

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Калининой Екатерины Александровны
«Магнитно-резонансные исследования поведения доноров в кристаллах Si и Si_{1-x}Ge_x с
модифицированным изотопным составом и спин-орбитальным взаимодействием»,
представленную на соискание ученой степени кандидата
физико-математических наук по специальности 1.3.11 – Физика полупроводников

На сегодняшний день перспективным направлением исследований является изучение материалов для использования в приборах на спиновых эффектах, поскольку традиционная полупроводниковая наноэлектроника сталкивается с рядом ограничений, связанных с ростом размерных эффектов при увеличении информационной плотности.

Такие материалы как Si и Si_{1-x}Ge_x широко применяются в современной электронике, таким образом данные материалы совместимы с современными технологиями. Si является многообещающим материалом для использования в спиновых приборах благодаря слабому спин-орбитальному взаимодействию и большим временам спиновой релаксации. Структуры Si/Si_{1-x}Ge_x являются перспективными для изучения кубитных операций, которые лежат в основе работы квантового компьютера.

Диссертационная работа Калининой Е.А. посвящена исследованию поведения донорных центров фосфора и лития в изотопно-чистом твердом растворе ²⁸Si_{1-x}⁷²Ge_x при малом ($x < 3\%$) содержании Ge методом электронного спинового резонанса (ЭСР), а также влиянию доноров с большим спин-орбитальным взаимодействием (висмут, сурьма) на спиновое рассеяние в структурах *n*-Si/Py. В связи с вышесказанным работа является весьма актуальной.

В диссертационной работе впервые рассмотрены спиновые процессы в моноизотопном твердом растворе Si_{1-x}Ge_x, обогащенном бесспиновыми изотопами ²⁸Si (99,998%) и ⁷²Ge (99,984%). Одним из наиболее перспективных направлений применения таких кристаллов является создание приборов для квантовых вычислений. Результаты важны для исследования спиновых кубитов на основе полупроводниковых структур Si/Si_{1-x}Ge_x, слои которых обладают высокой степенью изотопной чистоты. Спиновый транспорт и спиновое рассеяние в кремниевых структурах, легированных тяжелым донором с большой спин-орбитальной связью, могут быть использованы при разработке приборов на эффектах спиновой поляризации и спинового рассеяния.

Работа выполнена на высоком экспериментальном уровне с привлечением метода электронного парамагнитного резонанса (ЭПР). В выводах приведены пять положений, где резюмируются основные результаты, обладающие большой практической значимостью. Достигнутые результаты способствуют более детальному пониманию процессов спиновой релаксации при исследовании спиновых кубитов на основе полупроводниковых структур Si/Si_{1-x}Ge_x, слои которых обладают высокой степенью изотопной чистоты. Объем полученных результатов и их достоверность не вызывает сомнения.


Содержание диссертационной работы соответствует ее названию. Достоверность полученных результатов и обоснованность научных положений и выводов обеспечиваются использованием современного научного оборудования, совокупностью хорошо апробированных экспериментальных и расчетных методов исследования, корректных



теоретических представлений при анализе и интерпретации полученных экспериментальных результатов, а также воспроизводимостью полученных экспериментальных данных.

Проведенные в ходе диссертационной работы исследования опираются на результаты работ, опубликованных по данной тематике ранее и приведенных в списке цитируемой литературы. Основные результаты и положения настоящей работы представлены в статьях, опубликованных в цитируемых российских и зарубежных изданиях, и неоднократно обсуждались на научных конференциях.

Замечание к автореферату: в тексте автореферата упоминается как термин ЭПР, так и ЭСР, следовало бы делать это единообразно.


Диссертационная работа Калининой Екатерины Александровны является целостным и завершенным исследованием и по своей теоретической и практической значимости полностью соответствует требованиям «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – физика полупроводников.


27.05.2026

Грязнова Мария Вадимовна
кандидат физико-математических наук,
научный сотрудник производственно-технологического
отдела разработки технологий и изготовления пластин с
кристаллами СБИС филиала Федерального
государственного унитарного предприятия «Российский
федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-
исследовательский институт экспериментальной
физики» «Научно-исследовательский институт
измерительных систем им. Ю.Е. Седакова»,
603952, Россия, г. Нижний Новгород,
Бокс № 486, ,
e-mail: aazov 

Федеральное государственное унитарное предприятие «Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский научно-исследовательский институт экспериментальной физики»,
Государственная корпорация по атомной энергии «Росатом», 607188, Нижегородская обл.,
г.Саров, проспект Мира, д.37

Подпись Грязновой Марии Вадимовны заверяю:
Ученый секретарь филиала,
кандидат технических наук


27.05.2026
Г.В. Труфанова

