

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Смирнова Дмитрия Сергеевича  
«Спиновая динамика и квантовые корреляции электронов и ядер в  
полупроводниках», представленной на соискание ученой степени доктора физико-  
математических наук по специальности 1.3.11 – физика полупроводников.

Развитие квантовых технологий на базе низкоразмерных полупроводниковых систем сегодня подошло к той черте, за которой простые модели одиночных частиц уже не дают удовлетворительного теоретического объяснения экспериментальных наблюдений. Вопрос создания реального квантового компьютера или чувствительного сенсора на базе квантовых точек, неизбежно сталкивается с проблемой декогеренции. И здесь главной проблемой является ядерное окружение. В любой типичной квантовой точке электрон взаимодействует не с одним-двумя соседями, а с сотнями тысяч ядерных спинов кристаллической решётки. Это создает магнитный шум, «стирающий» квантовую память электрона. Долгое время в физике полупроводников на этот ядерный ансамбль смотрели как на неизбежную данность — статический беспорядок, который нужно либо подавлять сильными магнитными полями, либо просто принимать как данность. Однако работа Д. С. Смирнова предлагает принципиально иной, гораздо более глубокий взгляд. Вместо того чтобы просто пытаться изолировать электрон от ядер, автор обосновывает возможность превращения этого огромного ядерного ансамбля из источника шума в полезный инструмент. Актуальность такого подхода трудно переоценить. Автор берется за решение многочастичной задачи, в которой нужно учитывать не только факт влияния ядерной подсистемы на электрон, но и то, как сам электрон в процессе измерения меняет состояние ядер. По сути, речь идет о создании теории, которая позволяет управлять коллективным поведением большого числа частиц. В диссертационной работе Д.С. Смирнова детально показано, как через квантовое обратное действие (когда сам факт наблюдения за системой меняет её физику) можно «сжимать» ядерные флуктуации и создавать состояния, которые в обычной природе просто не встречаются — например, многочастично-запутанные ядерные состояния. На мой взгляд, особая ценность работы в том, что она дает ответы на вопросы, которые возникли в экспериментах последних лет: почему в одних условиях спин живет долго, а в других — мгновенно исчезает под действием зондирующего луча? Предложенные автором концепции (такие как эффекты Зенона и анти-Зенона в спиновых системах) не просто объясняют эти аномалии, но и дают экспериментаторам конкретные методы управления. Таким образом, диссертационная работа Д.С. Смирнова переводит проблему ядерного окружения из разряда фундаментальных препятствий в разряд технологических задач, предлагая методы создания эффективной квантовой памяти и интерфейсов в системе «электрон-ядро-фотон». Сказанное определяет **актуальность** темы диссертационной работы.

### Научная новизна

Диссертация содержит ряд принципиально новых результатов, расширяющих теоретическую базу спиновой физики низкоразмерных систем:

**Предсказано** явление резонансного спинового усиления в геометрии Фарадея (вдоль магнитного поля), возникающее из-за влияния случайных ядерных полей (с. 8).

**Разработана** концепция динамической поляризации электронных спинов в слабых магнитных полях при неполяризованном возбуждении (с. 12).

**Сформулирована** теория квантовых эффектов Зенона и анти-Зенона для спиновых систем, позволяющая управлять скоростью релаксации через изменение интенсивности измерения (с. 22).

**Обоснована** возможность генерации многочастично-запутанных и «сжатых» ядерных состояний, являющихся твердотельным аналогом макроскопических квантовых состояний (с. 24).

Автор представил комплексное исследование, охватывающее динамику в квантовых точках I и II типов, перовскитах и муаровых структурах. Диссертационная работа включает теорию спинового шума в неравновесных условиях и методы косвенной спектроскопии спиновых флуктуаций.

**Достоверность** результатов подтверждается систематическим сравнением теории с экспериментом:

1. Формула для ДСПЭ идеально описывает экспериментальные данные для квантовых точек InAlAs.
2. Теория спиновой инерции подтверждена измерениями на структурах p-типа, что позволило точно определить g-факторы носителей.
3. Эффект «скрытой анизотропии» спин-фотонного запутывания подтвержден корреляционными измерениями, что позволило авторам эксперимента определить компоненты тензора g-фактора дырки.

По автореферату диссертации можно сформулировать следующие **вопросы**:

1. Насколько сильно пространственная неоднородность волновой функции электрона в реальной квантовой точке ограничивает предельную степень «сжатия» ядерных спинов по сравнению с идеализированной моделью «ящика»? (с. 24).
2. Как сильная анизотропия или деформация слоев в муаровых структурах диалкогенидов влияет на эффективность предсказанной динамической долинной поляризации? (с. 14).
3. Существует ли возможность подобрать конфигурацию внешнего магнитного поля (не перпендикулярную оси роста), чтобы полностью нивелировать эффект «скрытой анизотропии» и сделать точность генерации кластерных состояний инвариантной к поляризации накачки? (с. 27).

По тексту автореферата диссертации можно высказать следующие **замечания**:

1. В автореферате основной акцент сделан на когерентную динамику; работа только выиграла бы от более подробного обсуждения температурных границ применимости предложенных моделей для перовскитов и муаровых структур.

2. В тексте используется ряд авторских терминов (например, «скрытая анизотропия»), более строгое определение которых во введении могло бы облегчить восприятие работы специалистами из смежных областей.
3. При обсуждении кластерных состояний фотонов автор ограничивается фундаментальной стороной вопроса, не уделяя внимания практическим ограничениям по темпам генерации сигналов в реальных линиях связи.

Указанные замечания не носят принципиального характера и не снижают общей высокой оценки диссертационной работы. Автореферат написан ясно, хорошим языком и достаточно полно отражает содержание диссертации, которая выполнена на высоком научном уровне. Апробация работы была проведена на всероссийских и международных конференциях и семинарах.

Диссертационная работа Смирнова Дмитрия Сергеевича «Спиновая динамика и квантовые корреляции электронов и ядер в полупроводниках» в полной мере соответствует критериям, предъявляемым к докторским диссертациям в соответствии с Положением о присуждении ученых степеней ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН, а ее автор, Смирнов Дмитрий Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.11 – физика полупроводников.


Отзыв составил ведущий научный сотрудник, исполняющий обязанности заведующего лабораторией теоретической физики Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова Сибирского отделения Российской академии наук, доктор физ.-мат. наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Доктор физико-математических наук по специальности 01.04.10 «Физика полупроводников», в.н.с., заведующий лабораторией теоретической физики ФГБУН Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН

630090, Россия, Новосибирск, пр. ак. Лаврентьева, 13

+7 (383) 333-32-64, vadimkovalev@isp.nsc.ru

24 апреля 2026 г.

 /Ковалёв В.М./

Подпись д.ф.-м.н. Ковалёва В.М. заверяю,

Ученый секретарь ФГБУН Института физики полупроводников им. А.В. Ржанова СО РАН, к.ф.-м.н.

24 апреля 2026 г.



 /Аржанникова С.А./