

Отзыв

об автореферате диссертации М.Р. Попова «Квантовый эффект Холла в одиночных и двойных квантовых ямах на основе теллурида ртути», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 - Физика полупроводников

Обсуждаемые в автореферате М.Р. Попова работы посвящены экспериментальному изучению явления квантового эффекта Холла (КЭХ) в одинарных и двойных квантовых ямах (КЯ) теллурида ртути. Содержательную часть автореферата составляют три части. Первая посвящена изучению квантового фазового перехода между первым и вторым фактором заполнения в режиме КЭХ в одиночной КЯ. Показано, что в исследуемой системе реализуется скейлинговый механизм перехода. Вторая – изучению КЭХ в двойных КЯ, толщина каждой из которых соответствует полуметаллическому типу электронного спектра. Показано, что КЭХ формируется в условиях сосуществования нескольких типов носителей, а затворным напряжением можно менять эффективное перекрытие электронных и дырочных подзон, расположенных в разных ямах. В третьей главе изучено поведение двойных КЯ, толщина каждой из которых соответствует критической толщине, и реализована ситуация аналога двуслойного графена. Обнаружена уникальная «возвратная» (немонотонная) последовательность плато КЭХ, связанная с пересечением уровней Ландау, сформированных в разных КЯ, вблизи точки зарядовой нейтральности.

Представленные результаты достоверны, обладают оригинальностью, теоретической и практической значимостью, опубликованы в 6 рецензируемых журналах и представлены на множестве научных конференций. Несмотря на все достоинства, автореферат не лишен некоторых замечаний и вопросов.

Замечания.

В автореферате наблюдается некоторая проблема с представлением полученных результатов. Это касается не только текста, в котором присутствуют неожиданные неологизмы (самые яркие из которых – «техника реверсивного постоянного тока», «квантовом холловском диапазоне полей», «оценочное продление», «энергетическая картина», «холловское магнетосопротивление»), но и дизайна рисунков, что более важно. В частности, на рис. 11 и 13 положение уровня Ферми обозначается привычным штрих-пунктиром, а на рис. 8 – сплошными линиями, что существенно затрудняет понимание этого рисунка, и так уже перегруженного деталями. Далее, на рис. 6, посвященном зависимостям концентрации носителей в двойной КЯ, зачем-то так же показаны и подвижности носителей, что сбивает с толку, т.к. концентрации и подвижности имеют схожие функциональные зависимости от затворного напряжения. Очевидно, что информация о подвижностях избыточна на рисунке, к тому же она никак не обсуждается в тексте. Наконец, в тексте есть фраза «Холловское $\rho_{xy}(B)$ в своей эволюции с увеличением V_g становится полностью

отрицательным при $V_g = 3.5$ В (рисунок 4)», при этом на рисунке 4 представлен диапазон лишь от -3 до 3В, а обсуждаемый график – отсутствует.

Вопрос:

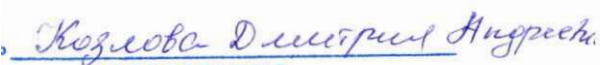
Вопрос касается КЭХ в двойной КЯ с полуметаллическим спектром. При расчете положения уровня Ферми фиксируется полная концентрация носителей, и этими носителями заполняются два веера уровней Ландау, которые по факту принадлежат двум квантовым ямам. Эти квантовые ямы и затвор в сумме представляют собой единую электростатическую систему. При этом, с точки зрения электростатики заполнение уровня Ландау в первой яме не эквивалентно заполнению уровня Ландау во второй яме. Вопрос: учитывалось ли это в используемых расчетах? Если нет, то почему?

Представленные замечания и вопрос не умаляют общего положительного впечатления от автореферата. Автореферат М.Р. Попова полностью удовлетворяет всем требованиям п.9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, Попов Михаил Рудольфович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.11 – Физика полупроводников.

Старший научный сотрудник лаборатории
физики низкоразмерных электронных систем
ИФП СО РАН,
кандидат. физ.-мат. наук

(Козлов Дмитрий Андреевич)

Подпись заверяю:
20 ноября 2023 г.


УДОСТОВЕРЯЮ
заведующий Отдела кадров ИФП СО РАН
— М.А. Золотарская

Информация об авторе отзыва:

К.ф.-м.н., специальность: 1.3.11 Физика полупроводников

Ученое звание: без звания

тел.: +7(923)2331875, e-mail: dimko@isp.nsc.ru

Наименование организации: ФГБУН Институт физики полупроводников им. А.В. Ржанова
Сибирского отделения Российской академии наук.

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

Сайт: www.isp.nsc.ru; тел.: +7(383)330-90-55; e-mail: ifp@isp.nsc.ru