

ОТЗЫВ

председателя диссертационного совета на диссертацию Соловьева Ивана Александровича «Когерентная оптическая динамика экситонов и трионов в полупроводниковых квантовых ямах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Диссертационная работа Соловьева И.А. посвящена исследованию динамики и релаксационных процессов в ансамблях электронных возбуждений – экситонов и трионов – в квантовых ямах на основе различных полупроводниковых систем с применением совокупности нелинейно-оптических методов, известных как спектроскопия четырёхволнового смешивания.

Цель работы, сформулированная как развитие возможностей когерентного управления экситонами и их заряженными комплексами в полупроводниковых наноструктурах, безусловно является актуальной для современной физики конденсированного состояния и её технических приложений.

Диссертация состоит из введения, пяти глав и заключения. Первая глава содержит литературный обзор по когерентной динамике и релаксации экситонов в полупроводниковых структурах. Вторая описывает методику эксперимента и теоретические подходы, использованные при анализе экспериментальных данных. Важнейшей особенностью экспериментальной методики является использование пикосекундных лазерных импульсов, что позволяет проводить исследования экситонных комплексов как со спектральным, так и с временным разрешением. В трёх оригинальных главах представлены исследования экситонной и трионной динамики в структурах с квантовыми ямами на основе оксида цинка, нитрида галлия и арсенида индия/галлия соответственно.

Для всех трёх исследованных систем примененный экспериментальный подход позволил получить новые научные результаты. В квантовой яме $\text{ZnO}/(\text{Zn,Mg})\text{O}$ удалось отдельно исследовать дефазировку и энергетическую релаксацию экситонов, образованных носителями из разных зон (А- и В-экситонов) и образованных ими трионов. Для нитридных структур обнаружено сильное влияние локализации на релаксационные процессы в экситонных комплексах. Наконец, в структурах $(\text{In,Ga})\text{As}/\text{GaAs}$ путем приложения магнитного поля реализована передача когерентности в резервуар тёмных

экситонов, что позволило существенно удлинить время дефазировки экситонных состояний и получить богатую информацию о константах спиновых взаимодействий квазидвумерных носителей заряда.

Хочется отметить логичность и хорошую стилистику изложения. Тем не менее, есть несколько неясных мест, попытки лучше понять которые приводят к формулировке следующих вопросов:

- 1) К главе 3, стр. 68-69: Каким образом энергетическая релаксация приводит к появлению вклада в стимулированное фотонное эхо, затухающего медленнее, чем за время продольной релаксации? Казалось бы, любой дополнительный релаксационный процесс должен приводить к ускорению затухания. Как это долгое время затухания связано со временем жизни, измеряемым по фотолюминесценции, с которым оно сравнивается?
- 2) К главе 4: Как известно, в нитридных гетероструктурах часто возникают сильные встроенные электрические поля пьезоэлектрической природы, которые существенно влияют на локализацию носителей и свойства экситонов. Не сказываются ли такие поля на исследованных эффектах?
- 3) К главе 5, стр.110: Анизотропные возмущения (биаксиальная деформация, анизотропия локализуемого потенциала в плоскости квантовой ямы) могут приводить к возникновению вклада в тензор g -фактора тяжелой дырки с противоположными знаками компонент вдоль ортогональных осей в плоскости ямы. Поэтому окончательный вывод о знаке дырочного g -фактора можно делать по результатам нескольких измерений, выполненных при разных направлениях магнитного поля в плоскости квантовой ямы. Проводились ли такие эксперименты?

В целом диссертация производит очень хорошее впечатление сочетанием сложных современных экспериментальных методов, грамотного теоретического анализа и ясного изложения результатов.

Диссертация Соловьева Ивана Александровича «Когерентная оптическая динамика экситонов и трионов в полупроводниковых квантовых ямах» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 №6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Соловьев Иван Александрович заслуживает

присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния. Пункты 9, 11 указанного порядка диссертантом не нарушены.

Доктор физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник Лаборатории оптики спина СПбГУ



К.В.Кавокин

Дата 16.01.2024