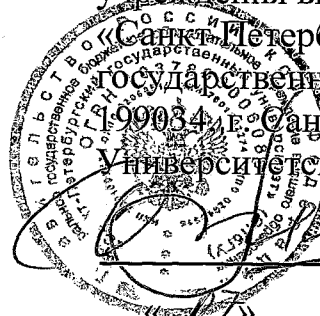


«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по научной работе
федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования

«Санкт-Петербургский
государственный университет»

199034 г. Санкт-Петербург,
Университетская наб., д. 7/9



С.В. Аплонов

12 2018 г.

ОТЗЫВ

**ведущей организации «Санкт Петербургский государственный
университет»**

на диссертацию Ивана Андреевича Шелыха

**«Спиновая и поляризационная динамика в режиме сильной связи
света с веществом»,**

**представленную на соискание ученой степени доктора физико-
математических наук по специальности 01.04.05 (оптика).**

Диссертационная работа И.А. Шелыха посвящена изучению динамики спиновой поляризации и процессов квантового транспорта в двухмерных системах в режиме сильной связи между материальными возбуждениями и светом. Основное внимание в работе уделено развитию теории, описывающей нелинейную поляризационную динамику в планарных квантовых микро-резонаторах.

Актуальность тематики работы связана, прежде всего, с перспективами практического использования рассматриваемых в работе наноструктур для управления светом на масштабах, много меньших длины световой волны. Подобные наноструктуры могут послужить основой для создания микролазеров нового поколения и оптических систем обработки информации. Последовательное изучение возможностей управления поляризацией света с помощью структур, имеющих перспективы стать основой реальных устройств, представляется важной задачей. Уникальное

сочетание развитых в диссертационной работе И. А. Шелыха теоретических методов с численным моделированием и анализом имеющихся экспериментальных данных позволяет всесторонне исследовать взаимосвязь поляризационной динамики и низкоразмерного квантового транспорта в режиме сильной экситон-фотонной связи. Предложенные теоретические подходы в дальнейшем могут быть применены к исследованию оптических и транспортных свойств наноструктур других типов. Тем самым, диссертационная работа И.А Шелыха посвящена решению ряда важных научных задач и является, несомненно, актуальной.

Оценка содержания диссертационной работы и результатов

Результаты диссертационной работы изложены на 210 страницах. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения и списка цитируемой литературы. Работа оформлена в соответствии с требованиями ВАК Российской Федерации. Результаты опубликованы в 43 научных статьях в высокорейтинговых международных журналах, рекомендованных ВАК.

Во введении описаны цели диссертационной работы, актуальность, научная и практическая значимость работы, личный вклад автора, информация об апробации работы и обоснование достоверности полученных результатов.

Первая глава носит вводный характер и содержит основные сведения о механизмах спиновой релаксации в низкоразмерных системах и природе режима сильной связи. Детально рассмотрены свойства экситонных поляритонов, приводятся основные сведения об их бозе-конденсации, сверхтекучести и поляризационной динамике.

Во второй главе представлены результаты теоретического исследования поляризационной динамики в планарных квантовых микрорезонаторах в линейном режиме. Основное внимание уделяется рассмотрению роли продольно-поперечного расщепления в пространственной и временной динамике экситонных поляритонов. Убедительно показано, что роль такого расщепления в микрорезонаторах аналогична роли спин-орбитального расщепления в двумерных электронных системах, что позволило автору предложить ряд оптических аналогов хорошо известных электронных эффектов и приборов на их основе.

В третьей главе описаны результаты теоретического исследования роли спин-анизотропных поляритон-поляритонных взаимодействий в формировании сверхтекучей фазы поляритонного конденсата. Детально рассмотрена роль поляризационных расщеплений различной природы, в частности, зееманов-ского расщепления, наведенного внешним магнитным

полем. Предсказан спиновый эффект Мейсснера, заключающийся в полной экранировке зеемановского расщепления анизотропными поляритон-поляритонными взаимодействиями. Описывается эффект поляризационной мультистабильности и его следствия, возникающие в режиме резонансной накачки.

Четвертая глава посвящена исследованию механизмов спиновой релаксации в микрорезонаторах в некогерентном режиме. Выводится система полуклассических динамических уравнений, описывающих временную динамику чисел заполнения и компонент вектора Стокса с учетом поляритон-фононных и поляритон-поляритонных взаимодействий. Приводится теоретическое объяснение эффекта инверсии линейной поляризации при поляритонном параметрическом рассеянии. К несомненным достоинствам результатов, описываемых в этой главе, следует отнести тесную связь развиваемой в ней теории с результатами экспериментальных исследований

Пятая глава посвящена рассмотрению процессов транспорта и спиновой динамики в двумерных электронных системах, взаимодействующих с нерезонансным лазерным полем. Вводится концепция электрона, одетого электромагнитным полем. Показывается, что транспортные и спиновые свойства такой гибридной частицы существенно отличаются от свойств свободного электрона. Дается анализ зависимости режима спиновой динамики от параметров подсветки, теоретически показывается возможность оптически контролируемого перехода из режима спиновой релаксации по механизму Дьяконова-Переля в режим, описываемый механизмом Элиотта-Яфета. Для топологических систем предсказывается существование управляемого светом перехода между нормальным и топологическим состояниями.

Наиболее значимыми результатами работы являются:

1. Предсказан новый фундаментальный эффект полной парамагнитной экранировки зеемановского расщепления в планарных микрорезонаторах – спиновый эффект Мейсснера.
2. Предсказан важный для практических приложений в области оптоинформатики эффект поляризационной мультистабильности.
3. Получена система полуклассических уравнений, описывающая процессы спиновой и энергетической релаксации в поляритонных системах.
4. Теоретически предсказана возможность управления спиновой релаксацией двумерных электронов с помощью внешней подсветки.
5. Предложена концепция управляемых светом топологических

фазовых переходов.

Оценка новизны и достоверности

Научная новизна представленных в диссертации результатов исследований несомненна и заключается в том, что впервые проведен систематический анализ процессов спиновой и поляризационной динамики в двумерных системах различной природы в режиме сильной связи света с веществом, что позволило сформулировать новое научное направление – спиноптронику. Научные положения и выводы, сформулированные в работе, их достоверность и научная новизна обоснованы результатами теоретических исследований и их качественным и количественным соответствием с имеющимся в литературе экспериментальными данными. Материалы диссертации опубликованы в ведущих международных изданиях, в частности, Nature, Physical Review Letters, Physical Review B.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Результаты диссертационной работы можно рекомендовать к использованию в работе научных и учебных учреждений, занимающихся исследованиями в области нанофотоники: ФИАН им. П.Н. Лебедева, ИОФ РАН им. А.М. Прохорова, ФТИ им. А.Ф. Иоффе, МФТИ.

По диссертационной работе можно сделать следующие замечания.

1. В 5-й главе диссертации подробно рассмотрены эффекты, связанные с взаимодействием двумерных электронных систем с интенсивным нерезонансным световым полем, приводящим к так называемым «одетым» электронам. Здесь теоретически предсказано несколько новых интересных явлений. Вместе с тем, экспериментальная реализация условий, при которых такие явления можно было бы наблюдать, обсуждается недостаточно подробно. В частности, в реальных системах всегда есть процессы поглощения электромагнитного излучения, обусловленные наличием примесей, двухфотонного или многофотонного поглощения, взаимодействием электронов с фононами. Хотелось бы видеть более подробные оценки реализуемости условий, при которых возможно наблюдение обсуждаемых эффектов.
2. Теоретические результаты, полученные в диссертационной работе, сравниваются с некоторыми экспериментальными данными. В частности, в параграфе 4.1 обсуждается динамика степени поляризации поляритонного излучения в структуре с микрорезонатором, содержащим

квантовые ямы CdTe, и дается качественное объяснение наблюдаемых в эксперименте закономерностей. Вместе с тем, таких примеров в диссертации немного, особенно в последней главе диссертации, где теоретически обсуждаются принципиально важные эффекты в топологических изоляторах, однако сравнение с экспериментом очень ограничено.

3. Оформление диссертации и автореферата имеет ряд недостатков стилистического характера, а также пунктуационные ошибки (в ряде мест пропущены запятые). В параграфах 5.1 и 5.2 использована не общепринятая ссылка на формулы, без скобок. В списке литературы не указаны все авторы статей, поэтому трудно оценить участие диссертанта в той или иной работе.

Указанные замечания, однако, не носят принципиального характера. В целом, диссертационная работа И.А. Шелыха представляет собой законченное научное исследование, выполненное на актуальную тему, характеризующееся новизной и практической значимостью результатов. Высказанные недостатки не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. Выводы диссертационной работы основаны на результатах теоретического анализа и сравнением полученных автором результатов с экспериментальными данными.

В автореферате сформулированы актуальность и цель работы, описаны использованные методы исследования, обоснована достоверность полученных результатов, их научная новизна и практическая значимость, приведена информация о личном вкладе автора, указаны научные положения, выносимые на защиту, приведена информация об апробации работы, описаны структура и объем диссертации, краткое содержание работы по главам, результаты и выводы диссертационной работы. Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы.

Результаты и выводы диссертационной работы имеют практическое значение и могут быть использованы в дальнейших исследованиях оптических и транспортных свойств наноструктур. Выводы и рекомендации, сделанные на основании проведенных в диссертации исследований, достаточно обоснованы.

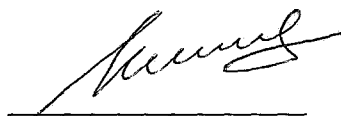
Диссертация И.А. Шелыха полностью соответствует паспорту специальности 01.04.05 - Оптика.

В целом, диссертационная работа «Спиновая и поляризационная динамика в режиме сильной связи света с веществом» отвечает всем требованиям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям, а её автор, Иван Андреевич Шелых, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.05 – Оптика.

Доклад И. А. Шелыха по диссертационной работе заслушан и обсужден на совместном научном семинаре лаборатории Оптики спина и кафедры Физики твердого тела СПбГУ 2 ноября 2018 года. Отзыв на диссертацию заслушан и обсужден на совместном заседании кафедры Физики твердого тела и лаборатории Оптики спина СПбГУ, протокол № 3 от 04.12.2018.

Отзыв подготовил:

Зам. Научного руководителя
Лаборатории Оптики спина,
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры Физики твердого
тела СПбГУ



/ Игнатъев И. В./

Федеральное государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Санкт Петербургский государственный университет»
198504. Санкт-Петербург, Петродворец
Ул. Ульяновская, д.1.
Тел. +7(906)2401036
e-mail: i.ignatiev@spbu.ru

Подпись И. В. Игнатъева удостоверяю:

«06» ноября 2018 года

Личную подпись заверяю
начальник отдела кадров №3

И. И. Маштепа

