

Заключение диссертационного совета Д 003.055.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27 февраля 2015г. №2

О присуждении Абалмасову Вениамину Александровичу (Россия) учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Теоретическое исследование поведения спинов электрона и ядер в квантовой точке» по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния принята к защите 19.12.2014, протокол №14 диссертационным советом Д 003.055.02 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук (ИФ СО РАН), ФАНО, 660036, г. Красноярск, Академгородок 50, строение 38, приказ Минобрнауки №714/НК от 2 ноября 2012 г.

Соискатель Абалмасов Вениамин Александрович 1975 года рождения, в 1998 году окончил Новосибирский государственный университет (НГУ) по специальности «физика».

В 2004 году соискатель освоил программу подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре на базе НГУ.

Соискатель работает ведущим инженером-программистом в Федеральном государственном бюджетном учреждении науки Институте автоматизации и электрометрии Сибирского отделения Российской академии наук (ИАиЭ СО РАН). Диссертация выполнена в лаборатории спектроскопии конденсированных сред ИАиЭ СО РАН.

Научный руководитель: д.ф.-м.н. Суровцев Николай Владимирович, заведующий лабораторией спектроскопии конденсированных сред ИАиЭ СО РАН.

Официальные оппоненты: д.ф.-м.н., доцент Булгаков Евгений Николаевич – ведущий научный сотрудник лаборатории теории нелинейных процессов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики

им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук; к.ф.-м.н. Марьясов Александр Георгиевич–старший научный сотрудник лаборатории химии и физики свободных радикалов Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института химической кинетики и горения им. В.В. Воеводского Сибирского отделения Российской академии наук, дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе Российской академии наук в своём положительном заключении, подписанном д.ф.-м.н., ведущим научным сотрудником М.М. Глазовым и д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН, главным научным сотрудником Е.Л. Ивченко, считает, что по характеру и объёму выполненных исследований, актуальности поставленных задач, научной новизне и практической значимости полученных результатов диссертационная работа полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Соискатель имеет 4 опубликованные работы по теме диссертации в рецензируемых научных журналах. Объем 1.6 у.- и.л.

1. Abalmassov, V. A. Electron-nuclei spin relaxation through phonon-assisted hyperfine interaction in a quantum dot / V. A. Abalmassov, F. Marquardt // Phys. Rev. B.– 2004.–Vol. 70.– Pp. 075313(1–8).
2. Marquardt, F. Spin relaxation in a quantum dot due to nyquist noise / F. Marquardt, V.A. Abalmassov // Phys. Rev. B. – 2005. – Vol. 71. – Pp. 165325(1–6).
3. Furst, J. Spin lifetime from hanle-effect measurements in samples with InAs quantum dots embedded in different $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ matrices / J. Furst, H. Pascher, V. A. Abalmassov et al. // Semicond. Sci. Technol. – 2005. – Vol. 20. – Pp. 209–215.
4. Абалмасов, В. А. О возможности динамической самополяризации ядерных спинов в квантовой точке / В. А. Абалмасов // Письма в ЖЭТФ. – 2013. – Т. 98, № 5. – С. 303–308.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Ведущая организация. Замечания: 1. Остается неясным, при каких параметрах структур с квантовыми точками и величинах внешних полей механизмы спиновой релаксации, предложенные автором, являются доминирующими; 2. Достаточно подробно описывается система, в которой возможна самополяризация ядер, основанная на динамической подстройке ёмкости электрического контура. Возможность экспериментальной реализации такого подхода, однако, не обсуждается. *Булгаков Е.Н. – оппонент.* Замечания: 1. Фононы в диссертационной работе рассматриваются как в однородной среде. Между тем квантовая точка двумерна и расположена на поверхности гетероструктуры. Естественно, фононные моды будут иметь иной вид, возникает вопрос: как это может изменить полученный результат? Более того, то что мы называем квантовой точкой это структурно достаточно сложный объект. Она возникает на поверхности гетероструктуры благодаря определенной конфигурации электродов, к которым приложен потенциал. Как подобный объект может единым образом совершать колебания? Более естественным выглядит, что квантовая точка при колебаниях, например, изменяет свою форму, кроме того она обладает собственными резонансными колебательными модами, которые могут сильно взаимодействовать со спином электрона. Как это все повлияет на результат? 2. Приведенных в работе экспериментальных данных (глава 4) часто недостаточно, чтобы сделать вывод о характере функциональной зависимости скорости релаксации электронного спина от параметров (мало точек, они охватывают малый интервал). Я считаю, что задача о сравнении теории с экспериментом, которой посвящена эта глава, должна рассматриваться методически совершенно иначе. Для конкретного материала рассчитать релаксацию с учетом всех известных механизмов, и лишь затем сравнивать с экспериментом. В этом случае даже имеющихся экспериментальных данных будет достаточно, чтобы сделать вывод о том, как теория соотносится с экспериментом. *Марьясов А.Г. – оппонент.* Замечания: В рассматриваемых типах квантовых точек содержатся магнитные ядра со спинами $3/2$ и $9/2$. Такие ядра обладают квадрупольным моментом, что приведет к частичному снятию

вырождения и расщеплению ядерных подуровней даже в нулевом магнитном поле, при наличии неоднородного электрического поля. Это обстоятельство в работе не упомянуто. По-видимому, градиенты локальных электрических полей не слишком велики в квантовых точках, но соответствующие оценки следовало бы привести. Отмечу, что в статьях, цитирующих работы автора диссертации, также не упоминается ядерное квадрупольное взаимодействие. Однако существуют немногочисленные работы, включающие квадрупольное взаимодействие в рассмотрение. *Кожмякина Е.В.* – к.ф.-м.н., инженер Института физики полупроводников СО РАН. Критических замечаний нет.

Обзор отзывов. Среди важных результатов отмечено: полученная оценка времени релаксации электронного спина при взаимодействии с колеблющимися ядрами указывает на низкую эффективность рассмотренного механизма релаксации, даже без учёта дополнительного подавления релаксации для длинноволновых фононов в случае колебаний потенциала квантовой точки; скорость релаксации электронного спина при взаимодействии с флуктуациями электронной плотности в металлических затворах квантовой точки пропорциональна действительной части сопротивления электрической цепи затворов, что позволяет регулировать эффективность данного механизма релаксации в эксперименте; предложенная простая и физически аргументированная подгоночная формула для описания данных эксперимента позволяет определить доминирующий механизм спиновой релаксации; эффективность поляризации ядер может быть увеличена за счет резонансной передачи энергии при перевороте электронного и ядерного спинов колебаниям электрического поля в контуре, частью которого является точка, что, возможно, соответствует оптимальной схеме сточки зрения эксперимента по наблюдению самополяризации ядер основной решетки.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается высокой квалификацией оппонентов в области физики спиновых явлений, которая подтверждается наличием большого числа публикаций по теме диссертации с большим показателем цитирования в течение продолжительного времени.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- выполнена численная оценка времени релаксации спина электрона и ядер в квантовой точке за счет движения ядер кристаллической решетки и потенциала квантовой точки при сверхтонком взаимодействии;

- проведена численная оценка времени релаксации спина электрона и ядер в квантовой точке за счет флуктуаций электрического поля затворов в квантовой точке при сверхтонком и спин-орбитальном взаимодействиях;

- выявлена существенная зависимость от направления магнитного и флуктуирующего электрического полей скорости релаксации спина электрона в квантовой точке для ведущего механизма релаксации через спин-орбитальное взаимодействие;

- предложена схема эксперимента по обнаружению явления самополяризации ядерных спинов при протекании тока неполяризованных электронов через квантовую точку в отсутствие внешнего магнитного поля.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- впервые рассмотрен механизм релаксации электронного и ядерного спина в квантовой точке за счет движения ядер кристаллической решетки и потенциала квантовой точки и выявлена существенная роль конкуренции двух вкладов, приводящая к подавлению релаксации для длин волн фонона, больших размера квантовой точки;

- впервые рассмотрен механизм релаксации электронного и ядерного спина в квантовой точке за счет флуктуаций электрического поля в квантовой точке;

- проанализированы процессы релаксации, приводящие к поляризации и деполяризации ядерного спина в квантовой точке.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что

- знание деталей механизмов релаксации спина электрона в квантовой точке важно для его использования в качестве квантового бита информации;

– поляризация ядер является одним из способов уменьшения их влияния на декогеренцию электронного спина – квантового бита информации.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

– внутреннюю непротиворечивость выбранных автором теоретических методов;

– согласие результатов работы с имеющимися теоретическими и экспериментальными данными по теме диссертации.

Личный вклад соискателя состоит в постановке цели и задач исследования, решении поставленных задач, представлении результатов исследования в виде публикаций научных статей и докладов конференций.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного и четкого плана исследования, непротиворечивой методологической платформы, согласованностью и взаимосвязанностью выводов.

На заседании 27 февраля 2015 г. диссертационный совет принял решение присудить Абалмасову Вениамину Александровичу учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 9 докторов наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния и 10 по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали за – 19, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Зам. председателя
диссертационного совета Д 003.055.02
д.ф.-м.н., профессор

Зиненко В. И.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 003.055.02
д.ф.-м.н., с.н.с.

Втюрин А. Н.