

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Маркевича Сергея Александровича «Диссипативная когерентная динамика многофотонных переходов в твердотельных кубитах при моно- и бихроматическом возбуждении», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

1. Соответствие диссертации специальностям и отрасли науки, по которым она представлена к защите

В диссертации приведено описание диссипативной когерентной динамики многофотонных переходов в твердотельных кубитах, сильно взаимодействующих с классическими моно- и бихроматическими полями, в применении к задачам резонансной флуоресценции, импульсной магниторезонансной и рамановской спектроскопии. Исследования проведены для твердотельных кубитов на основе структурных дефектов решетки, таких как NV , PI и E' -центры, и кубитов на основе эпитаксиальных квантовых точек в полупроводниках, которые являются многообещающими кандидатами для создания управляемых квантовых систем, магнитосенсорики, квантовой метрологии, квантовых вычислений и квантовой обработки информации.

Диссертация соответствует специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния (физико-математические науки), областям исследований «5. Изменение состава, структуры и свойств конденсированных сред внешними воздействиями; 7. Неравновесные состояния и процессы в конденсированных средах; 9. Физические принципы функционирования, создания и применения приборов и устройств, действие которых основано на свойствах веществ в конденсированном состоянии; 10. Моделирование структуры и свойств конденсированных сред».

2. Актуальность темы диссертации

В последние десятилетия произошел значительный прогресс в области квантовой физики и разработки квантовых технологий. Разработка новых методов управления и манипулирования квантовыми системами, такими как, например, твердотельные кубиты, может привести к созданию более точных и чувствительных датчиков, прецизионных измерительных устройств, квантовых вычислительных систем.

Исследования по теме диссертации направлены на расширение знаний в области диссипативной динамики многофотонных переходов в твердотельных квантовых системах и будут способствовать более глубокому пониманию происходящих при этом физических процессов, дальнейшему развитию теоретических моделей и экспериментальных методов в области квантовой физики конденсированного состояния.

3. Степень новизны результатов, полученных в диссертации, и научных положений, выносимых на защиту

Основные результаты диссертации имеют высокий уровень новизны, некоторые из которых получены впервые:

- получены аналитические выражения для ширин триплета Моллова полупроводниковых квантовых точек и найдены условия перехода между режимами сужения и уширения спектральных линий;

- установлены особенности спектральных и релаксационных характеристик дважды «одетых» состояний кубита в бихроматическом (микроволновом и радиочастотном) в зависимости от частоты и фазы радиочастотного поля;

- показано, как дефазирующий эффект неоднородности микроволнового поля в образце, помещенного в бихроматическое поле, может быть устранен благодаря реализации резонанса Раби;

- получены аналитические выражения для синфазного и квадратурного сигналов ЭПР с учетом частотных сдвигов Блоха–Зигерта для режимов слабой и сильной модуляции;

- показана возможность формирования резонанса Раби на кратных частотах радиочастотного поля в спектральном отклике спиновой системы;

- теоретически описана когерентная динамика рамановских переходов, возбуждаемых амплитудно-модулированным микроволновым полем в кубите вне приближения вращающейся волны и предсказана уникальная возможность наблюдения частотного сдвига Блоха–Зигерта.

4. Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Полученные результаты исследований подтверждаются применением проверенных теоретических методов, достаточной сходимостью численных и аналитических решений, а также согласием с экспериментальными данными. Они были использованы в экспериментах для повышения точности измерений амплитуды микроволнового магнитного поля и настройки портативного устройства для наблюдения импульсного магнитного резонанса. Результаты и выводы диссертации подкреплены ссылками на другие исследования и опубликованы в ведущих научных журналах, что подчеркивает их достоверность.

5. Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию

Научная значимость результатов диссертации заключается в их вкладе в развитие теории диссипативной динамики многофотонных переходов в твердотельных кубитах в применении к задачам стационарного ЭПР, импульсной магниторезонансной спектроскопии, нестационарной спектроскопии комбинационных процессов при амплитудно-модулированном возбуждении, резонансной флуоресценции.

Полученные в диссертации результаты имеют значимость в практическом плане, так как они были успешно применены в нескольких областях. Во-первых, они использовались для настройки портативного устройства, предназначенного для наблюдения импульсного магнитного резонанса на NV-центрах в алмазе. Это позволило оптимизировать работу устройства и повысить его эффективность. Во-вторых, результаты исследования способствовали увеличению точности измерения амплитуды микроволнового магнитного поля в резонаторе. Также результаты данной диссертации могут быть применены в широком спектре областей, связанных с управляемыми квантовыми системами, фотоникой, спинтроникой, квантовой метрологией, магнитосенсорикой, квантовой информатикой и сенсорикой. Они вносят вклад в развитие научного знания и способствуют прогрессу в соответствующих областях исследования.

Полученные результаты имеют значимость в экономическом аспекте, поскольку они представляют потенциал для развития новых технологий и устройств в области спинтроники, фотоники, квантовой метрологии, магнитосенсорики, квантовой информатики и сенсорики. Использование этих результатов может привести к улучшению эффективности существующих технологий, что в свою очередь может привести к экономическим выгодам.

Социальная значимость полученных результатов заключается в их потенциале для создания инноваций, которые могут изменить нашу жизнь и привести к положительным изменениям в обществе. Эти результаты могут быть основой для разработки новых технологий и решений, которые смогут решить актуальные социальные проблемы и улучшить качество жизни людей.

6. Опубликованность результатов диссертации в научной печати;

Опубликованность результатов диссертации соответствует требованиям ВАК РБ. Результаты, изложенные в диссертации, опубликованы в 28 научных работах, в том числе 18 статьях в рецензируемых научных изданиях в соответствии с п. 19 Положения о присуждении ученых степеней и присвоении ученых званий в Республике Беларусь, 8 статей в сборниках материалов конференций, 2 тезисов докладов на международных и республиканских конференциях.

7. Соответствие оформления диссертации требованиям ВАК

Все требования, установленные Инструкцией о порядке оформления диссертации на соискание ученой степени кандидата наук, автореферата и публикаций по теме диссертации выполнены. Текст диссертации изложен хорошим научным языком. Автореферат в полной мере отражает содержание диссертационной работы, ее структуру, основные положения и выводы, выносимые на защиту.

8. Соответствие научной квалификации соискателя ученой степени, на которую он претендует

Соискатель ученой степени, используя в своей исследовательской работе современные теоретические методы, численные расчеты и анализ сложных данных, продемонстрировал высокий уровень научной квалификации, соответствующий требованиям к претендентам на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

9. Замечания по работе

Диссертационная работа Маркевича С.А. в целом оставляет хорошее впечатление. Отмечая её высокий научный уровень, достаточную степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, необходимо сделать и некоторые замечания:

1. В главе 1 на странице 29 в подписи к рисунку 1.4 *a* (вторая строка под рисунком) допущена, очевидно, неправильная запись при сравнении скоростей релаксации: скорость продольной релаксации в данном контексте должна быть меньше скорости поперечной релаксации, а не наоборот.
2. В главе 3 рассмотрены два режима модуляции при описании сигналов в стационарном ЭПР: 1) «слабой модуляции вблизи Раби-резонанса» и 2) «сильной быстрой модуляции»; возникает вопрос: почему не рассмотрена ситуация, тоже вполне актуальная для экспериментаторов, которую можно было бы назвать режимом «сильной модуляции вблизи Раби-резонанса»?
3. В главе 4 при рассмотрении динамики многофотонных рамановских переходов не понятно почему не учитывались процессы релаксации, как это сделано в предыдущих главах путем применения супероператора Линдблада.

Указанные замечания носят уточняющий и рекомендательный для будущих исследований характер и не влияют на общую положительную оценку диссертационной работы.

10. Заключение

Таким образом, диссертационная работа С.А. Маркевича «Диссипативная когерентная динамика многофотонных переходов в твердотельных кубитах при моно- и бихроматическом возбуждении» является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение актуальной научной задачи – описание диссипативной когерентной динамики многофотонных переходов в твердотельных кубитах, сильно взаимодействующих с классическими моно- и бихроматическими электромагнитными полями, в применении к задачам резонансной флуоресценции, импульсной магниторезонансной и рамановской спектроскопии, имеющей существенное значение для физики конденсированного состояния. Диссертационная работа оформлена в соответствии с требованиями, установленные главой 3 «Положения о

присуждении учёных степеней и присвоении учёных званий в Республике Беларусь», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния за следующие новые научно обоснованные результаты:

– объяснение условий перехода между режимами сужения и уширения линий триплета Моллова для полупроводниковых квантовых точек;

– определение особенностей поведения спектральных и релаксационных характеристик дважды «одетых» состояний кубита в бихроматическом поле в зависимости от частоты и фазы его низкочастотной компоненты;

– разработку метода подавления дефазировочного эффекта неоднородности микроволнового поля в образце при бихроматическом возбуждении;

– аналитическое описание многофотонных переходов в стационарном ЭПР в режимах слабой и сильной модуляции с учетом частотных сдвигов Блоха – Зигерта;

– аналитическое описание динамики рамановских переходов, возбуждаемых амплитудно-модулированным микроволновым полем в кубите, и разработку способа прямого измерения частотного сдвига Блоха–Зигерта в виде осцилляций либо в виде расщепления спектральных линий.

Официальный оппонент,
академик НАН Беларуси, профессор,
доктор физико-математических наук,
заведующий лабораторией элионики
научно-исследовательского учреждения
«Институт прикладных физических
проблем имени А.Н. Севченко» БГУ



Подпись *Александрова* удостоверить
Начальник ОК *С.Ф. Комаров*

Ф.Ф. Комаров