

Отчет докторанта 3-го года Разумова Алексея Викторовича о результатах диссертационной работы «Оптические и транспортные свойства неоднородных полупроводниковых наноструктур в электрическом и магнитном полях», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников

За отчетный период получены следующие результаты диссертационного исследования:

1. Методом потенциала нулевого радиуса в приближении эффективной массы исследованы H^- -подобные примесные состояния в квантовых сужениях (КС) при наличии продольных электрического и магнитного полей. Показано, что в КС, находящемся во внешнем магнитном поле, продольное электрическое поле подавляет эффект магнитного вымораживания D^- -состояния вследствие электронной поляризации и штарковского сдвига по энергии. Теоретически исследованы оптические свойства КС с D^- -центрами в продольных электрическом и магнитном полях. Выявлена возможность эффективного управления краем полосы примесного поглощения света в КС путем вариации величин внешнего магнитного и электрического полей.

2. Развита теория эффекта фотонного увлечения (ЭФУ) электронов при внутризонных оптических переходах в квантовых проволоках (КП) при наличии внешнего продольного магнитного поля. В линейном по импульсу фотона приближении получена аналитическая формула для плотности тока фотонного увлечения и исследована его спектральная зависимость для разных механизмов рассеяния электронов: на LA-фононах, на системе короткодействующих примесей, на квантовом дефекте (КД). Показано, что для спектральной зависимости плотности тока характерен дублет Зеемана, форма пиков в котором зависит от механизма рассеяния электронов в КП. Выявлена чувствительность пиков к параметрам дислокационной линии и удерживающего потенциала. Показано, что на температурной зависимости

плотности тока фотонного увлечения имеется максимум, который с ростом величины внешнего магнитного поля смещается в область более высоких температур.

3. Развита теория ЭФУ электронов в КП с примесной зоной образованной примесными состояниями электрона, локализованного в поле регулярной цепочки D^0 -центров. Показано, что с уменьшением периода регулярной цепочки D^0 -центров в КП порог ЭФУ сдвигается в длинноволновую область спектра из-за роста эффективной массы электрона в примесной зоне. При этом в спектральной зависимости плотности ТУ возрастает амплитуда и число осцилляций интерференционной природы. Найдено, что с ростом внешнего магнитного поля происходит подавление осцилляций из-за уменьшения ширины примесной зоны.

4. Проведено обобщение метода потенциала нулевого радиуса на случай двухэлектронных примесных центров в полупроводниковых наноструктурах. Вариационным методом, в рамках полуэмпирической модели двухэлектронного примесного центра в сферически-симметричной квантовой точке (КТ), рассчитан первый потенциал ионизации. Показано, что в отличие от объемного полупроводника в КТ образование связанных двухэлектронных состояний возможно при достаточно малых значениях потенциалов ионизации, а также при нулевом заряде ядра примесного центра. Развита теория примесного поглощения света в квазиуменьшенной структуре при двойной ионизации двухэлектронного примесного центра одним фотоном. Показано, что характерной особенностью спектра двойной фотоионизации является «двугорбый» профиль спектральной кривой. Расстояние между максимумами спектральной кривой определяется разницей между первым и вторым потенциалами ионизации двухэлектронного примесного центра.

5. Развита теоретический подход к исследованию оптических свойств двухчастичных примесных комплексов $A^+ + e$ в квантовых точках в магнитном поле, основанный на сочетании метода потенциала нулевого радиуса и адиабатического приближения. Показано, что в магнитном поле

имеет место пространственная анизотропия энергии связи A^+ - состояния из-за гибридного квантования в радиальной плоскости КТ и размерного квантования в направлении внешнего магнитного поля. Установлено, что в магнитном поле имеет место смещение кривой спектральной интенсивности рекомбинационного излучения в коротковолновую область спектра и увеличение вероятности излучательного перехода электрона на уровень A^+ - центра, что связано с ростом интеграла перекрытия огибающих волновых функций связанной на A^+ - центре дырки и локализованного в основном состоянии КТ электрона. Теоретически исследовано влияние внешнего магнитного поля на фотодиэлектрический эффект (ФДЭ), связанный с возбуждением примесных комплексов $A^+ + e$ в квазиуменьшенной структуре. Показано, что в магнитном поле возможно эффективное управление ФДЭ за счет модификации электронного адиабатического потенциала и электронной волновой функции.

6. Развита теория ЭФУ при внутризонных оптических переходах электронов в спиральной нанотрубке с учётом асимметрии электрон-фононных и электрон-фотонных взаимодействий в продольном магнитном поле. Показано, что асимметрия электрон-фононного взаимодействия проявляется в различии порогов ЭФУ, которое усиливается с ростом величины внешнего магнитного поля. Найдено, что асимметрия электрон-фононного взаимодействия приводит к изменению величин плотностей токов фотонного увлечения за счёт изменения величины времени релаксации при рассеянии электронов на продольных акустических фононах.

По результатам работы опубликованы раздел в монографии, 5 статей в изданиях WoS, 1 статья в издании SCOPUS, 19 статей в изданиях из перечня ВАК. Полученные результаты были представлены на внутривоссийских и международных конференциях. Определены официальные оппоненты и ведущая организация. Готовы электронные варианты диссертации и автореферата.

Соискатель