

“УТВЕРЖДАЮ”

Проректор по НР СПбГМТУ

профессор А.К. Филимонов

21 сентября 2015 г.

О Т З Ы В

ведущей организации на диссертацию Васильевой Галины Юрьевны “Особенности магнетосопротивления и терагерцовой фотопроводимости в графене”, представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10. – “Физика полупроводников”

Рецензируемая диссертация посвящена практически не исследованным ранее свойствам сопротивления монослойного и двуслойного образцов графена в присутствии магнитного поля и его фотопроводимости, индуцированной излучением терагерцового диапазона. Выполненная работа представляется вполне **актуальной** ввиду следующих обстоятельств. С одной стороны это большой академический и практический интерес к уникальным транспортным свойствам графена и, одновременно, недостаточность их изучения в присутствии внешнего магнитного поля и под воздействием терагерцовых волн. Диссертация Васильевой Г. Ю. в значительной степени заполняет пробелы в указанных областях физики графена.

Диссертация структурирована стандартным образом. Вслед за введением, содержащим основные характеристики диссертации, в первых двух главах приводятся литературный обзор, основные данные, относящиеся к зонной структуре монослойного и двуслойного графена, анализ наиболее важных работ по транспорту в графене, а также постановка эксперимента. Подробность изложения и большое число деталей дают полное представление о проделанных измерениях и их дальнейшем теоретическом анализе. Содержательная часть диссертации сосредоточена в следующих четырех главах. В третьей главе изучена зависимость магнетосопротивления двуслойного графена от величины индукции магнитного поля и температуры. Наиболее важным результатом этой главы на наш взгляд следует считать обнаружение специфической “мексиканской шляпы” в законе дисперсии сильно легированного образца. В четвертой главе установлен эффект влияния рассеяния носителей на короткодействующем потенциале путем исследования характерной зависимости сопротивления монослойного графена от магнитного поля. В

пятой главе изложены результаты измерения магнитосопротивления электрон-дырочного двуслойного графена при различных температурах вблизи точки электронейтральности. Экспериментальные данные оказались в хорошем согласии с недавно предложенной теорией движения заряженных частиц в магнитном поле в двухкомпонентных системах. И, наконец, последняя шестая глава содержит результаты опытов, в которых обнаружена терагерцовая фотопроводимость в образцах графена, имеющих форму меандра, и в созданных на его базе фотодиодах.

Основные результаты диссертации Г.Ю. Васильевой, отраженные в вынесенных на защиту **ее положений**, обладают необходимой **новизной**. Прежде всего, это доказательства необычного закона дисперсии (“мексиканская шляпа”) в двуслойном графене, добытые из транспортных экспериментов. Впервые обнаружена корневая зависимость магнитосопротивления монослойного графена и установлена ее связь с рассеянием на короткодействующем потенциале. Оригинальным также можно считать вывод о болометрическом механизме возникновения фотопроводимости в графене. Здесь же отметим, что результаты диссертации имеют не только **академическую** важность (корневая зависимость магнитосопротивления, обнаружение “мексиканской шляпы”), но и выраженную **практическую** направленность. Из анализа магнитосопротивления двуслойного графена можно вычислить эффективные массы, концентрации и времена релаксации носителей в каждом из двух проводящих каналов. Линейный закон магнитосопротивления в точке нейтральности двуслойного графена может служить основой для датчиков магнитного поля, а меандровые образцы графена с болометрической фотопроводимостью – элементной базой для разработки фотодетекторов терагерцового излучения.

Достоверность результатов диссертации не вызывает сомнений. Она в значительной степени гарантирована высокой тщательностью проведения эксперимента, а именно, высокотехнологичным созданием качественных образцов графена, использованием современной аппаратуры, продуманной методикой исследований и постоянным стремлением к теоретической интерпретации результатов опыта. Здесь следует отметить, что автор, не являющийся профессиональным теоретиком, тем не менее хорошо ориентируется в **теоретических** вопросах квантовой статистики, зонной структуры графена и обусловленной ею особенностями квантового эффекта Холла.

Не обошлось и без **недостатков**. Первый из них является продолжением одного из достоинств диссертации, а именно подробно написанных и содержательных первых двух вводных глав. Все таки, их объем неоправданно завышен и составляет целых 60% от объема остальных четырех глав, в которых как раз и отражены фактические результаты работы. Остальные относятся к стилю написания текста. Материал 4-й главы значительно богаче, чем кажется из ее названия, построенном вокруг, в общем то, частного результата, т.е. корневой зависимости магнетосопротивления. На стр. 55 на рис.

3.1 нет обозначений а), б), в), г), в то время, как в подписи к нему они присутствуют. На стр. 56 импульс p почему то назван моментом импульса. На стр. 58 на рис. 3.3 указана величина магнитного поля $8.5 T$, в то время, как в подписи к нему значится $13 T$. На стр. 79 рис. 4.4 упоминается как $3. a$.

Вместе с тем совершенно ясно, что перечисленные замечания относятся к числу досадных шероховатостей, не имеют отношения к физике и поэтому не могут повлиять на общую оценку диссертации. Она определенно положительная и заключается в том, что в ней отражены результаты серьезного исследования, вносящего существенный вклад в знание транспортных и электронных свойств моно- и двуслойного графена. Работа выполнена на высоком экспериментальном и теоретическом уровнях. Она прошла представительную апробацию в форме статей, опубликованных в отечественных и международных журналах и материалов трудов конференций и симпозиумов по физике полупроводников. Автореферат диссертации вполне адекватно отражает ее содержание.

Сказанное выше позволяет утверждать, что представленная работа соответствует всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Галина Юрьевна Васильева заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.10. – “Физика полупроводников”

Отзыв обсужден и заслушан на научном семинаре кафедры физики Санкт-Петербургского государственного морского технического университета 01. 09. 2015г., протокол N 6.

„ Доктор физ.-мат.н., профессор

Б.С. Монозон

Зав. кафедрой физики,

доктор физ.-мат.н., профессор

Ф.Ф. Легуша

ФГБУ ВПО «Санкт-Петербургский Государственный
Морской Технический Университет»
ул. Лоцманская, д. 3, 190008
Санкт-Петербург, Россия
Телефон: (812) 714-07-61, факс 713-81-09
e-mail: office@smtu.ru
<http://www.smtu.ru>