

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу
Коротченкова Алексея Владимировича

«Плазмоны и плазмон-экситоны в наноструктурах металл-полупроводник»,
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-
математических наук по специальности 1.3.11 – физика полупроводников.

В представленной диссертационной работе Коротченкова А. В. выполнено теоретическое исследование плазмонов в слоях металлических наночастиц, а также явлений, возникающих при взаимодействии плазмонов с экситонами в полупроводниковых квантовых ямах. Изучение данной темы имеет большое научное значение, поскольку наноструктуры, объединяющие оптические свойства металлов и полупроводников, являются перспективными для многих современных применений в оптике – от разработки эффективных источников света до управления оптическими сигналами. Научная и практическая значимость таких исследований обусловлена повышенным интересом к физике низкоразмерных систем и их уникальным свойствам.

Одной из основных задач диссертации является исследование механизма взаимодействия плазмонов и экситонов в гибридных наноструктурах, включающих массивы металлических нанокластеров и полупроводниковые квантовые ямы. Автором была впервые проведена количественная оценка силы взаимодействия низкоразмерных экситонов Ванье-Мотта с плазмонами в различных металлических структурах, что позволило объяснить резонансные особенности в спектрах металл-полупроводниковых наноструктур. Среди новых результатов следует отметить выявление условий оптической ориентации горячих экситонов, возбуждаемых в гетероструктуре с квантовой ямой при помощи решётки металлических наночастиц.

Диссертационная работа занимает 86 страниц, включает 22 рисунка, список цитируемых источников содержит 91 наименование. Во введении обоснована актуальность темы работы, чётко сформулированы основные задачи и представлены положения, выносимые на защиту. Содержательная часть диссертации логично структурирована и состоит из трёх глав. Обзор полученных результатов приведён в заключении. Объёмные вычисления, касающиеся электродинамической функции Грина в структуре с квантовой ямой и соответствующих решёточных сумм, вынесены в приложение.

В первой главе предложена теория анизотропного отражения света от слоев металлических частиц на поверхности полупроводника. Разработанная

модель плазмонов в анизотропном слое наночастиц используется для подгонки экспериментальных спектров анизотропного отражения света. Одним из важных достижений является использование самосогласованной поляризуемости, которая описывает коллективные плазмоны в массиве наночастиц и применяется в следующих главах диссертации.

Вторая глава посвящена изучению взаимодействия плазмонов в решетках наночастиц с экситонами в полупроводниковой квантовой яме. Рассчитанные спектры плазмон-экситонной поляризуемости, а также спектры отражения и поглощения света, обладают резонансной особенностью в виде двух максимумов, разделенных узким провалом. При этом полученные оценки константы связи показывают, что для экситонов Ванье-Мотта характерной оказывается слабая связь с поверхностными плазмонами. Аналогичный результат получен для плазмонов в одномерной решетке из нанопроволок.

Третья глава посвящена оптической ориентации горячих экситонов, возбуждаемых в квантовой яме в ближнем поле массива наночастиц. Периодическая структура позволяет возбуждать и собирать излучение экситонов с волновыми векторами обратной решетки, в несколько раз превосходящими волновое число падающего света. При этом ориентация спина экситонов в момент рождения и поляризация их излучения определяется поляризацией поверхностных волн, распространяющихся вдоль решетки. Стоит отметить, что хотя гибридные наноструктуры с металлическими решетками ранее создавались и исследовались, оптическая ориентация экситонов в ближнем поле до сих пор не изучалась.

После прочтения диссертационной работы возникли следующие вопросы:

1. Почему поляризация экситонов не теряется быстро за счет упругого рассеяния на примесях? Кажется бы, в некотором смысле экситон аналогичен электромагнитной волне, а её поляризация при рассеянии на малых неоднородностях вовсе не сохраняется.

2. Как происходит учет влияния локальной поляризации возбуждающего поля в двумерных решетках на поляризацию экситонов?

3. Можно ли при помощи описанного теоретического подхода учесть «взаимодействие» дифракционной аномалии Вуда-Рэлея с экситонным полюсом?

Указанные вопросы не умаляют общего положительного впечатления от работы. Диссертация Коротченкова А.В. «Плазмоны и плазмон-экситоны в наноструктурах металл-полупроводник» выполнена с использованием современных методов теоретического анализа и обладает несомненной

практической значимостью. Научные положения, выносимые на защиту, чётко сформулированы, подтверждены расчётами и соответствуют полученным в работе результатам. Считаю, что представленная работа соответствует всем критериям, предъявляемым диссертационными советами ФТИ к кандидатским диссертациям, а её автор Коротченков А.В. несомненно заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – физика полупроводников.

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук, доцент центра инженерной физики,
Сколковский институт науки и технологий

Дьяков Сергей Александрович

Сергей Дьяков С.А. подтверждаю.

руководитель отдела
кадрового администрирования
Гук О.С.