

Аннотация

В выпускной квалификационной работе представлена теория ряда эффектов в двумерных экситонных газах. Изучены эффекты кулоновского и фотонного увлечения двумерного газа не прямых экситонов в нормальном фазовом состоянии. Разработана теория магнетоплазменного резонанса Фано и захвата электронов на примесный центр в гибридной экситон-электронной системе. Теоретически изучено явление генерации звуковых волн экситонным газом в поле электромагнитной волны. Проведен теоретический анализ влияния спин-орбитального взаимодействия на оптические спектры двумерных экситонов. Построение теории проведено на базе общепризнанных методов физики твердого тела.

Исполнитель (Ф.И.О.): Боев Максим Вадимович

Наименование ВКР: Транспортные и оптические эффекты в двумерных экситонных газах

Объект исследования: Полупроводниковые наноструктуры с двумерным газом не прямых экситонов

Цель: Построение теории транспортных и оптических эффектов в наноструктурах с двумерными экситонами в условиях их взаимодействия с электромагнитными полями и элементарными возбуждениями двумерного электронного газа.

Методы исследования: Общепринятые методы физики твердого тела и квантовой теории поля.

Научная новизна:

1. Построена теория эффектов кулоновского и фотонного увлечения газа двумерных не прямых экситонов в нормальном фазовом состоянии.
2. Дано теоретическое описание резонанса Фано в спектре поглощения электромагнитного излучения гибридной экситон-электронной системы в условиях бозе-конденсации экситонов.
3. Разработана микроскопическая теория процессов захвата электрона на примесный центр в присутствии экситонного бозе-конденсата.
4. Построена теория эффекта генерации объемных звуковых волн газом двумерных не прямых экситонов, облучаемым электромагнитной волной.
5. Теоретически исследованы оптические свойства экситонов в квантовых ямах со спин-орбитальным взаимодействием Рашба.

Теоретическая/практическая значимость исследования:

1. Построенная теория эффектов кулоновского и фотонного увлечения экситонного газа может найти применение в области оптической электроники и оптических систем коммуникации, а также при экспериментальных исследованиях транспортных свойств двумерных экситонов.
2. Теория резонанса Фано в гибридной экситон-электронной системе вносит вклад в область фундаментальных исследований гибридных Бозе-Ферми систем полупроводниковых наноструктур.
3. Разработанная теория захвата электрона на примесный центр в присутствии бозе-конденсата экситонов может найти применение в исследованиях транспортных свойств гибридных экситон-электронных систем и в области конструирования примесных фотодетекторов.
4. Теоретическое описание эффекта генерации звука газом не прямых экситонов предоставляет дополнительный инструмент в детектировании фазового перехода экситонного газа в состояние бозе-конденсата.
5. Построенная теория оптических переходов экситонов в квантовых ямах со спин-орбитальным взаимодействием описывает тонкую структуру уровней внутреннего движения экситона, а также предсказывает частотное поведение коэффициента поглощения света вблизи порога.

Область применения: Нанoeлектроника, оптоэлектроника и фотоника.

Список ключевых слов: Экситонный газ, не прямой экситон, конденсация Бозе-Эйнштейна, кулоновское увлечение, фотонное увлечение, резонанс Фано, гибридная экситон-электронная система, спин-орбитальное взаимодействие.

Апробация работы:

Основные результаты диссертации докладывались на следующих конференциях: 15 Всероссийской Молодежной Конференции по физике полупроводников и наноструктур, полупроводниковой опто- и нанoeлектронике (Санкт-Петербург, 2013); XII и XIII Российских Конференциях по Физике Полупроводников (Москва, Ершово, 2015; Екатеринбург, 2017); Российской Конференции по Актуальным Проблемам Полупроводниковой Фотoeлектроники «Фотоника – 2015» (Новосибирск, 2015); 24th, 25th International Symposium on Nanostructures: Physics and Technology (St. Petersburg, 2016, 2017); 18th International Conference on Physics of Light-Matter Coupling in Nanostructures (Wurzburg, Germany, 2017); META'17, the 8th International Conference on Metamaterials, Photonic Crystals and Plasmonics (Incheon - Seoul, South Korea, 2017).

Публикации:

1. Боев М. В., Ковалев В. М. Кулоновское увлечение непрямых экситонов в гибридной экситон-электронной системе // Письма в ЖЭТФ. — 2018. — Т. 107.
2. Boev M. V., Kovalev V. M., Savenko I. G. Magnetoplasmon fano resonance in bose-fermi mixtures // Physical Review B.—2017.—Vol. 94.—P. 241408.
3. Boev M. V., Kovalev V. M., Savenko I. G. Bogolon-mediated electron capture by impurities in hybrid bose-fermi systems // Physical Review B. — 2018. — Vol. 97.—P. 165305.
4. Боев М. В., Ковалев В. М. Оптические переходы экситонов в квантовых ямах со спин-орбитальным взаимодействием // Письма в ЖЭТФ.—2013.— Т.97.—С. 150–155.
5. Боев М. В., Ковалев В. М., Чаплик А. В. Генерация звука двумерным газом непрямых дипольных экситонов // Письма в ЖЭТФ. — 2015. — Т. 102. — С. 923.
6. Boev M. V., Chaplik A. V., Kovalev V. M. Interaction of rayleigh waves with 2d dipolar exciton gas: impact of bose–einstein condensation // Journal of Physics D: Applied Physics.—2017.—Vol. 50.—P. 484002.