

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию А.В. Штыка "Кинетика электрон-фононных процессов и флуктуации в неупорядоченных проводниках и сверхпроводниках", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 -- теоретическая физика

Электрон-фононное взаимодействие является важным вопросом физики конденсированного состояния, возникающим как в многочисленных приложениях, так и теоретических работах. Последние годы особый интерес уделяется исследованиям явлений перегрева электронного газа, которые чувствительны к деталям неупругого электрон-фононного взаимодействия.

Диссертация А.В. Штыка, объемом в 99 страниц, состоит из введения, пяти глав основного содержания, заключения и списка цитированной литературы из 65 наименований. Она посвящена изучению поглощения ультразвука за счет диффузных электронных мод в грязных проводниках и сверхпроводниках.

Во введении описаны основные теоретические и экспериментальные аспекты диссертации, обоснована актуальность проведенных исследований, сформулирована их цель и кратко изложено содержание диссертации.

В главе 1 рассмотрена связь затухания ультразвука и электрон-фононного теплообмена. С помощью фононного кинетического уравнения установлена количественная связь этих явлений. Полученные выражения для потока тепла не предполагают слабости электрон-электронного взаимодействия.

В главе 2 рассмотрен вклад зарядовых флуктуаций. Приведен вывод гамильтониана электрон-фононного взаимодействия в неупорядоченных проводниках, как в лабораторной, так и в содвижущейся с решеткой системах отсчета. Приведен вывод стандартного ответа для поглощения ультразвука. Рассмотрен вклад зарядового канала и продемонстрировано, что его роль может быть особенно выраженной в сильно неупорядоченных полупроводниках на подложке с большой диэлектрической проницаемостью. Автором указана интересная возможность регулировать вклад зарядового канала металлическим затвором, посредством модификации Кулоновского взаимодействия.

Глава 3 посвящена рассмотрению диффузных эффектов в многозонных проводниках. В этой главе автор показывает, что вклад диффузных мод можно анализировать на языке простых макроскопических уравнений движения, которые сводятся к уравнению непрерывности и уравнению диффузии (модифицированному уравнению Фика). Главным примером главы является случай диффузии спиновой плотности в двумерных полупроводниках или

гетероструктурах с магнитным полем направленным в плоскости образца. Показано, что эффекты спиновой диффузии чувствительны к спиновой релаксации. В качестве примера рассмотрено влияние спин-орбитального взаимодействия, вычислена собственная энергия диффузона и определено время жизни спиновой моды.

В главе 4 рассмотрены эффекты диффузии энергии, в которых фонон возбуждает электронные возбуждения вдали от ферми поверхности (на энергиях порядка температуры). Наряду со случаем нормального состояния рассмотрены случаи обычного s -волнового и необычного d -волнового сверхпроводников. Автором указано, что в обычном сверхпроводнике появляются логарифмические особенности, связанные с наличием края в спектре (сверхпроводящей щели). Для d -волнового сверхпроводника наряду с поглощением в диффузном канале рассмотрено поглощение на стандартных процессах (в локальном канале).

Глава 5 несколько выделяется из общей структуры диссертации и посвящена изучению затухания ультразвука в псевдощелевом сверхпроводнике. В этой главе для построения теории электрон-фононного взаимодействия в псевдощелевом сверхпроводнике используется псевдоспиновое представление Андерсона. Для изучения полученной псевдоспиновой модели автором применяется представление Фаддева-Попова. Согласно проведенному автором анализу в сверхпроводящем состоянии возникает два вклада в поглощение ультразвука, от амплитудной и фазовой коллективных мод. Автор также обсуждает важность и последствия наличия Кулоновского взаимодействия, которое приводит к появлению массы у фазовой моды по механизму Хиггса. Вычислена появляющаяся таким образом щель в спектре фазовой моды.

Заключение содержит обзор полученных результатов.

Оценивая диссертацию А.В. Штыка в целом, следует подчеркнуть, что все проведенные им исследования являются не только актуальными, выполненными на высоком теоретическом уровне, но и перспективными. Диссертация А.В. Штыка представляет научное исследование, содержащее полученные им впервые важные физические результаты. Работы автора, использующего современные методы теоретической физики, вносят значительный вклад в понимание физики электрон-фононного взаимодействия в неупорядоченных проводниках и сверхпроводниках. Они опубликованы в ведущих научных журналах и доложены на ряде международных конференций и семинаров по теоретической физике. Диссертация ясно написана, чётко сформулированы основные результаты, полученные автором, и сделанные им выводы. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Несколько замечаний по диссертационной работе:

1. Полученное в первой главе выражение (1.18) для потока тепла J представлено в виде $J = J_{+} - J_{-}$. При этом величины J_{+} и J_{-} интерпретируются как входящий и исходящий потоки тепла. Желательно было бы привести обоснование такой интерпретации, поскольку разбиение хорошо определенной физической величины J на разность двух членов неоднозначно. В частности, в простом подходе с уравнением Больцмана для фононов, взаимодействующих с перегретыми электронами, члены "прихода" и "ухода" фононов имеют другую структуру.

2. Знак поправки в выражении (5.43) в главе 5, по-видимому, неправилен. Естественно ожидать, что параметр Δ растет при сжатии.

3. К сожалению, текст содержит ряд опечаток и неточных формулировок. Например, фраза после (5.64), гл.5 диссертации: "нетривиальные температурные зависимости кроссоверных частоты и температуры" уж никак не может относиться к кроссоверной температуре. В реферате не определен ряд обозначений (N_f , θ , α); непонятна фраза после ур-ия (51) о том, что "фазовый вклад не зависит от частоты", в то время как ур-ие (50) линейно по частоте. В (44) проглочено упоминание об аналитическом продолжении и т.п. В предложении перед уравнением (10) фигурирует "электронный наз".

Отмеченные недостатки не подвергают сомнению достоверность и значимость полученных результатов и научную квалификацию диссертанта. Значительный объем и качество выполненных им исследований по актуальной и важной теме позволяет рассматривать диссертационную работу Александра Викторовича Штыка, как удовлетворяющую всем требованиям, предъявляемым ВАК РФ к кандидатским диссертациями. Ее автор, несомненно, заслуживает присвоения ему искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.02 – теоретическая физика.

главный научный сотрудник
ФГБУН ИСАН
доктор физико-математических наук


Юдсон Владимир Исаакович

«14» декабря 2016

Г.Адрес института: 108840 г. Москва, г.Троицк
ул. Физическая, 5, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки
Институт спектроскопии Российской академии наук (ИСАН)
E-mail: yudson@isan.troitsk.ru

Подпись Юдсона Владимира Исааковича заверяю.
Ученый секретарь ФГБУН ИСАН
кандидат физико-математических наук



 Е.Б.Перминов