

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы И.В.Рожанского: “Резонансно-туннельные спиновые явления в полупроводниковых гетероструктурах”, представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников

Создание полупроводниковых гетероструктур инициировало целый ряд направлений исследования необычных свойств таких систем. Происхождение нетривиальных физических свойств гетероструктур в значительной степени обусловлено реализацией пространственного квантования и проявлением интерференционных закономерностей. В результате целенаправленного изучения таких эффектов стало возможным создание полупроводниковых приборов, обладающих малыми пространственными размерами. В последнее время в физике полупроводников важную роль приобрели исследования, связанные с влиянием спиновой степени свободы электрона на транспортные характеристики гетероструктур. Именно таким спин-зависимым явлениям посвящены исследования, представленные в докторской диссертации Рожанского И.В. Поэтому актуальность темы диссертационных исследований сомнений не вызывает.

Соискателем развита теория резонансно-туннельного транспорта между двумерными слоями, в которых реализуется спин-орбитальное взаимодействие Рашбы и Дрессельхауза. Проведены вычисления туннельного тока при учете вкладов от этих спин-орбитальных взаимодействий и получено условие возникновения резонансных особенностей в вольт-амперной характеристике. Существенным результатом исследований является обнаружение сильной чувствительности спин-орбитальных особенностей туннельного транспорта к параметрам Рашбы и Дрессельхауза. Это имеет важное практическое значение, связанное с возможностью реализации метода измерения параметра Дрессельхауза.

Диссертантом предложен новый механизм возникновения спиновой и оптической поляризации при резонансно-туннельной гибридизации свободных носителей в квантовой яме с локализованным состоянием на магнитной примеси. В рамках модели Фано-Андерсена была разработана теория, учитывающая гибридизационные процессы при формировании собственных состояний для случая, когда энергия связанного состояния находится в диапазоне заполненных состояний в квантовой яме. Изучено влияние резонансной гибридизации на излучательную электрон-дырочную рекомбинацию в квантовой яме. Следует особо подчеркнуть, что при этом в интенсивности фотолюминесценции была обнаружена новая разновидность резонанса Фано, проявившаяся в наличии минимума вблизи энергии локализованного состояния. Интересным представляется и предсказываемое соискателем увеличение степени циркулярной поляризации в случае резонансной туннельной гибридизации электронов со связанным состоянием донорного типа.

Важные результаты получены Рожанским И.В. при анализе возможности реализации спиновой поляризации носителей тока в квантовой яме за счет разных скоростей ухода фермионов с противоположными проекциями спина через канал туннельной безызлучательной рекомбинации. Показано, что спин-зависимое туннелирование из квантовой ямы на примесные уровни в слое магнитных примесей индуцирует спиновую поляризацию носителей в квантовой яме и вызывает циркулярную поляризацию фотолюминесценции. При этом проанализированы случаи резонансной и нерезонансной туннельной связи квантовой ямы с примесным слоем. Важно, что полученные теоретические результаты не только качественно, но и количественно хорошо согласуются с экспериментальными данными.

Существенный результат Рожанского И.В. связан с обнаружением усиления косвенного обменного взаимодействия между примесными магнитными ионами при наличии резонансной туннельной гибридизации между фермиевскими состояниями примесных ионов и пространственно отделенным проводящим каналом. Этот результат выходит за рамки полупроводниковой тематики и имеет большое общетеоретическое значение. Применяв метод фаз рассеяния, соискатель получил выражение для энергии косвенного обмена, имеющее большую область применимости, по сравнению с результатом РККИ. При этом автору удалось объяснить немонотонную зависимость температуры Кюри от глубины квантовой ямы, реализуемой в экспериментально исследуемых гетероструктурах. Кроме того, теория резонансного косвенного обменного взаимодействия успешно применена для углеродных нанотрубок и графена с нанесенными на поверхность магнитными адатомы.

В целом, судя по автореферату, соискателем проведены важные теоретические исследования по свойствам полупроводниковых гетероструктур, получены приоритетные результаты, область применимости которых не ограничивается только отмеченными системами.

Результаты представленных диссертационных исследований полно отражены в научной литературе и хорошо известны специалистам. Сам соискатель неоднократно выступал на престижных научных форумах.

Считаю, что диссертационная работа: “Резонансно-туннельные спиновые явления в полупроводниковых гетероструктурах” удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Рожанский Игорь Владимирович, без сомнения, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Заведующий лабораторией теоретической физики
Института физики им. Л.В. Киренского СО РАН,
д.ф.-м.н., профессор

Вальков Валерий Владимирович

vvv@iph.krasn.ru, т.с. 8(391) 2494506,
адрес: 660036, Красноярск,
Институт физики им. Л.В. Киренского СО РАН,
Академгородок, 50, стр. 38.

Подпись Валькова В.В. заверяю:
Ученый секретарь ИФ СО РАН,
к.ф.-м.н.

Сергей Иванович Попков