

## ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Кулика Леонида Викторовича

на диссертационную работу Никонова Сергея Александровича  
«Динамика волны зарядовой плотности в  $NbS_3$  в ВЧ диапазоне»,  
представленную на соискание ученой степени кандидата физико-  
математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного  
состояния»

Изучение электронных систем с сильными межчастичным взаимодействием является одной из наиболее актуальных проблем физики конденсированных сред. Волна зарядовой плотности (ВЗП) - одно из самых интересных явлений в физике низкоразмерных электронных систем, а понимание природы ВЗП, механизмов её формирования и движения позволяет разобраться во многих физических процессах, происходящих в квазиодномерных системах.

Диссертационная работа С. А. Никонова сосредоточена на изучении волн зарядовой плотности в  $NbS_3$ . Это соединение особенно интересно тем, что в нем наблюдается волны зарядовой плотности при температурах, достигающих 450 К, несмотря на то, что ВЗП, традиционно, относится к области физики низких температур. В диссертационной работе С. А. Никонов сосредоточился на изучении ВЗП в соединении  $NbS_3$ , наблюдающейся при комнатной температуре и, по этой причине, представляющей серьезный интерес для прикладных исследований. Изучая динамику ВЗП, автор получил экспериментальные результаты, которые можно отнести к общим свойствам ВЗП в том числе и в других соединениях.

В ходе исследования было получено множество экспериментальных данных, среди которых особенно выделяется наблюдение и изучение свойств ступенек Шапиро в  $NbS_3$ . На основании экспериментальных данных было предложено разумное описание поведения ступенек Шапиро и показано, что соединение  $NbS_3$  может быть использовано для разработки миниатюрных СВЧ детекторов. Не менее интересны и другие результаты, полученные в диссертационной работе. Так, оказалось, что приближение безынерционного отклика ВЗП на высокочастотное (ВЧ) электромагнитное поле позволяет

смоделировать вид вольт-амперной характеристики (ВАХ) для произвольного значения приложенного ВЧ напряжения на основании ВАХ, измеренной без ВЧ облучения. При этом можно предсказать положение ступенек Шапиро и их величину. Предложенный подход оказался весьма простым и плодотворным. Тем удивительней является тот факт, что до сих пор данный подход не применялся для анализа воздействия ВЧ поля на динамику ВЗП.

Весьма интересен и эксперимент по смещению ВЧ частот на ВЗП, тем более, что ранее подобные исследования не проводились. Область, вообще говоря, очень обширная, но автору удалось выделить в наблюдаемых результатах интересную закономерность: анализируя ВАХ, измеренные при смещении двух частот  $F$  и  $f$ ,  $F \gg f$ , было отмечено, что возникающая при этом система ступенек Шапиро может быть описана в терминах «основных» ступенек, окруженных «сателлитами». Поведение «сателлитов», включая осцилляции их амплитуд в зависимости от ВЧ напряжения, оказалось идентичным поведению обычных ступенек Шапиро, если описывать их в подвижной системе отсчёта, связанной с движущейся ВЗП.

Показано также, что в области температуры пайерлсовского перехода возможна синхронизация скольжения флуктуаций ВЗП при условии, что обратное время жизни флуктуаций меньше частоты ВЧ напряжения. При этом получен и любопытный количественный результат: удалось оценить время жизни флуктуаций. Для этого была разработана полуэмпирическая модель спонтанного проскальзывания фазы, ранее успешно применявшаяся для описания различных флуктуационных явлений вблизи критической температуры.

Представленные в диссертации исследования достоверны и соответствуют известным экспериментальным данным других авторов. Ценность полученных результатов подтверждается их публикацией в российских и зарубежных научных журналах с высоким индексом цитирования. Автор успешно доложил результаты исследований на российских и международных конференциях.

При чтении диссертации у меня появились некоторые замечания и вопросы:

1. Недостаточно подробно описаны методики приготовления образцов. Схема измерений представлена слишком обще, без подробностей, которые могли бы в дальнейшем быть использованы читателями диссертационной работы в собственных измерениях.

2. Представление ширины ступенек Шапиро, как функции перемещения ВЗП, не делает осцилляции периодическими, поскольку их амплитуда падает с ростом номера. Автор же вообще не рассматривает абсолютные значения ширины ступенек Шапиро. Правильно было бы говорить не о периодичности осцилляций, а о постоянстве их периода.

3. Автор сразу переходит к описанию периодичности осцилляций, интерпретируя нелинейный ток, точнее – заряд, как перемещение ВЗП. Интересно (и правильно с точки зрения экспериментатора) было бы сформулировать основной вывод о периодичности на языке наблюдаемых величин, а потом уже перейти к интерпретации его с точки зрения движения ВЗП в потенциале пиннинга.

Данные замечания не умаляют общего высокого уровня диссертации. Автореферат соответствует содержанию диссертации. Диссертация Никонова Сергея Александровича «Динамика волны зарядовой плотности в  $NbS_3$  в ВЧ диапазоне» представляет собой законченное научное исследование и по объему результатов, достоверности, научной и практической значимости выводов удовлетворяет требованиям, предъявляемым к кандидатским (или удовлетворяет п.9. «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденное Постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013) диссертациям, а ее автор, Никонов Сергей Александрович, заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния».

Официальный оппонент:

доктор физико-математических наук,  
профессор РАН,  
ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН)

Кулик Леонид Викторович



«30» август 2024г.

Контактные данные:

тел.: +7(9037161601), e-mail: kulik@issp.ac.ru

Специальность, по которой официальным оппонентом защищена диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук: 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния».

Адрес места работы:

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

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Института физики твердого тела имени Ю.А. Осипьяна Российской академии наук (ИФТТ РАН)

Подпись официального оппонента

Кулика Леонида Викторовича УДОСТОВЕРЯЮ:

**УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ  
ИФТТ РАН  
ТЕРЕЩЕНКО А.Н.**



«30» август 2024г.