

**Отзыв на автореферат диссертации Смирнова Дмитрия Сергеевича
«Теория спиновых флуктуаций носителей заряда
в полупроводниковых наноструктурах»,
представленной на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.10 – физика полупроводников**

Диссертационная работа Дмитрия Сергеевича Смирнова посвящена теоретическому исследованию спиновых флуктуаций носителей заряда в полупроводниках и полупроводниковых наноструктурах. Насколько нам известно, это первая теоретическая диссертационная работа, целиком посвященная исследованию спиновых шумов. Следует также отметить, что в лаборатории Оптики спина СПбГУ, а также в других лабораториях европейских и американских университетов проводятся активные экспериментальные исследования спиновых шумов в различных системах, поэтому разработка микроскопической теории в этой области физики является очень актуальной.

В первой главе диссертации изучен простейший случай спиновых флуктуаций носителей заряда в условиях термодинамического равновесия. Именно такого рода исследования были исторически первыми в области спектроскопии спиновых шумов в полупроводниках. В равновесном случае выполняется флуктуационно-диссипационная теорема, устанавливающая связь между спектром спиновых флуктуаций и спиновой восприимчивостью системы. Здесь описан ряд оригинальных теоретических результатов автора, в частности, для ансамбля квантовых точек, содержащих резидентные электроны или дырки. Подробно исследовано влияние сверхтонкого взаимодействия локализованных носителей заряда с ядерными спинами на спектр спиновых шумов. Во второй главе диссертации автор рассматривает взаимодействие носителей заряда с неравновесной ядерной спиновой подсистемой. Им предложен оптический протокол измерения спектра спинового шума с временным разрешением, который был экспериментально реализован в лаборатории Оптики спина и позволил экспериментально исследовать данным методом ядерную спиновую динамику. В рамках модели ядерной спиновой температуры автором получены теоретические выражения для спектра спинового шума электронов. Исследовано влияние динамического эффекта Зеемана на спектр спиновых флуктуаций, изучаемых с помощью эллиптически поляризованного пробного луча. В третьей главе, представляющей наибольший интерес с точки зрения сравнения эксперимента и теории, изучены неравновесные спиновые флуктуации электронов и дырок в условиях оптического возбуждения. Во-первых, именно такой режим зачастую реализуется экспериментально в современных структурах с микрорезонаторами, а во-вторых, в этом случае спектры спинового шума содержат принципиально новую информацию о спиновой динамике системы. В частности, показано, что спектроскопия спинового шума позволяет определить соотношение скоростей генерации и рекомбинации кулоновских электрон-дырочных комплексов, а также параметры их спиновой динамики. Наконец, в четвертой главе изучены спиновые флуктуации свободных электронов в режиме стриминга в квантовых ямах. Можно ожидать, что данные результаты также получат экспериментальное подтверждение.

По автореферату имеется несколько замечаний

1. В развиваемых теоретических моделях не учитывается поглощение зондирующего луча, которое всегда есть вследствие остаточного поглощения даже в области прозрачности образца (так называемый урбаховский хвост). Может ли это поглощение приводить к заметным эффектам, в частности, к сужению спектров спинового шума или увеличению их площади?

2. На рисунке 1 показано, что с ростом концентрации центров локализации прецессионный пик в спектре спинового шума смещается к более низким частотам. Однако на странице 10 делается утверждение, что «это качественно согласуется с экспериментальным наблюдением сокращения времени спиновой релаксации в ансамблях электронов». Это кажется противоречивым утверждением, поскольку сокращение времени релаксации должно приводить к увеличению частоты прецессии, а не ее уменьшению.

Сделанные замечания не снижают общей высокой оценки работы. Автореферат написан очень ясным языком и практически не содержит опечаток. Основные результаты работы, собранные в разделе «Заключение», демонстрируют важность полученных теоретических результатов. Следует особо подчеркнуть, что диссертационная работа Д.С. Смирнова выполнена на очень высоком научном уровне, и ее результаты опубликованы в 9-ти статьях, в основном, в высокорейтинговых научных журналах. Работа соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук. Не вызывает никаких сомнений, что Дмитрий Сергеевич Смирнов является высококвалифицированным специалистом в области теории спиновых шумов и заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 - «Физика полупроводников».

9 января 2018 г.

Ирина Анатольевна Югова
доктор физ.-мат. наук,
доцент кафедры Физики твердого тела СПбГУ
e-mail: i.yugova@spbu.ru
тел.: +7(911)1545038
Санкт-Петербургский государственный университет
ул. Ульяновская 1, Петродворец, Санкт-Петербург, 198504

Иван Владимирович Игнатъев
доктор физико-математических наук,
профессор кафедры Физики твердого тела СПбГУ
e-mail: i.ignatiev@spbu.ru
тел.: +7(906)2401036
Санкт-Петербургский государственный университет
ул. Ульяновская 1, Петродворец, Санкт-Петербург, 198504