

ՖԻԶԻԿԱՅԻ ԿԻՐԱՌԱԿԱՆ ՊՐՈԲԼԵՄՆԵՐԻ ԻՆՍՏԻՏՈՒՏ

Հայաստանի Հանրապետության Գիտությունների ազգային ակադեմիա
Պետական ոչ առևտրային կազմակերպություն

ИНСТИТУТ ПРИКЛАДНЫХ ПРОБЛЕМ ФИЗИКИ

Национальная Академия Наук
Республики Армения
Государственная Некоммерческая Организация



INSTITUTE OF APPLIED PROBLEMS OF PHYSICS

National Academy of Sciences
of the Republic of Armenia
State Noncommercial Organization

✉ Հր. Ներսիսյան 25, 0014, Երևան,
Հայաստանի Հանրապետություն
+ 374 10 24 11 10
☎ + 374 10 28 18 61
Ֆաքս: + 374 10 28 18 61
Էլ. փոստ: VahKocharyan@gmail.com
Ինտ. կայք: www.iapp.am

✉ Gr. Nersisyan 25, 0014, r. Yerevan,
Республика Армения
+ 374 10 24 11 10
☎ + 374 10 28 18 61
Факс: + 374 10 28 18 61
Эл. почта: VahKocharyan@gmail.com
Веб-сайт: www.iapp.am

✉ Hr. Nersisyan Str. 25, 0014, Yerevan,
Republic of Armenia
+ 374 10 24 11 10
☎ + 374 10 28 18 61
Fax: + 374 10 28 18 61
E-mail: VahKocharyan@gmail.com
Website: www.iapp.am

№ 2358-49
15-01-2024

ՕՏՅԻՎ

члена диссертационного совета Айка Араевича Саркисяна на диссертацию Соловьёва Ивана Александровича на тему “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

Изучение экситонных состояний в полупроводниковых структурах является предметом пристального внимания специалистов, так как полученные результаты могут найти непосредственное приложение в приборостроении. Примечательно, что с понижением размерности полупроводника экситонные системы приобретают большую устойчивость, ярким примером чего является четырёхкратное увеличение энергии связи основного состояния двумерного экситона, по сравнению с трёхмерным. Следствием этого является существенное влияние экситонных эффектов на различные физические характеристики низкоразмерных полупроводников: квантовых ям, проволок и точек. В частности, речь идет об оптических характеристиках полупроводниковых наноструктур.

Одним из важнейших направлений изучения оптических характеристик полупроводниковых наноструктур, содержащих экситоны, стало изучение влияния интенсивного лазерного излучения на характер резонансной структуры экситонных спектров, что позволило зафиксировать различного рода оптические нелинейные эффекты. Одним из таких нелинейных эффектов является возбуждение нелинейной среды тремя волнами, в результате чего в среде возникает четвёртая волна, характеристики которой в общем случае могут не совпадать ни с одной из характеристик возбуждающих волн. При этом, важнейшей особенностью полупроводниковых наноструктур является возможность управления спектром экситонов, путём изменения геометрических параметров структуры, тем самым создавая дополнительный рычаг управления резонансными состояниями экситонов.

33-06-63 от 22.01.2024

Представленная И.А. Соловьёвым диссертационная работа посвящена исследованию когерентной оптической динамики кулоновских систем (экситонов и трионов) в полупроводниковых квантовых ямах. Примечательно, что автор использует методы фотонного эха, а также спин-зависимого фотонного эха, для изучения когерентной динамики экситонов в наноструктурах.

Структурно диссертация состоит из Введения и пяти глав. В конце приведены заключения.

Первая глава диссертации является обзорной и содержит обширную информацию, посвящённую динамике экситонов, четырёх-волновому смещению и фотонному эху.

Во **второй главе** диссертации представлен теоретический анализ характера фотонного эха от системы экситонов, локализованных в полупроводниковой квантовой яме, а также описана экспериментальная установка, позволяющая измерять пикосекундное фотонное эхо.

Третья глава диссертации посвящена изучению когерентной оптической динамики экситонов в квантовых ямах. Представлены результаты экспериментов по исследованию линейной спектроскопии, а также измерений сигнала двух и трёхимпульсного фотонного эха экситонных и трионных переходов.

Четвёртая глава посвящена исследованию когерентной оптической динамики экситонов, в пикосекундном временном масштабе, применительно к периодической структуре с квантовыми ямами. Представлен детальный анализ спектроскопии двух и трёхимпульсного фотонного эха от экситонной системы в выше указанной системе, для различных значений температуры.

Пятая глава диссертации посвящена экспериментальной реализации протокола спин-зависимого эха в квантовой яме, при наличии аксиального магнитного поля. Представлен также теоретический анализ модели, описывающей осциллирующее поведение сигнала эха.

В Заключение приведены основные важнейшие результаты, полученные в диссертационной работе.

В целом диссертация является законченным трудом, выполненным на высоком научном уровне и расширяющем наши знания в области когерентной оптики экситонов в полупроводниковых наноструктурах. Уровень выполненных экспериментов чрезвычайно высокий, что является безусловной “визитной карточкой” лаборатории спин-оптики СПбГУ.

Вместе с тем у меня есть ряд предложений, которые, на мой взгляд, станут полезным дополнением к работе, выполненной диссертантом.

1. Думаю, что на основе диссертации можно написать учебное пособие, посвящённое когерентной оптической динамике экситонов, которое безусловно будет полезным учебным материалом для магистрантов и аспирантов соответствующих специальностей.
2. Желательно, в дальнейшем, рассмотреть проблему четырёх-волнового смешения применительно к экситонным системам, локализованным в квантовых проволоках, поскольку квазиодномерные кулоновские системы обладают большей энергией связи, а значит и большей устойчивостью.
3. На сегодняшний день большой интерес у специалистов вызывают квазидвумерные гибридные коллоидные структуры, называемые нанопластинками (nanoplatelets). Эти системы занимают промежуточное положение между квантовыми ямами и точками. На мой взгляд, было бы интересно исследовать специфические особенности когерентной динамики экситонов в подобных структурах, близких по многим характеристикам с квантовыми ямами.

Резюмируя, можно утверждать, что И.А. Соловьёвым проделана большая исследовательская работа, достоверность результатов которой, не вызывает никаких сомнений. Результаты диссертации опубликованы в ведущих международных изданиях и доложены на авторитетных международных конференциях.


Диссертация Соловьёва Ивана Александровича на тему: “Когерентная оптическая динамика экситонов и трионов в полупроводниковых квантовых ямах” соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 “О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете”, а соискатель Соловьёв Иван Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. Физика конденсированного состояния. Нарушение пунктов 9 и 11 указанного Порядка в диссертации не обнаружены.

Член диссертационного совета,
 доктор физико-математических наук, профессор,
 заведующий лабораторией физики нано- и мезо систем
 Института прикладных проблем физики НАН РА


 А.А. Саркисян

Подпись А.А. Саркисяна заверяю,
 директор Института прикладных проблем
 физики НАН РА




 В.Р. Кочарян