

Отзыв официального оппонента
на диссертацию Насретдиновой Венеры Фатиховны
«Фотоэлектрическая спектроскопия квазиодномерных соединений
 $p\text{-TaS}_3$, $\text{NbS}_3(\text{I})$ и $\text{K}_{0.3}\text{MoO}_3$ »,
представленную на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук
по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Актуальность темы

Экспериментальное исследование электронного транспорта в квазиодномерных системах представляет в наши дни особый интерес, обусловленный прежде всего фундаментальностью данной проблемы, решение которой требует рассмотрения микроскопических механизмов целого ряда интереснейших физических явлений. В рецензируемой диссертации предложен и реализованы новые подходы к выявлению особенностей энергетического спектра квазиодномерных материалов. Это позволяет определить как основные параметры спектров, так и влияние на них методов и условий роста изучаемых структур, а также характера и уровня их легирования. Уже это краткое перечисление позволяет сделать вывод о несомненной актуальности диссертации В.Ф. Насретдиновой.

Диссертационная работа В.Ф. Насретдиновой посвящена решению комплекса взаимосвязанных технологических, экспериментальных и теоретических задач, включающих в себя создание, исследование и оптимизацию характеристик нескольких квазиодномерных материалов. Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы.

Во **Введении** обоснована актуальность проводимых исследований, сформулирована цель, научная повизна и практическая значимость работы, приведены основные научные положения, выносимые на защиту.

Глава 1 представляет собой обзор литературы по тематике диссертации. Приведены подробные сведения об исследуемых квазиодномерных соединениях TaS_3 , $\text{NbS}_3(\text{I})$ и $\text{K}_{0.3}\text{MoO}_3$. Описано влияние различных факторов, таких как флуктуации и неидеальный нестлинг, на плотность состояний вблизи края пайерлсовской щели. Рассмотрены физические основы формирования волн зарядовой плотности и выполнен анализ результатов работ, посвященных изучению пайерлсовской щели в этих соединениях. Проанализированы различные методы экспериментального изучения энергетического спектра данных структур, особое внимание при этом уделено фотоэлектрической спектроскопии квазиодномерных соединений.

Во **второй главе** подробно описаны методов синтеза кристаллов TaS_3 , NbS_3 и $K_{0.3}MoO_3$ и их легирования, изложены методы приготовления используемых в измерениях образцов (в том числе процедура изготовления контактов). В этой главе также представлено детальное описание экспериментальной установки, описаны различные режимы измерения фотопроводимости. Обращено внимание и на особенности получения вольт-амперных характеристик и измерения температурных зависимостей фотопроводимости исследуемых структур.

В **главе 3** представлены, на мой взгляд, наиболее значимые результаты диссертации. Применение автором оригинальной методики фотоэлектрической спектроскопии позволило с достаточно высокой точностью определить величину пайерлсовской щели в ромбическом квазиодномерном проводнике TaS_3 . Убедительно показано, что при низких температурах ($T < 50$ К) она составляет не менее 0.2 эВ. Выявлено и объяснено влияние уровня легирования материала на спектр фотопроводимости и, в частности, на размытие края спектра фотопроводимости. Обнаружены внутрищелевые состояния, связанные с неодночастичными эффектами. В номинально чистых образцах при возбуждении линейно поляризованным излучением обнаружены пики фотопроводимости. Показано, что амплитуда этих пиков варьируется как при приложении электрического поля, так и дополнительной подсветки. Анализ экспериментальных данных позволил сделать вывод о механизме формирования этих особенностей спектра.

В **главе 4** приведены результаты подробного экспериментального исследования фотопроводимости еще двух квазиодномерных материалов. Определена величина энергетической щели в голубой бронзе. Полученное значение находится в хорошем согласии с результатами других, выполненных с применением иных методик, исследований. Следует дополнительно отметить, что эти эксперименты, потребовавшие измерения весьма слабого фотоотклика образцов, свидетельствуют о высоком экспериментальном мастерстве подзащитной. Также была определена величина оптической щели в квазиодномерном проводнике $NbS_3(I)$ и исследована ее температурная зависимость. Величина щели согласуется с данными других работ, посвященных измерению данного параметра. Это еще раз подтверждает применимость метода фотоэлектрической спектроскопии для анализа энергетического спектра квазиодномерных проводников с волной зарядовой плотности. Еще одним важным результатом, описанным в этой главе, является обнаружение зависящих от приложенного электрического поля и уровня дополнительной подсветки внутрищелевых состояний. Показано, что пик

фотопроводимости, соответствующий энергии фотона 0.6 эВ, наблюдается только в условиях приложения к образцу достаточного сильного электрического поля, что позволило сделать вывод о его солитонной природе.

Достоверность и новизна результатов диссертации

Перечисленные выше основные результаты диссертационной работы получены впервые. Они подтверждены подробными экспериментальными исследованиями наблюдаемых явлений и описываются в рамках общепринятых теоретических моделей. В ряде случаев выполнен анализ возможных альтернативных микроскопических механизмов наблюдаемых эффектов и на основе сравнения спектральных, температурных и других особенностей эффектов обоснованно сделан вывод о доминирующем механизме.

Степень обоснованности научных положений и выводов

Защищаемые научные положения обобщают результаты экспериментальных исследований и их анализа с учетом теоретических моделей, адекватно согласуются с основными выводами работы. Основные результаты, представленные в диссертационной работе, неоднократно докладывались на российских и международных конференциях, на научных семинарах и опубликованы в рецензируемых журналах.

Практическая значимость работы заключается в разработке и реализации методики фотоэлектрической спектроскопии применительно к системам с волнами зарядовой плотности. В работе определен целый ряд параметров энергетического спектра этих систем.

Замечания

1. В параграфе 1.10 вводится понятие «фотопроводимость» и сделано это, на мой взгляд, не вполне корректно, поскольку не принята во внимание возможность изменения проводимости вещества под действием света при неизменной концентрации носителей заряда (то, что называется « μ -фотопроводимость»).
2. Несколько раз говорится о связи особенностей спектров фотопроводимости и качества исследуемых образцов, но при этом не поясняется, какая именно характеристика образца имеется в виду.
3. Мне не удалось понять смысл формулы (3.3) и рассуждений на странице 71 относительно зависимости величины фотопроводимости от толщины образца. Возможно, это связано с наличием существенной опечатки.

4. Имеется несколько стилистических погрешностей, которые подчас затрудняют понимание написанного – в качестве примера приведу оценку нагрева образца излучением (с. 55) и описание измерений мощности линейно поляризованного излучения посредством болометра (с. 105), а также выражение «излучение монохроматора» (с. 90, 96, 101, 128).

5. В главе 4 и в соответствующем разделе автореферата на основании анализа полученных в этой главе результатов сделан вывод о применимости развитого метода «для исследования пайерлсовской щели в квазиодномерных соединениях с ВЗП». Полагаю, что ввиду важности этого заключения логично было бы поменять порядок следования двух заключительных глав диссертации.

Указанные замечания не имеют решающего значения и, разумеется, не ставят под сомнение основные результаты диссертационной работы.

Оценивая диссертацию в целом, следует отметить высокий научный уровень выполнения представленной работы, комплексный подход к проведению исследований и большой объем новых научных результатов. Автореферат и публикации автора правильно и в полной мере отражают содержание диссертации.

По степени завершенности исследований, актуальности темы диссертации, новизне и степени обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, рецензируемая работа соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней, а ее автор – Насретдинова Венера Фатиховна – несомненно заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Заведующий лабораторией нелинейных оптических и фотоэлектрических явлений в полупроводниках
ФТИ им. А.Ф. Иоффе,
доктор физико-математических наук
по специальности 01.04.10 «физика полупроводников»
ул. Политехническая 26, Санкт-Петербург, 194
тел. +7 921 7948907, e-mail: bel@epi.ioffe.ru



Насретдинов Василий Валентинович

ВВ

удостоверяю
днем 03.03.2015

Подпись _____

зав. лабораторией _____

