

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Кащенко Михаила Алексеевича «Спектроскопия мультиферроиков: взаимодействие решеточных, спиновых и электронных возбуждений в ферроборатах $RFe_3(BO_3)_4$ ($R=Gd, Tb$) и манганитах $RMnO_3$ ($R=Tb, Dy$)», представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 - оптика.

Диссертация Кащенко М.А. посвящена исследованиям оптических спектров мультиферроиков, относящихся к двум семействам – редкоземельным ферроборатам $RFe_3(BO_3)_4$ ($R=Gd, Tb$) и перовскитоподобным редкоземельным манганитам $RMnO_3$ ($R=Tb, Dy$). Мультиферроики вообще и соединения, исследованные в данной работе, в частности, проявляют чрезвычайно разнообразные и нетривиальные физические свойства, что обусловлено взаимодействием нескольких параметров порядка сравнимой «силы». Это делает их интересными в отношении исследования фундаментальных физических свойств, а также перспективными в отношении возможных практических применений. Разнообразие магнитных, магнитоупругих, магнитоэлектрических и других свойств мультиферроиков в значительной степени зависит от электронной структуры и спектра редкоземельных (РЗ) ионов в кристаллах. Одним из перспективных методов получения соответствующей детальной информации о фононных модах и энергетических уровнях РЗ ионов в кристаллическом и обменном (f-d) полях является оптическая спектроскопия.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка сокращений, списка публикаций автора, списка литературы и приложений. Общий объем диссертации составляет 129 страниц, включая 54 рисунка, 16 таблиц и 2 приложения.

В первой главе, которая носит обзорный характер, подробно рассмотрена кристаллическая структура, магнитные, диэлектрические и оптические свойства изучаемых семейств манганитов и ферроборатов. На примере других соединений продемонстрирована высокая эффективность оптических методов исследования их магнитных и термодинамических свойств. Показано, каким образом информация о характере основного состояния РЗ иона позволяет оценить его влияние на магнитную структуру и анизотропные свойства соединений. Обзор соответствующей литературы выполнен квалифицированно и свидетельствует о хорошем знании диссертантом предмета исследований.

Во второй главе описаны конкретные экспериментальные установки, которые были использовались в исследованиях. В своей работе диссертант использовал инфракрасные (ИК) Фурье-спектрометры высокого разрешения фирмы Bruker. Измерения проводились в широком диапазоне температур - от 2.5 К до комнатных.

В третьей главе представлены результаты исследования спектров коэффициентов отражения двух представителей семейства редкоземельных ферроборатов - $GdFe_3(BO_3)_4$ и $TbFe_3(BO_3)_4$. Спектры отражения были измерены в ИК-области ($50-4000\text{ см}^{-1}$) в широком температурном интервале (5-300 К). Известно, что в обозначенном интервале наблюдаются два фазовых перехода - структурный и магнитный. Оба перехода автором наблюдались при исследовании температурной эволюции фононных спектров гадолиниевого (тербиевого) ферробората при температурах $T_S=143$ (200) К и $T_N=32$ (40) К, соответственно. Автором впервые получен полный набор параметров фононных резонансов (частоты, ТО-ЛО расщепления, затухания) для двух структурных фаз соединений. Кроме того, было обнаружено усиление ангармонизма не только при структурном, но также и при магнитном фазовом переходе, что указывает на сильную связь магнитной и решеточной степеней свободы, т.е. на значительную роль спин-фононного взаимодействия. В спектрах $TbFe_3(BO_3)_4$ в работе обнаружен нетривиальный эффект, а именно – эффект связи электронных и фононных мод. Автором установлено, что взаимодействие дважды вырожденной фононной моды $E(\Gamma_3)$ с невырожденными $4f$ электронными возбуждениями тербия приводит к перекачке интенсивности от фононного возбуждения в электронное и к формированию $4f$ экситонов.

Четвертая глава посвящена детальному исследованию оптических спектров пропускания кристаллов $TbMnO_3$ и $DyMnO_3$. Выполненные исследования позволили построить схему штарковских уровней ионов Tb^{3+} и Dy^{3+} для $TbMnO_3$ и $DyMnO_3$, соответственно. В спектрах пропускания $DyMnO_3$ обнаружено присутствие нерегулярных центров тербия, предположительно являющихся антисайтами. Показано, что оба центра Dy^{3+} имеют низкоэнергетические штарковские уровни, наличие которых следует принимать во внимание при анализе низкочастотного спектра возбуждений в кристалле (электромагнонов, спектров КРС). В спектрах $TbMnO_3$ и $DyMnO_3$ обнаружены проявления трех магнитных фазовых переходов. Проведенные исследования показали, что основной крамерсовский дублет иона диспрозия расщепляется на величину $\Delta_0(0) = 11 \pm 2\text{ см}^{-1}$. Показано, что, несмотря на то, что тербий не является крамерсовским ионом, его основное состояние представляет собой случайный дублет. Об этом свидетельствуют два наблюдения: сдвиг спектра в сторону

высоких частот и наличие аномалий в теплоемкости и магнитной восприимчивости, схожих с аномалиями, наблюдающимися в DyMnO_3 . С использованием экспериментальной температурной зависимости $\Delta_0(T)$ в работе выполнен расчет температурной зависимости величины магнитного момента диспрозия и его вклада в теплоемкость и в магнитную восприимчивость. Аналогичный расчет выполнен и для соединения TbMnO_3 . Полученные результаты позволили автору сделать вывод о том, что обмен Dy-Mn имеет тип антисимметричного взаимодействия Дзялошинского-Мория и что коллинеарное антиферромагнитное упорядочение подсистемы Dy при T_N^{Dy} обусловлено в основном симметричным Dy-Dy обменом.

По теме диссертации опубликовано четыре статьи в научных журналах и представлено двенадцать докладов на Российских и международных конференциях.

В целом диссертационная работа Кащенко М.А. выполнена на достаточно высоком научном уровне, в ней получен большой объем новой и важной для исследуемых соединений информации, достоверность которых не вызывает сомнения.

В качестве замечаний можно отметить следующие:

1. В тексте диссертации несколько раз употребляется выражение «модель основного дублета». Этот термин не является общепринятым и требует подробного объяснения.
2. В работе утверждается, что диполь-дипольное взаимодействие для межионного взаимодействия Dy-Dy в DyMnO_3 составляет величину порядка 1.5 К, в то время как фазовый переход происходит при заметно более высокой температуре 7 К. Объяснение, какое же взаимодействие приводит к фазовому переходу, не приводится.
3. В тексте диссертации встречаются описки и неточности. Надписи на рисунках приведены на разных языках – на русском и на английском. Несколько неоднороден стиль формулировки основных результатов.

Отмеченные замечания не снижают общего высокого уровня диссертационной работы. Диссертант показал хорошее владение методиками инфракрасной Фурье-спектроскопии, умение анализировать получаемые результаты в контексте известных литературных данных. Результаты работы опубликованы в достаточно высокорейтинговых научных журналах, докладывались на Российских и международных конференциях и поэтому можно считать, что они хорошо известны научной общественности. Автореферат правильно и полностью отражает содержание работы, основные её выводы соответствуют тексту диссертации.

Считаю, что диссертационная работа «Спектроскопия мультиферроиков: взаимодействие решеточных, спиновых и электронных возбуждений в ферроборатах $R\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ ($R=\text{Gd}, \text{Tb}$) и манганитах $R\text{MnO}_3$ ($R=\text{Tb}, \text{Dy}$)» удовлетворяет всем

критериям, предъявляемым к кандидатским диссертациям в соответствии с п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, а ее автор - Кащенко Михаил Алексеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.05 - оптика.

Официальный оппонент,
доктор физ.-мат. наук, доцент

Горшунов Б.П.
28.09.2016

Адрес: ИОФ РАН, 119991, Москва, ул. Вавилова, 38

Тел.: +7(499)503-8212

e-mail.: bpgorshunov@gmail.com

Подпись д.ф.-м.н. Горшунова Б.П. заверяю:

Ученый секретарь ИОФ РАН

д. ф.-м. н.



Андреев С.Н.