

Center for Advanced Solar Photophysics

C-PCS, MS-J567

Los Alamos, New Mexico 87545

505-665-8284/Fax 505-667-0440

klimov@lanl.gov, [http:// quantumdot.lanl.gov](http://quantumdot.lanl.gov), <http://casp.lanl.gov>

18 Сентября, 2016 года

В диссертационный совет Д 002.205.02
при ФТИ им. А.Ф. Иоффе

ОТЗЫВ

**на автореферат диссертации Родиной Анны Валерьевны
«ОПТИЧЕСКИЕ И СПИНОВЫЕ ЯВЛЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ
КОЛЛОИДНЫХ НАНОКРИСТАЛЛАХ»,**

**представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук
по специальности 01.04.10 - физика полупроводников**

Актуальность выполненных в диссертационной работе А.В. Родиной исследований не вызывает сомнений. Рассмотрен большой комплекс теоретических задач, направленных на понимание и предсказание оптических и спиновых явлений в полупроводниковых коллоидных нанокристаллах. Последовательность и согласованность рассмотренных вопросов во многом определялись развитием области нульмерных наноструктур на протяжении последних 30 лет. Так акцент теоретических исследований, вслед за экспериментальными, смещался от идентификации оптических переходов между уровнями размерного квантования в спектрах поглощения к анализу тонкой структуры краевых экситонов, определяющей спектры низкотемпературной фотолуминесценции и ее кинетику. Поставленные и решенные в диссертации теоретические задачи являются актуальными как для понимания фундаментальных свойств носителей заряда и их взаимодействий в условиях сильного размерного квантования в квантовых точках, так и для выявления специфики коллоидных структур. Для коллоидных нанокристаллов характерно существенное влияние поверхности, в том числе условий ее пассивации, на оптические свойства. В работе разработаны методы, позволяющие учесть влияние поверхностного слоя на энергетические спектры носителей в рамках многозонной модели эффективной массы, рассмотрено обменное взаимодействие носителей со спинами оборванных связей на поверхности.

Сильной стороной работы является направленность проведенных теоретических исследований на объяснение экспериментально наблюдавшихся явлений. Важной и актуальной является развитая в работе теория активации радиационной рекомбинации темного (запрещенного по спине) экситона. Долгоживущая низкотемпературная фотолуминесценция темного экситона в нанокристаллах CdSe исследовалась экспериментально многими группами, включая лабораторию Лос Аламоса. В диссертационной работе предложен и рассчитан новый механизм ее активации, связанный с переворотом спина оборванной связи на поверхности нанокристалла. При этом обнаружена возможность динамической поляризации спинов на поверхности, которая

происходит именно в процессе рекомбинации темного экситона при температурах ниже критической и в тоже время замедляет радиационную рекомбинацию. Предложенная модель поверхностного магнитного полярона не только впервые позволила объяснить загадки низкотемпературной фотолюминесценции (ФЛ) коллоидных нанокристаллов CdSe, не имевшие объяснения со времени их первого экспериментального наблюдения более 20 лет назад, но и предсказала возникновение магнитных свойств немагнитных нанокристаллов. Это предсказание открывает широкие перспективы для новых экспериментальных исследований.

В диссертации А.В. Родиной детально и последовательно изучена и тонкая структура многочастичных комплексов - трионов и биэкситонов. Результаты этих исследований стали особенно актуальны в последние годы, когда развитие технологий привело к синтезу core-shell нанокристаллов, в которых подавлены нерадиационные Оже процессы и возможно наблюдение трионной и биэкситонной фотолюминесценции. Теоретические модели, представленные в работе, позволили объяснить особенности кинетики фотолюминесценции в нанокристаллах CdSe/CdS. Особый интерес представляет теоретическое моделирование магнитоиндуцированной циркулярной поляризации и спиновой динамики в ансамбле нанокристаллов CdSe/CdS, позволившее сделать о свойствах и параметрах индивидуальных точек в ансамбле в зависимости от их ориентации по отношению к внешнему магнитному полю.

Все основные результаты диссертационной работы опубликованы в ведущих научных журналах, представлены на конференциях и широко известны международному научному сообществу. Работы А.В Родиной по теории оптических и спиновых свойств коллоидных нанокристаллов имеют высокий уровень цитирования и определяют современный уровень понимания этих явлений. Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов не вызывает сомнений.

Таким образом, диссертация безусловно содержит новые значимые результаты и удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям, а её автор Анна Валерьевна Родина заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10 - физика полупроводников.

Директор, Центр Современной Солнечной Фотофизики,
Министерство Энергетики США
Национальная Лаборатория Лос Аламоса

Профессор,
д.ф.-м.н.

Почетный член Научного Штата Лаборатории Лос Аламоса
Почетный член Американского Физического Общества
Почетный член Оптического Общества Америки

В.И. Климов

MS-J567, Center for Advanced Solar Photophysics
Los Alamos National Laboratory, Los Alamos, New Mexico 87545, USA
Phone: (505) 665-8284
Fax: (505) 667-0440
E-mail: klimov@lanl.gov