-м.н.

А.В. Каламейцев