

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Коротченкова Алексея Владимировича  
«Плазмоны и плазмон-экситоны в наноструктурах металл-полупроводник»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата физ.-мат. наук  
по специальности 1.3.11 – физика полупроводников.

Диссертационная работа Коротченкова А.В. посвящена теоретическому исследованию экситон-плазмонного взаимодействия в композитных структурах, состоящих из полупроводниковых квантовых ям (КЯ) и близко к ним расположенных короткопериодических двумерных решеток из металлических наносфероидов или одномерных решеток металлических цилиндров с поперечным сечением в виде наноэллипса. Результаты диссертации представляют фундаментальный теоретический интерес, поскольку они вскрывают особенности взаимодействия локализованных и распределенных колебаний различной природы в полупроводниковых наноструктурах. Практическая ценность проведенных в диссертации исследований заключается в демонстрации возможности усиливать возбуждение и излучение экситонов в КЯ за счет их взаимодействия с плазменными колебаниями в близкорасположенных металлических решетках. Полупроводниковые наноструктуры с металлическими частицами применяются во многих областях нанофотоники, чем определяется актуальность представленных в диссертации исследований.

Автореферат дает достаточно полное представление об основном содержании диссертации. В **первой главе** диссертации построена теория плазмонного отражения света от плоской двумерной решетки металлических наносфероидов, расположенной вблизи плоской границы раздела различных диэлектрических сред. Исследована слабая анизотропия отражения при малых деформациях формы наносфероидов и периодов двумерной решетки вдоль двух ортогональных направлений в плоскости решетки. Результаты моделирования используются для интерпретации экспериментальных спектров анизотропного плазмонного отражения от массивов металлических наночастиц, измеренных ранее другими авторами. Во **второй главе** диссертации решены две задачи о взаимодействии плазмонов, возбуждаемых в плоской двумерной решетке металлических наносфероидов и в одномерной решетке металлических цилиндров с поперечным сечением в виде наноэллипса, с квазидвумерными экситонами в полупроводниковой квантовой яме. В **третьей (заключительной) главе** диссертации представлена теория возбуждения и излучения экситонов с ненулевым волновым вектором в полупроводниковой КЯ с близко расположенной решёткой металлических наночастиц в присутствии внешнего магнитного поля. Продемонстрировано, что в такой структуре можно исследовать кинетику релаксации экситонов с отличным от нуля волновым вектором.

Высоко оценивая положительные стороны диссертации, необходимо отметить некоторые недостатки автореферата. Вероятно, из-за недостатка места в автореферате, некоторые утверждения недостаточно понятны, носят сомнительный и даже противоречивый характер. Надеюсь, что в самой диссертации эти утверждения сформулированы более четко и понятно.

1. Автор использует различные термины (порой даже несколько разных терминов одновременно) для одних и тех же плазмонов в решетках металлических наночастиц: «локализованные поверхностные плазмоны» (стр. 3); просто «поверхностные плазмоны» (та же стр. 3 и стр. 4); просто «локализованные плазмоны» (стр. 4); «коллективные плазмоны» (стр. 10). Автору следовало бы более четко определиться с этими терминами. Отмечу также несколько технических огрехов в изложении материала в автореферате и его оформлении. Так, в автореферате не указано, что означают кружочки на выделенных участках кривых на рис. 4? Не определен параметр  $U_\alpha$ , входящий в формулы (12), (13) и Таблицу 1.

2. Непонятно, почему экситоны с ненулевым волновым вектором называются «горячими экситонами»? Имеет ли этот термин какое-либо отношение и, если да, то какое, к температуре экситона?
3. Непонятно, учитывается ли (и каким образом) радиационное затухание в параметре затухания  $\Gamma_\alpha$  плазмонов в выражении (7)? Или параметр  $\Gamma_\alpha$  учитывает только диссипативное (нерадиационное) затухание, обозначенное малой греческой буквой  $\gamma$  в выражении (2)? Учитывается ли радиационное затухание плазмонов в величине параметра  $G_\alpha$ , входящего в формулу (12) и Таблицу 1? Кажется, что радиационное затухание не учитывается, поскольку далее на стр. 13 автореферата, после формулы (14), поясняется, что  $G_\alpha = \gamma/2$ , где  $\gamma$  – параметр диссипации в металле, указанный в формуле (2). Если радиационное затухание плазмонов в параметре  $G_\alpha$  действительно не учитывается, то почему? В то же время, на стр. 14 в предпоследнем предложении в части автореферата, посвященной второй главе диссертации, записано выражение для затухания плазмона в виде  $G_x = \gamma/2 + G_{0x}$ , где  $G_{0x}$  – радиационное затухание плазмона. Желательно, чтобы противоречивые высказывания, указанные в данном замечании, были пояснены и приведены во взаимное соответствие.
4. На стр. 16 автореферата, сразу после формулы (22), вводится параметр  $\eta = 1 - b^2/q^2$ , где  $b$  – модуль вектора обратной решетки металлических наночастиц, а  $q = \omega\sqrt{\epsilon_b}/c$  – волновое число света в окружающем пространстве. Представляется, что величина  $\eta$ , определенная таким образом, не может быть равна единице ни при каких условиях, вопреки тому, что утверждается в автореферате сразу ниже уравнения (23)? Попутно замечу, что ранее (на стр. 10 автореферата) этой же греческой буквой  $\eta$  обозначается совсем другая величина (отношение длин полуосей сфероидной металлической наночастицы).

Указанные недостатки касаются главным образом изложения материала в автореферате и не снижают общей высокой оценки самой диссертационной работы. Положения, выносимые на защиту, ясно сформулированы и являются новыми знаниями в области физики полупроводников. Результаты диссертации достаточно полно опубликованы в рецензируемых научных журналах и докладывались на престижных российских и международных конференциях. Считаю, что диссертация Коротченкова А.В. отвечает всем требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям диссертационными советами ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, а её автор, Коротченков Алексей Владимирович, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – физика полупроводников.

В. В. Попов

24.01.2025

Отзыв представил:

Попов Вячеслав Валентинович, доктор физико-математических наук (специальность: 01.04.03 – Радиофизика), профессор, главный научный сотрудник Саратовского филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук (СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН).

Адрес места работы: Россия, 410019, г. Саратов, ул. Зеленая, д. 38.

Телефон: +7(905)322-49-38

Электронная почта: glorvv@gmail.com

Подпись д.ф.-м.н., проф. Попова Вячеслава Валентиновича заверяю:  
Заместитель директора по научной работе

СФ ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН

к.ф.-м.н.

– Д.В. Фатеев