

Отзыв на автореферат диссертации

Кулеева Ивана Игоревича

«Фокусировка фононов, электронный и фононный транспорт в упруго анизотропных металлических и диэлектрических кристаллах и наноструктурах на их основе»,

представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8.:

Физика конденсированного состояния

Теоретическое понимание эффектов теплопроводности в металлических и диэлектрических нанобъектах очень важно с практической точки зрения, так как оно необходимо для создания элементов микроэлектроники и спинтроники с гарантированной термической стабильностью работы. При этом появление пространственного конфайнмента распространяющихся упругих и электронных возбуждений для определенных направлений в нанобъектах коренным образом меняет физическую картину кинетических явлений по сравнению с таковыми в макрообъемных образцах. Диссертация И.И.Кулеева как раз посвящена скрупулезному анализу кинетических эффектов (теплопроводность, электросопротивление, термоэдс) в этой сложной для расчетов области для случаев с конкретными геометрическими формами нанопроводов и нанопленок при учете анизотропии упругой среды. Для таких объектов исследований И.И.Кулеев получил большой объем новых и интересных физических результатов, и поэтому отметим только те, которые, на наш взгляд, производят наиболее сильное впечатление.

Во-первых, впервые детально исследовано явление фокусировки и дефокусировки распространяющихся акустических фононов в кристаллической среде и установлено, что существует два варианта реализации этих эффектов в соответствии с двумя знаками безразмерного параметра анизотропии упругой среды, построенного из трех модулей упругости второго порядка в случае кубического кристалла. Это позволило

диссертанту разработать метод расчета теплопроводности упруго анизотропных образцов конечной длины с различными геометрическими формами поперечного сечения (при одновременном учете фокусировки фононов) и объяснить разницу в экспериментальных результатах по теплопроводности диэлектрических кристаллов с различающимися знаками безразмерной анизотропии упругой среды. Как итог этого направления исследований можно отметить обнаружение эффекта фокусировки акустических фононов в явлениях анизотропии теплопроводности пленочных гетероструктур GaAs/AlGaAs при низких температурах.

Во-вторых, очень большую долю представленной к защите диссертации составляют работы по доскональному изучению термоэдс увлечения и электропроводности в металлическом калии K (из 27 представленных к защите публикаций кинетическим эффектам в калии посвящено 12 статей: A10-A19, A22-A23). При этом впервые показано, что низкотемпературное поведения электросопротивления и термоэдс определяется взаимодействием электронов с медленной поперечной фононной модой (со сдвиговой волной), а не с продольной ветвью упругих колебаний. Также впервые показано, как увеличение размеров геометрического сечения образца приводят к немономонному поведению величины анизотропии термоэдс увлечения – первоначальному росту при увеличении размеров, а затем к переходу через максимум и спадению до нуля.

В целом все полученные результаты свидетельствуют о высоком профессиональном мастерстве диссертанта, а вся диссертация по объему новых результатов и их уровню отвечает требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям.

Автореферат диссертации описывает ее результаты весьма подробно, однако недоумение вызывает частое использование какого-то узкого внутригруппового жаргона для описания физических величин и соответствующих физических результатов вместо общепринятых понятий. Например, на стр.21 автореферата, 11-ая строка снизу без каких-либо пояснений вдруг появляется новый термин L – фононы (заметим, что на предыдущих страницах автореферата L было длиной образца). Перечитывая текст, из содержания предложений, предшествующего и последующего вышеупомянутой строке, начинаешь догадываться, что автор решил таким образом переименовать продольные фононы (L , по-видимому, от английского *longitudinal*). Попытка сохранить русский термин «продольные» фононы еще раз всплывает на стр. 31, но затем автор русскоязычной диссертации решительно кончает со всякими рецидивами

патриотизма и до конца автореферата все результаты объясняет с помощью t_2g фононов (t , вероятно, от английского transversal) и F фононов, как бы не ведая, что в русском языке существуют понятия поперечных и продольных фононов.

Несмотря на этот жаргонный казус, полагаю, что диссертация И.И.Кулеева содержательна по новизне и объему полученных результатов, удовлетворяет требованиям ВАК к докторским диссертациям и полностью соответствует профилю специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния» Результаты работы полностью опубликованы как в российских, так и зарубежных журналах, специализирующихся на публикациях по физике конденсированного состояния. Считаю, что сам Кулеев Иван Игоревич безусловно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.8. «Физика конденсированного состояния».

Главный научный сотрудник лаб . теоретической физики
Института электрофизики УрО РАН, доктор физ.-мат. наук
Медведев М.В.
(e-mail: medvedev@iep.uran.ru, р.тел. 8-343-267 -88-23)

Подпись Медведева М.В. заверяю:

Ученый секретарь Института электрофизики УрО РАН.
кандидат физ.-мат. наук Кокорина Е.Е.

2 октября 2025 г.

с отзывом ознакомлен 6 октября 2025
/Кулеев И.И./