

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Коптевой Наталии Евгеньевны на тему:
«Совместная электрон-ядерная спиновая динамика в полупроводниковых наноструктурах», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников.

Диссертационная работа посвящена исследованию взаимодействия спинов локализованных электронов с ядерной спиновой системой в наноструктурах и моделированию их совместной динамики. В частности, в работе Н. Е. Коптевой изучена возможность управления взаимодействием между спинами локализованных носителей и ядерной спиновой системой в самоорганизованных квантовых точках InGaAs/GaAs и в структуре ZnSe:F. Определение основных механизмов взаимодействия спина локализованного электрона с ядерным спиновым резервуаром и управления спиновой прецессией в ансамблях локализованных носителей необходимы для возможной реализации когерентного управления спинами. Полупроводниковые наноструктуры, характеризующиеся большим временем спиновой когерентности системы локализованных электронов, являются перспективными для реализации классических и квантовых вычислений. Это определяет **актуальность темы** исследований, проведенных в диссертации.

Основной акцент в работе Н.Е. Коптевой сделан на разработку метода теоретического моделирования электрон-ядерной спиновой динамики в условиях трионного механизма формирования сигнала с учетом влияния в режиме динамической спиновой поляризации ядерной подсистемы. Было выполнено обобщение существующих теоретических моделей формирования сигнала в экспериментах накачки-зондирования для новых экспериментальных условий и теоретическое моделирование новых экспериментальных данных. Хорошее согласие результатов моделирования с экспериментальными данными подтверждает **достоверность выводов и результатов работы**. Важным результатом является демонстрация подавления ядерных спиновых флуктуаций в результате динамической ядерной спиновой поляризации. Разработанные в работе Н.Е. Коптевой теоретические методы могут быть использованы для описания совместной спиновой динамики электрон-ядерной системы в различных наноструктурах.

Диссертация состоит из введения, четырех глав и заключения. В первой главе подробный обзор литературы и методов исследования спиновой динамики локализованных

Вх. № 09/2 - 466 от 07.11.2019

электронов. Описаны как основные методики экспериментального изучения когерентной спиновой динамики, так и теоретический подход к описанию формирования сигнала в методе накачка-зондирование. Во второй главе дано описание и параметры исследуемых структур, а также методика их экспериментального исследования. Подробно описан теоретический подход, применяемый для моделирования физических процессов.

Третья и четвертая главы диссертационной работы содержат оригинальные результаты. В третьей главе представлены результаты экспериментального наблюдения динамической ядерной поляризации в сигнале накачка-зондирование в структуре ZnSe, легированной фтором и численного моделирования экспериментальных данных. Показано, что эффект ядерной подстройки частот прецессии электронов, локализованных на донорах в легированном фтором ZnSe, выражается в дискретной зависимости частоты электронной спиновой прецессии от внешнего магнитного поля.

В четвертой главе представлены результаты теоретического моделирования спиновой динамики резидентного носителя, исследуемой методом накачка-зондирование с высоким временным разрешением. Выполнено моделирование спиновой динамики в ансамбле однократно заряженных квантовых точек InGaAs/GaAs. Проведено детальное теоретическое исследование влияния параметров оптических импульсов и последовательностей таких импульсов на эффект накопления электронной спиновой поляризации и на реализацию различных режимов ядерной подстройки в неоднородном ансамбле квантовых точек. Обнаружено, что долгоживущая спиновая поляризация ядерной подсистемы, созданная периодическим возбуждением, вызывает образование дополнительных мод прецессии.

В целом, диссертационная работа оставляет очень хорошее впечатление, содержит новые интересные результаты и создает ясную картину исследованных процессов. Работа написана в хорошем научном стиле, содержит достаточно необходимых, но не излишних подробностей. Некоторые нарекания связаны с небольшой путаницей в обозначениях, которой можно было бы избежать при наличии отдельного подробного списка используемых обозначений.

По тексту диссертации возникло следующее **замечание и пожелание**. В тексте главы 4 подчеркнуто, что основной трудностью при моделировании спиновой динамики в неоднородном ансамбле квантовых точек является правильный учет разброса значение g

фактора электрона, Тем не менее, осталось непонятным, как выбиралось среднее значение g фактора в исследуемом ансамбле квантовых точек InGaAs/GaAs при заданной энергии возбуждения и как моделировался разброс его значений. В частности, не понятно, каким образом выбраны параметры в формуле (4.4) и как они связаны с внутренними параметрами структуры. Было бы полезно привести диапазон значений значение g фактора электрона, дающих вклад в формирование сигнала. Полезно также показать графически, как выглядит функция их распределения.

Высказанные замечания ни в коем случае не умаляют общей высокой оценки работы. Результаты работы докладывались автором на семинарах и международных конференциях, опубликованы в ведущих научных журналах. Это подтверждает **значимость** научных результатов работы.

Диссертация Коптевой Наталии Евгеньевны на тему: «Совместная электрон-ядерная спиновая динамика в полупроводниковых наноструктурах» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Коптева Наталия Евгеньевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – Физика полупроводников. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета
Доктор физико-математических наук,
Профессор РАН,
старший научный сотрудник,
лаборатория спиновых и оптических явлений в полупроводниках,
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе РАН

А.В. Родина

Родина Анна Валерьевна

28 октября 2019 года

