

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Жемоедова Николая Александровича «Особенности фононной и магнитной подсистем редкоземельных боридов типа RB_{50} по данным калориметрического и рентгеновского исследований в области 2-300 К», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния

Как известно, бориды редкоземельных элементов изучаются довольно длительное время во многих мировых научных лабораториях. Такой интерес обусловлен в первую очередь, большим разнообразием структур, образуемых при соединении редкоземельного металла и бора. С другой стороны, эти вещества обладают чрезвычайным многообразием физических, физико-химических, кристаллохимических свойств. К настоящему времени довольно подробно изучены электрические и магнитные свойства боридов RB_{50} в широком интервале температур, особенно в области низкотемпературных магнитных фазовых превращений. Решеточные и электронные свойства этих веществ при низких температурах изучены слабо. В рецензируемой работе выполнено исследование теплоемкости и динамики решетки боридов RB_{50} ряда редкоземельных металлов в интервале температур 2-300 К, что восполняет имеющийся пробел. В связи с этим актуальность выполненного исследования не вызывает сомнения.

Структура и содержание диссертации. Диссертация изложена на 149 страницах, содержит 63 рисунка, 40 таблиц, приложение; состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы (86 наименований).

Во введении дана общая характеристика диссертационной работы, обоснована актуальность темы; выделены основные положения, составляющие ее научную новизну; сформулированы практическая значимость работы, ее цели и задачи, основные положения, выносимые на защиту; приведены сведения об апробации полученных результатов.

В первой главе (литературном обзоре) собрана информация об имеющихся в литературе данных по структуре, электрическим, электронным, термодинамическим свойства исследуемых в диссертации объектов.

В литературном обзоре систематизированы также данные по результатам магнитных измерений. Как отмечает автор диссертации, несмотря на обилие информации по термодинамическим, магнитным и электрическим свойствам соединений RB_{50} , систематические измерения теплоемкости, термического расширения, динамики кристаллической решетки RB_{50} в низкотемпературном интервале для многих из них отсутствуют. В связи с этим возникают трудности с оценкой ряда их характеристик. Решению этих задачи и посвящено настоящее диссертационное исследование.

Вторая глава посвящена обзору классических теорий теплоемкости и теплового расширения веществ при низких температурах. Особое внимание уделяется вопросу

теплоёмкости магнетиков, а также определению решеточной, электронной, магнитных составляющих теплоемкости.

В третьей главе, посвященной экспериментальной методике измерения теплоемкости, обращает на себя внимание приготовление образцов исследуемых соединений. Аттестацию элементного и фазового состава проводили методами химического и рентгенофазового анализов. Измерения теплоемкости в интервале 2-300 К выполнены в адиабатическом калориметре, калибровка которого проведена в соответствии с существующими стандартами.

Приведены результаты экспериментов по исследованию температурных зависимостей теплоемкости шести боридов редкоземельных металлов RB_{50} в интервале температур 2-300 К. На температурных зависимостях теплоемкости выявлены аномалии у большинства исследованных боридов – размытые максимумы малой амплитуды при низкой температуре, которые связываются обычно с магнитным упорядочением. Определенные диссертантом температуры магнитного упорядочения боридов RB_{50} , соответствующие максимумам температурных аномалий теплоёмкости, близки к значениям имеющихся в литературе. По полученным закономерностям диссертантом определены температурные изменения энтальпии, энтропии и свободной энергии Гиббса. Анализируя зависимости стандартных значений энтропии, изменения энтальпии, энергии Гиббса от порядкового номера редкоземельных металлов, автор диссертации приходит к выводу о том, что наблюдаемые отклонения от линейной зависимости связаны с нарушением порядка в системе магнитных ионов и возможным вкладом Шоттки в теплоемкость исследованных веществ.

Также в третьей главе рассматривается вопрос разделения теплоемкости на различные составляющие. Так как исследуемые вещества являются полупроводниками, то имеет смысл рассматривать лишь решеточный (фононный) и магнитный вклады в его теплоёмкость, что и отмечает автор исследования. Анализируя температурную зависимость теплоемкости после выделения решеточного вклада, автор приходит к выводу о существовании дополнительных вкладов в теплоемкость, помимо магнитной составляющей. В качестве дополнительного вклада автор рассматривает теплоемкость Шоттки. По результатам выделения этой составляющей диссертант оценил величину параметров расщепления f-уровня иона металла в приближении трехуровневого расщепления. Магнитный вклад в теплоёмкость рассчитан вычитанием из полной теплоемкости решеточной составляющей и теплоемкости Шоттки.

Четвертая глава посвящена динамике решётки боридов RB_{50} в интервале 5-300 К. Диссертант описывает методику проведения эксперимента. Погрешности экспериментальных измерений соответствуют стандартам существующих методик. Определенные автором диссертации температурные зависимости параметров решетки

исследованных боридов позволили впервые выявить наличие широкой области отрицательного расширения при низких температурах. Сложный характер температурной зависимости параметров решетки приводит к справедливому заключению о влиянии нескольких механизмов на тепловое расширение. Проанализировав полученные данные, диссертант делает вывод, что в основе аномалий изучаемых свойств боридов лежат особенности кристаллического строения, а также специфические процессы в их магнитной подсистеме.

Несмотря на очевидные достоинства исследования Н.А. Жемоедова, необходимо сделать следующие замечания по диссертационной работе.

1. В проведенном исследовании при расчетах используются многопараметрические зависимости, в связи с чем актуально было бы привести оценку систематических ошибок.

2. К сожалению, исследован не весь возможный ряд боридов RB_{50} редкоземельных элементов, из рассмотрения выпали бориды гадолиния и иттербия, а также «легких» РЗ-металлов. В диссертационной работе не поясняются причины отсутствия исследования указанных боридов.

3. В диссертации указана практическая значимость полученных результатов исследования для науки в целом, но не указаны перспективы использования боридов в электронной технике и материаловедении.

4. На графиках экспериментальных зависимостей теплоемкости, параметров решетки изучаемых боридов не проставлены интервалы погрешностей. Также не указаны величины погрешностей, определенных в исследовании характеристик тепловых свойств боридов (характеристических термодинамических функций и их стандартных значений, характеристических дебаевских и эйнштейновских температур, коэффициентов теплового расширения).

Сделанные замечания не снижают качества диссертации Н.А. Жемоедова, не влияют на её общую положительную оценку и не подвергают сомнению ее научную и практическую ценность.

В результате экспериментального исследования теплоемкости, динамики решетки ряда боридов редкоземельных металлов в интервале температур 2-300 К и выделения основных вкладов физических характеристик автором диссертации предложена модель, описывающая низкотемпературные свойства этих соединений.

Результаты диссертационной работы были своевременно доложены и обсуждены на двух Международных конференциях. Они не противоречат существующим представлениям и литературным данным. Основные результаты и выводы сделаны автором диссертации лично по итогам экспериментов на установках, прошедших тестовые испытания.

Значимость полученных автором диссертации результатов. Результаты исследований теплоемкости, динамики решетки изученных боридов редкоземельных металлов, а также модель, построенная в результате этих исследований, будут востребованы в дальнейших исследованиях, имеющих важное практическое значение для физики твердого тела, электронной техники и приборостроения.

Диссертация Николая Александровича Жемоедова «Особенности фононной и магнитной подсистем редкоземельных боридов типа $R\text{B}_{50}$ по данным калориметрического и рентгеновского исследований в области 2-300 К» выполнена на высоком научном уровне. Она является законченной научной работой, содержащей развитие актуального научного направления «Термодинамика и физико-химические свойства боридов редкоземельных металлов». Проведенные автором диссертации исследования и полученные в диссертационной работе результаты в полной мере соответствуют специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Диссертация Жемоедова Н.А. по объёму, достигнутым результатам удовлетворяет всем требованиям п. 7 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния, а ее автор Жемоедов Н.А. заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук.

Автореферат и шесть опубликованных статей в рецензируемых журналах, в том числе входящих в ведущую базу данных цитирований Web of Science, в полной мере отражают содержание диссертации.

Официальный оппонент, доцент
кафедры физики ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА
имени К.А. Тимирязева, к.ф.-м.н.

А.В. Морозов

04.05.2018г.

Я даю согласие на обработку моих персональных данных и на размещение их в свободном доступе в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и в единой информационной системе.

Морозов Антон Викторович, кандидат физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния, доцент кафедры физики Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева»: 127550, г. Москва, ул. Тимирязевская, д. 49, тел. (499) 976-21-89, e-mail: fiz@rgau-msha.ru.

Учёный секретарь ФГБОУ ВО РГАУ–МСХА
имени К.А. Тимирязева, д.с.-х.н., профессор

Т.П. Кобозева