

В Диссертационный совет
Д 002.205.02
при ФТИ им.А.Ф.Иоффе РАН
194021, Санкт-Петербург,
ул. Политехническая, д.26.

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Малыша Виталия Александровича
" **ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ТРАНСПОРТ В КВАНТОВО-РАЗМЕРНЫХ СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ГЕРМАНИЯ И КРЕМНИЯ. БЕСКОНТАКТНЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

Диссертация посвящена исследованию процессов переноса заряда в низкоразмерных системах при проведении измерений на высоких частотах. Транспортные исследования низкоразмерных систем имеют давнюю историю и уже позволили получить ряд действительно фундаментальных результатов, самым значительным и необычным из которых является открытие режима квантового эффекта Холла. Проведение измерений на высоких частотах позволяет как получить непосредственный доступ к фундаментальным физическим величинам, так и имеет значительную ценность с практической точки зрения, в силу общей тенденции к повышению рабочей частоты полупроводниковых устройств и уменьшению размеров их основных элементов. При этом проблема исследования высокочастотного транспорта до сих пор представляет серьёзные трудности, прежде всего в силу сложности в организации высококачественно связи высокочастотного излучения с исследуемым низкоразмерным образцом. В данной диссертации использован оригинальный метод подвода ВЧ излучения к образцу – с помощью поверхностных акустических волн. Этот подход не только позволил исследовать транспортные свойства низкоразмерных структур, но и прокалибровать одну из стандартных микроволновых методик для получения абсолютных значений измеренных величин. Всё это определяет как **научную новизну**, так и **практическую значимость** диссертации. Поэтому тема диссертационной работы является **актуальной**.

Диссертация состоит из введения, шести глав, заключения и списка цитируемой литературы. Для оценки научной новизны полезно рассмотреть содержание глав.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цели и задачи, указана научная новизна, изложены выносимые на защиту положения, упомянуто о личном вкладе соискателя и апробации результатов проделанной работы, а также представлено краткое описание структуры диссертации.

Первая глава представляет собой обзор основных теоретических и экспериментальных результатов, относящихся к данной диссертационной работе.

Во второй главе обсуждаются безконтактные методики измерения ВЧ проводимости. Приведено описание экспериментальной установки и объектов исследования.

Третья глава посвящена исследованию высокочастотной проводимости тяжелых дырок в образце p-SiGe/Ge/SiGe при температурах 0,3-5,8 К и частотах 30-300 МГц в поперечном магнитном поле до 18 Тл с помощью акустической методики.

Четвертая глава посвящена изучению высокочастотной проводимости тяжелых дырок в образце p-SiGe/Ge/SiGe в наклонных магнитных полях с использованием акустической методики.

Пятая глава посвящена изучению высокочастотной проводимости в образцах, содержащих плотные массивы самоорганизующихся квантовых точек (КТ) Ge в Si, при температурах 1,8-13 К и частотах 30-414 МГц в магнитных полях до 8 Тл с использованием акустической методики.

В шестой главе исследована проводимость тяжелых дырок в образце p-SiGe/Ge/SiGe в широком диапазоне частот (100-1500 МГц) при температурах 1,7-4,2 К в магнитных полях до 8 Тл с использованием микроволновой методики.

Итак, кратко **научную новизну** результатов, изложенных в главах, можно свести к тому, что впервые:

1. Для структуры p-SiGe/Ge/SiGe:

1.1. - показано, что в минимумах осцилляций ВЧ проводимости в режиме ЦКЭХ при $T = 1,6$ К механизм проводимости носит прыжковый характер и может быть описан с помощью двухузельной модели;

1.2. - определены величины поперечной и продольной компонент g-фактора тяжелых дырок

1.3. - получена зависимость поперечной компоненты g-фактора и циклотронной массы тяжелых дырок от продольной компоненты магнитного поля;

1.4. - разработан способ определения абсолютного значения реальной компоненты ВЧ проводимости тяжелых дырок с помощью микроволновой методики;

1.5. - с помощью акустической и микроволновой методик была исследована ВЧ проводимость тяжелых дырок в диапазоне частот 30-1500 МГц;

2. для образцов с плотным массивом самоорганизующихся КТ Ge в Si:

2.1. - показано, что в линейном и нелинейном режимах реализуется ВЧ прыжковая проводимость, определяемая переходами дырок между двумя и более соседними КТ, которые можно объединить в отдельные кластеры, не связанные между собой, т.е. дырки не могут переходить из одного кластера в другой;

2.2. - определено, что механизм нелинейности ВЧ проводимости связан с разогревом дырок в переменном электрическом поле ПАВ.

Научная новизна и достоверность результатов исследования не вызывают сомнения, так как обеспечиваются применением современных методов исследования и анализа полученных результатов, воспроизводимостью результатов и значительным теоретическим осмыслением.

По работе можно высказать следующие **замечания**:

1. Через весь текст диссертации красной нитью проходит утверждение, что механизм проводимости носит прыжковый характер. Это утверждение несомненно правильное, но, интересно, какой характер проводимости автор ожидал бы увидеть в режиме сильной локализации носителей кроме собственно прыжковой проводимости? Речь скорее идёт о определении деталей механизма прыжковой проводимости (а их в литературе предложено достаточно много, так что результат данной работы несомненно важен) чем о самом факте установления этого явления, но стиль утверждения выбран не совсем подходящий.

2. Утверждение о нулевом значении параллельной компоненты g-фактора обосновано

чрезвычайно лапидарно, буквально одним предложением. Поскольку этот результат является интересным и важным, автор мог бы уделить его обоснованию из экспериментальных результатов больше места.

3. На стр. 78 приведено обсуждение того вывода, что основной вклад в изменение щели на чётных факторах заполнения обусловлен изменением циклотронной массы. Этому объяснению, как мне кажется, не хватает явного сравнения с ситуацией на факторе заполнения 2.

4. Во введении, при описании возникновения плато КЭХ автор полностью относит их возникновение на счёт наличия беспорядка. Это утверждение ошибочно, плато будут и в чистой системе в силу наличия внешнего резервуара (контактов), но автора извиняет тот факт, что эта ошибка кочует между всеми русскоязычными учебниками, касающимися КЭХ.

5. Работа содержит некоторое количество опечаток, иногда досадных, но не влияющих на общий смысл и возможность осознания текста.

Высказанные замечания не являются принципиальными и не влияют на общую положительную оценку работы, поэтому могут быть учтены при подготовке доклада. Автореферат полно отражает содержание диссертации. Она является законченным научным трудом по актуальной тематике, основные результаты которого опубликованы в высокорейтинговых научных журналах из Перечня ВАК и представлены на ведущих конференциях по ее проблематике. Научные положения обоснованы и достоверны.

Диссертационная работа В.А. Малыша полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 No 842), а ее автор – Малыш Виталий Александрович, безусловно, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10 – физика полупроводников.

29.09.2015

Официальный оппонент:

Девятков Эдуард Валентинович

доктор физико-математических наук, доцент,

ведущий научный сотрудник лаборатории квантового транспорта

Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт физики твердого тела Российской академии наук (ИФТТ РАН)

г. Черноголовка, Московская обл., ул.Академика Осипьяна д.2, 142432, Россия

Телефон: 8(496) 5222946

Электронная почта: dev@issp.ac.ru

Э.В. Девятков