

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Дурнева Михаила Васильевича
«ЭЛЕКТРОННЫЕ СОСТОЯНИЯ И НЕЛИНЕЙНЫЙ ТРАНСПОРТ В ДВУМЕРНЫХ
ДИРАКОВСКИХ МАТЕРИАЛАХ»,
представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по
специальности 1.3.11 – физика полупроводников

Двумерные материалы, в которых спектр носителей имеет нестандартный для полупроводников вид, представляют сейчас большой интерес. Нестандартность спектра состоит в появлении «дираковских конусов», что обусловлено или кристаллическим строением этих веществ (как в графене, дихалькогенидах), или приготовлением специальных структур с квантовыми ямами. В тех материалах, в которых существенно спин-орбитальное взаимодействие, геометрические ограничения и понижение симметрии из-за наличия поверхности сильно влияют на вид спектра и спиновую структуру состояний, что определяет и специфику отклика на электрическое и магнитное поле. Можно сказать, что такие материалы составляют новый класс полупроводниковых объектов, которым и посвящена диссертация. Приведенные в автореферате результаты показывают, что эта работа, безусловно, расширяет наше понимание таких материалов.

При исследовании квантовых ям $\text{HgTe}/\text{CdHgTe}$ было показано, что спектр содержит 4 конические точки и положение этих точек в двумерной зоне Бриллюэна зависит, в том числе, и от граничных условий (точнее, от асимметрии интерфейсов ямы), а не определяется только свойствами объемного материала.

Оказалось, что правильный учет строения состояний в квантовой яме с решёткой цинковой обманки приводит к сильной анизотропии эффекта Зеемана для краевых состояний и важному выводу о том, что оптические переходы обусловлены дипольными матричными элементами, более сильными по сравнению с магнито-дипольными переходами.

Целый ряд новых результатов получен по особенностям фотоотклика краевых состояний, характерных для рассматриваемых систем. Так, для графена в магнитном поле построенная теория объясняет смену направления тока при смене направления магнитного поля. Исследованы свойства краевых токов, возникающих при фотогальваническом эффекте. Показано, что оптические переходы внутри кирального канала чувствительны к направлению электрического поля относительно края и для поля, поляризованного перпендикулярно краю переходы полностью подавлены.

Из-за отсутствия центра инверсии в рассматриваемых системах возникают нелинейные эффекты, в том числе, появляется фотоотклик («выпрямление») при падении инфракрасного или терагерцового излучения, что имеет важное практическое значение. Также были исследованы и такие нелинейные эффекты, как генерация второй гармоники и фотоиндуцированные эффекты Холла и Фарадея.

Эти результаты по фототоку на краевых состояниях, безусловно, дополняют и расширяют известные возможности объемных материалов.

Все научные результаты, полученные автором, являются новыми, хорошо согласуются с имеющимися экспериментальными данными и имеют явную практическую значимость. Автор рассказывал о своих результатах на большом количестве конференций, что свидетельствует и об интересе к этой тематике, и о доверии к результатам. По теме диссертации опубликовано 18 работ, почти все в журналах самого высокого уровня.

Единственное, что можно заметить по тексту автореферата – некоторую неравномерность в подробности описания разделов. Стоило бы подробнее сказать, например, как наличие границы переводится в параметры эффективного гамильтониана (1). Некоторые разделы содержат и картинки, и формулы, а некоторые сформулированы гораздо более кратко, на уровне результатов. Например, при описании результатов §3.3.3 о влиянии магнитного поля лучше было бы привести в автореферате формулу, аналогичную (7). Также содержание раздела §3.3.4 передано кратко словами, хотя какие то зависимости могли быть представлены формулами.

В целом же, работа, конечно, соответствует требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям диссертационными советами ФТИ им.А.Ф.Иоффе, а ее автор, Дурнев М.В., заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.11 – физика полупроводников.

24.02.2025

Арсеев Петр Иварович

гнс Отделения теоретической физики им. И.Е. Тамма

Физического института им. П.Н. Лебедева РАН

д.ф.-м.н., член-корреспондент РАН

Почтовый адрес: 119991 Москва, Ленинский проспект 53

Тел. 499-1326271 e-mail: ars@lpi.ru

Подпись П.И.Арсеева заверяю

Помощник директора ФИАН по научной работе.

д.ф.-м.н.

С.Ю.Савинов