

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.1.136.01 (Д 002.100.02),  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ТВЕРДОГО ТЕЛА  
ИМ. Ю.А. ОСИПЬЯНА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК ПО ДИССЕРТАЦИИ  
НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 27 сентября № 34

О присуждении Бисти Веронике Евгеньевне, гражданину России, ученой степени  
доктора физико-математических наук.

Диссертация «Коллективные возбуждения в многокомпонентных двумерных  
электронных системах» по специальности 01.04.07 – физика конденсированного  
состояния принята к защите 12 апреля 2021 г., протокол заседания № 27,  
диссертационным советом Д 002.100.02, созданным на базе Федерального  
государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела  
Российской академии наук, 142432, г. Черноголовка, Московская область, ул.  
Академика Осипьяна, д. 2, приказ Минобрнауки от 17.10.2019 № 965/нк.

Соискатель Бисти Вероника Евгеньевна, 07.03.1952 года рождения, диссертацию  
на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук  
«Исследование взаимодействия экситонов в полупроводниках» защитила в 1978  
году в диссертационном совете N2, созданном на базе отделения  
экспериментальной и теоретической физики физического факультета  
Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, работает  
старшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном  
учреждении науки Институт физики твердого тела им. Ю.А. Осипьяна  
Российской академии наук.

Диссертация выполнена в Теоретическом отделе и в Лаборатории неравновесных электронных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела им. Ю.А. Осипьяна Российской академии наук.

Научного консультанта нет.

**Официальные оппоненты:**

Аверкиев Никита Сергеевич, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБУН Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук, Центр физики наногетероструктур, заведующий сектором,

Юдсон Владимир Исаакович, доктор физико-математических наук, Национальный исследовательский университет Высшая школа экономики, Международная лаборатория физики конденсированного состояния, главный научный сотрудник,

Бурмистров Игорь Сергеевич, доктор физико-математических наук, ФГБУН Институт теоретической физики им. Л.Д. Ландау Российской академии наук, заместитель директора,

дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** - Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск, в своем положительном заключении, подписанном Чапликом Александром Владимировичем, академиком РАН, доктором физ.-мат. наук, профессором, главным научным сотрудником лаборатории теоретической физики ФГУН ИФП СО РАН, и утвержденном директором ФГБУН ИФП СО РАН академиком РАН А.В. Латышевым, указала, что рассматриваемая диссертация является самостоятельным завершенным оригинальным научным исследованием, достоверность результатов и обоснованность выводов не вызывают сомнений, полученные теоретические результаты являются новыми. Работа отвечает всем требованиям ВАК,



предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 42 опубликованные работы, в том числе 17 работ по теме диссертации, опубликованных в рецензируемых научных изданиях, общим объемом 10 печатных листов. Указанные в диссертации сведения об опубликованных работах достоверны.

**Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. В.Е. Бисти. Межподзонные коллективные возбуждения в квазидвумерных системах в сильном магнитном поле// Письма в ЖЭТФ. 1999. Т.69 (8). С.543-547.
2. В.Е. Бисти. Структура межподзонных коллективных возбуждений в квазидвумерных системах в магнитном поле // Письма в ЖЭТФ. 2001.- Т.73(1). С.25-28.
3. В.Е. Бисти, В.Е. Кирпичев, Л.В. Кулик, И.В. Кукушкин. Дисперсионные свойства плазменных возбуждений в туннельно связанных двухслойных электронных системах // Письма в ЖЭТФ. 2006. Т.83 (6). С.300-304.
4. С.В. Товстоног, В.Е. Бисти. Плазмоны в двойных квантовых ямах в параллельном магнитном поле // Письма в ЖЭТФ 78. 2003. Т.78(11). С.1237-1241.
5. V.E. Bisti, N.N. Kirova. Coulomb interaction and electron-hole asymmetry in cyclotron resonance of bilayer graphene in a high magnetic field // Phys. Rev. B. 2011. Vol.84.- No.15. P.15543(6).
6. В.Е. Бисти. Возбужденные состояния межподзонного экситона // ФТТ. 2002. Т.44.(12). С.2220-2224.
7. V.E. Bisti. Charge and spin density excitations in symmetry driven bilayer electron system in high magnetic field // Physica E. 2008. Vol.40.- P.1415-1417.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается** тем, что официальные оппоненты являются наиболее известными специалистами в области низкоразмерных систем с сильным взаимодействием и имеют значительное число опубликованных работ в областях, общих по тематике с диссертацией, а ведущая организация – это один из крупных и наиболее авторитетных в России исследовательских центров, в которых проводятся экспериментальные и теоретические исследования по физике конденсированного состояния.

На автореферат поступили 4 положительных отзыва, в которых отмечается, что представляемая к защите работа выполнена на высоком научном уровне, результаты хорошо известны специалистам по физике двумерных электронных систем, а также что по новизне, значимости и актуальности диссертация удовлетворяет всем требованиям ВАК.

1. В отзыве Горбачевича Александра Алексеевича, главного научного сотрудника Физического института Российской академии наук, академика РАН, доктора физ.-мат. наук, в качестве несущественных замечаний отмечаются опечатки и недостаточно четкие формулировки, а также имеется пожелание в п. 2.3 рассмотреть влияние параметра асимметрии на свойства системы в параллельном магнитном поле.

2. Отзыв Хохлова Дмитрия Ремовича, заведующего кафедрой общей физики и физики конденсированного состояния Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, член-корр. РАН, профессора, доктора физ.-мат. наук, замечаний не содержит.

3. Отзыв Тарасенко Сергея Анатольевича, доктора физ.-мат. наук, ведущего научного сотрудника ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, и Ивченко Еугениуса Левовича, доктора физ.-мат. наук, член-корр. РАН, главного научного сотрудника ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, замечаний не содержит.



4. Квон Зе Дон, заведующий лабораторией физики низкоразмерных электронных систем Института физики полупроводников СО РАН, доктор физ.-мат. наук, профессор, дал отзыв без замечаний.

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании выполненных соискателем исследований **доказано**, что в одиночных и двойных квантовых ямах межподзонные коллективные возбуждения зарядовой и спиновой плотности в квазидвумерной электронной системе в сильном магнитном поле имеют многомодовую структуру, при этом число мод определяется фактором заполнения. Как для межподзонных возбуждений без изменения уровня Ландау, так и для переходов с повышением или понижением номера уровня Ландау новые моды появляются вблизи целочисленных факторов заполнения. Наиболее значительный эффект, доступный для экспериментального наблюдения, существует для переходов без изменения уровня Ландау. Полученный результат появления новых мод вблизи целочисленных факторов заполнения позволил впервые дать правильное объяснение экспериментально наблюдаемой линии, ранее интерпретируемой как линия одночастичных возбуждений. На основании расчета энергии спиновых возбуждений примесных комплексов, состоящих из двух электронов в квантовой яме и неподвижной заряженной примеси, выполненного в пределе сильного магнитного поля, и сравнения с экспериментом **доказана** интерфейсная природа заряженных примесей. Для системы электронов в асимметричных двойных квантовых ямах со слабой туннельной связью **показано**, что в области энергий, превышающих параметр туннелирования, свойства плазменных возбуждений в системах с различной пространственной симметрией аналогичны, а в длинноволновом пределе влияние асимметрии является определяющим. Для системы электронов в двойных квантовых ямах в параллельном магнитном поле **установлено** теоретически и экспериментально, что энергия коллективных возбуждений зарядовой плотности (акустических и оптических плазмонов) зависит от взаимной ориентации магнитного поля и импульса возбуждения, что определяется влиянием конечной ширины

квантовых ям. Для дырочных двумерных каналов с сильным спин-орбитальным взаимодействием в магнитном поле получены энергии уровней Ландау и значения эффективных масс дырок на различных уровнях Ландау для движения электронов вдоль направления магнитного поля, изучено влияние одноосной деформации вдоль плоскости на энергию уровней Ландау дырок в зависимости от симметрии двумерного канала.

**Теоретическая значимость исследования обоснована** следующими основными результатами, полученными в диссертации.

Для системы электронов в квантовой яме с несколькими уровнями размерного квантования показана возможность существования межподзонных коллективных возбуждений спиновой и зарядовой плотности с различными значениями проекции момента на нормаль к плоскости движения.

Применительно к проблематике диссертации эффективно использовано понятие изоспина, и в результате получена энергия коллективных возбуждений зарядовой и спиновой плотности (магнитоплазмонов и магнитоэкситонов) в асимметричной двуслойной электронной системе в сильном перпендикулярном магнитном поле. Показано, что существует изоспиновое синглетное возбуждение (для возбуждений зарядовой плотности это оптический плазмон, для возбуждений спиновой плотности - внутрислоевой магнитоэкситон), не зависящее от симметрии системы, и изоспиновый триплет, энергия которого определяется параметрами асимметрии и туннелирования и разницей в энергиях внутрислоевого и межслоевого магнитоэкситонов.

Для электронов в чистом двуслойном графене рассмотрены циклотронные переходы в сильном магнитном поле. Показано, что происходит расщепление линии циклотронного резонанса. Энергии циклотронных переходов для разных долин различны. При учете кулоновского взаимодействия, слабой асимметрии слоев графена и электронно-дырочной асимметрии разница в энергиях обусловлена в малых полях электронно-дырочной асимметрией, а в сильных



магнитных полях определяется электрон-электронным взаимодействием.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что были даны новые предсказания для проведения экспериментов или даны новые объяснения полученных экспериментальных данных, развиты теоретические методы применительно к новым объектам исследования. Это определяет практическую значимость диссертационной работы для такой интенсивно развивающейся области, как плазмоника.

Достоверность полученных результатов основывается на надежности и обоснованности применяемых методов. Результаты согласуются с экспериментальными данными, как полученными ранее, так и выполненными в подтверждение теоретических предсказаний. Также имеется согласие с другими теоретическими работами в различных предельных случаях. Все работы опубликованы в ведущих рецензируемых научных журналах, прошли апробацию на Российских и международных конференциях и семинарах.

**Личный вклад** соискателя в работы, включенные в диссертацию, был определяющим. Значительная часть этих работ выполнена без соавторов. Другая значительная часть работ выполнена в соавторстве с экспериментаторами, где автору принадлежит вся теоретическая часть работы, включая предложенную интерпретацию результатов, теоретическую постановку задачи и выполнение расчетов. В теоретических работах, выполненных в соавторстве, автору также принадлежит решающий вклад в постановку задачи, выбор методов и проведение расчетов. Личный вклад соискателя состоит также в апробации результатов исследования – выступлениях на семинарах, представлении докладов на национальных и международных конференциях, в подготовке и написании всех публикаций по выполненной работе, руководстве грантами.

Диссертация Бисти В.Е. является самостоятельной законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научных задач,

имеющих важное значение для физики двумерных электронных систем, и отвечает всем критериям, предъявляемым ВАК к докторским диссертациям.

На заседании 27 сентября 2021 г. диссертационный совет принял решение присудить Бисти Веронике Евгеньевне ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 22 доктора наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 28 человек, входящих в состав совета, проголосовали: «за» 22, «против» нет, недействительных бюллетеней нет.

Председатель

диссертационного совета

доктор физ.-мат. наук



Левченко Александр Алексеевич

Ученый секретарь

диссертационного совета

доктор технических наук

Курлов Владимир Николаевич

28.09.2021г