

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Алероевой Тамилы Ахмадовны «Структурные особенности, магнитные и ядерно-магнитные свойства фаз Лавеса $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{1-x}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$ », представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по двум специальностям 1.3.8 – физика конденсированного состояния и 1.3.12 – физика магнитных явлений

В связи с поиском новых магнитных материалов в последнее время привлекают к себе большое внимание интерметаллические соединения редкоземельных сплавов (РЗМ) с переходными $3d$ -металлами (Fe, Co, Ni). В данном классе соединений особый интерес вызывают соединения типа фаз Лавеса RM_2 . Благодаря особенностям кристаллографической и магнитной структуры, эти сплавы являются, с одной стороны, удобными модельными объектами для исследования ряда фундаментальных проблем современной физики конденсированного состояния, в том числе – установление взаимосвязи между электронными характеристиками атомов или ионов, составляющих твердое тело, и его физическими свойствами.

С другой стороны, благодаря их выдающимся магнитным свойствам, таким как «гигантская» магнитострикция, большой магнитокалорический эффект и достаточно высокие температуры Кюри, фазы Лавеса являются перспективными материалами для новой техники. Поэтому систематическое изучение как структурных, так и магнитных фазовых переходов представляет собой достаточно актуальную задачу. Именно в области разнообразных фазовых переходов возникают многие уникальные, практически важные свойства твердых тел. Поэтому исследования, проведенные в рамках данной диссертационной работы, дают возможность решить важную научно-

техническую задачу – поиск нового типа магнитных материалов с высокими магнитострикционными параметрами для новой инновационной техники.

В диссертационной работе Т.А. Алероевой представлены результаты исследования структуры, фазового состава, магнитных и магнитоупругих свойств, обменных и сверхтонких взаимодействий в сплавах редкоземельных интерметаллидов: $\text{Sm}_{0.2}\text{Tb}_{0.8}\text{Fe}_2$, $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{0.8}\text{Y}_{0.2})_{0.8}\text{Fe}_2$, $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{0.6}\text{Y}_{0.4})_{0.8}\text{Fe}_2$, $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{0.4}\text{Y}_{0.6})_{0.8}\text{Fe}_2$, $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{0.2}\text{Y}_{0.8})_{0.8}\text{Fe}_2$ и $\text{Sm}_{0.2}\text{Y}_{0.8}\text{Fe}_2$.

Диссертация Алероевой Т.А. представлена на 113 страницах, содержит введение, пять глав, заключение, основные результаты и выводы, список цитируемой литературы.

Во введении изложены актуальность темы, цель и задачи исследования, научная и практическая значимость, сформулированы положения, выносимые на защиту, обозначена связь работы с научными программами и грантами, а также соответствие диссертации паспортам двух научных специальностей 1.3.8 – физика конденсированного состояния и 1.3.12 – физика магнитных явлений.

Первая глава диссертации посвящена описанию структуры интерметаллических соединений с общей формулой RM_2 (R – РЗМ, M – Fe), типов и характера обменных взаимодействий в них, природы локальных полей на ядрах редкоземельных элементов, $3d$ -переходных элементов в магнитоупорядоченных веществах, а также приведен краткий обзор современного состояния названной проблемы в области исследования квазибинарных редкоземельных интерметаллидов.

Во второй главе приведены объекты исследования, описаны условия их синтеза. Представлены методики исследования, использованные в данной работе.

Третья глава посвящена результатам исследования структуры, магнитных свойств и сверхтонких взаимодействий в фазах Лавеса $\text{Sm}_{0.2}R_{0.8}\text{Fe}_2$ (где $R = \text{Tb}$ и Y), т.е. сплавов $\text{Sm}_{0.2}\text{Tb}_{0.8}\text{Fe}_2$ и $\text{Sm}_{0.2}\text{Y}_{0.8}\text{Fe}_2$.

Приведены температурные и полевые зависимости намагниченности, продольной и поперечной магнитострикции от низких до комнатных температур. Определены все магнитные и магнитострикционные характеристики сплавов $\text{Sm}_{0.2}\text{Tb}_{0.8}\text{Fe}_2$ и $\text{Sm}_{0.2}\text{Y}_{0.8}\text{Fe}_2$. Проведено сравнение полученных результатов с литературными данными, получено хорошее согласие по численным значениям температур Кюри сплавов, магнитных моментов и констант магнитострикции.

В процессе выполнения этой задачи были изучены спин-ориентационные магнитные фазовые превращения, сопровождающиеся дисторсионными деформациями исходной кубической структуры указанных интерметаллидов, вызванные спонтанной магнитострикцией, которая возникает при температурах ниже температуры Кюри. Определены температуры спиновой переориентации для соединения $\text{Sm}_{0.2}\text{Y}_{0.8}\text{Fe}_2$: $T_{\text{спн1}} = 195 \text{ K}$, $T_{\text{спн2}} = 75\text{-}80 \text{ K}$.

В четвертой главе продолжены те же исследования, что и в третьей, только объекты исследования – квазитернарные соединения данной системы: $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{0.8}\text{Y}_{0.2})_{0.8}\text{Fe}_2$, $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{0.6}\text{Y}_{0.4})_{0.8}\text{Fe}_2$, $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{0.4}\text{Y}_{0.6})_{0.8}\text{Fe}_2$, $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{0.2}\text{Y}_{0.8})_{0.8}\text{Fe}_2$. Для указанных сплавов, кроме магнитных и магнитострикционных характеристик изучены и сверхтонкие взаимодействия на ядрах ^{57}Fe и определены все параметры сверхтонкого спектра.

Далее, установлены закономерности поведения всех установленных параметров сплавов системы от концентрации вводимого иттрия при значениях параметра замещения $x = 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8$ и 1.0 .

В данной главе разными методами, включая измерения ас-восприимчивости, установлена концентрационная зависимость температуры Кюри сплавов системы.

Экспериментальные значения магнитного момента соединений сравнены с расчетными значениями этой же характеристики, рассчитанной на основе ферримагнитной модели.

Обнаружено явления взаимной магнитной компенсации редкоземельной и железной подрешеток в области концентрации иттрия $x = 0.6$, что хорошо согласуется с расчетным значением параметра замещения $x = 0,58$.

Определено, что наблюдается достаточно сложная зависимость констант магнитострикции от приложенного внешнего магнитного поля и температуры. И по температуре, и по концентрации иттрия наблюдается явление инверсии знака констант магнитострикции. Инверсия знака констант магнитострикции обнаружена в области концентраций иттрия, соответствующих значению параметра замещения $x = 0.6 - 1$.

По данным дифрактометрических исследований, полученным с использованием разработанной проф. Илюшиным А.С. в МГУ им. М.В. Ломоносова оригинальной методики, основанной на расщеплении (трансформации) определенных пиков резонансного отражения в зависимости от типа искажения кристаллической решетки, дополненными исследованием теплового расширения через каждый 1 град., построена спин – переориентационная магнитная фазовая диаграмма для исследованной системы $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{1-x}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$.

Пятая глава диссертации содержит результаты исследования намагниченности системы в стационарных до 14 Тл и импульсных магнитных полях до 60 Тл в интервале температур от 4,2 до 300 К.

Исследования в статических полях показали, что кривые намагниченности соединений $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{1-x}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$ достаточно быстро выходят на насыщение. Эта же картина наблюдается и в импульсных полях. Были определены величины значений намагниченности насыщения, которые хорошо соотносятся с теоретическими расчетами. Исследования в импульсных полях до 60 Тл показали, что данных полей недостаточно для наблюдения, индуцированного внешним магнитным полем ферромагнитного состояния в соединениях $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{1-x}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$.

В работе впервые проведены обширные, систематические исследования структурных, магнитных и магнитострикционных свойств, обнаружено наличие структурных и спин-ориентационных фазовых переходов, исследовано изменение температуры этих переходов в зависимости от содержания иттрия, экспериментально определены константы продольной и поперечной магнитострикции, тепловое расширение сплавов, ядерно-спектроскопическими методами определены ядерно-магнитные характеристики сплавов.

В результате указанных исследований в диссертационной работе установлены закономерности, которые могут сыграть важную роль в формировании оптимальных магнитострикционных свойств в редкоземельных интерметаллидах.

К несомненным достоинствам работы относится:

1. Все полученные результаты подвергаются анализу и обсуждению на основе конкуренции обменных взаимодействий, действующих между ионами атомов, из которых состоят данные сплавы. Их в системе 5 типов: Fe–Fe, Tb–Tb, Sm–Sm, Tb–Fe, Sm–Fe.
2. Определение концентрации иттрия, где удалось практически скомпенсировать магнитокристаллическую анизотропию. Это сплав $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{0.4}\text{Y}_{0.6})_{0.8}\text{Fe}_2$.
3. Состав $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{0.4}\text{Y}_{0.6})_{0.8}\text{Fe}_2$ также демонстрирует явление магнитной компенсации по температуре при $T = 140$ К. В этой же области происходит магнитный фазовый переход из ферримагнитного в ферромагнитное состояние сплавов при комнатной температуре.
4. Установление взаимной корреляции найденных сверхтонких параметров для всех исследуемых составов.

Т.А. Алероева проявила несомненные способности к экспериментальной работе. Достоверность и обоснованность научных результатов ее диссертационной работы определяется тем, что они получены на основе комплексных измерений, выполненных с использованием надежных методик и высококачественного оборудования, качественных образцов, состав которых контролировался современными физико-химическими методами, сопоставлением полученных результатов с данными других исследователей. Представленные в диссертации материалы неоднократно докладывались на международных и научно-практических конференциях и симпозиумах, основные результаты своевременно публиковались в печати и хорошо известны научной общественности.

Диссертация Т.А. Алероевой представляет собой цельное, законченное исследование, выполненное на высоком научном уровне.

Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

По работе, тем не менее, можно сделать следующие замечания:

1. Хорошо известно, что сплавы редкоземельных металлов с $3d$ -переходными элементами обладают не только выдающимися магнитоупругими свойствами, но и являются перспективными материалами для использования в криогенных устройствах для создания магнитных охладителей. С этой точки зрения было бы целесообразно поставить вопрос об изучении магнитотепловых явлений в изученных системах с целью выявления магнитокалорических эффектов и магнитных аномалий теплоемкости и теплопроводности.

2. Одной из «изюминок» работы является эффект смены знака коэффициентов продольной и поперечной магнитострикции (инверсия знака) при изменениях температуры или концентрации. Было бы интересным исследование этого явления на других сплавах для получения обоснованного заключения, является ли эффект инверсии знака констант магнитострикции

общим для какого-то класса материалов или это особенность только этой системы.

3. Некоторые технические ошибки и в тексте диссертации, и в автореферате.

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки работы. Содержание, объекты исследования и научные результаты соответствуют формуле и пункту 3 «Изучение экспериментального состояния конденсированных веществ (сильное сжатие, ударные воздействия, изменение гравитационных полей, низкие температуры), фазовых переходов в них и их фазовые диаграммы состояния» паспорта специальности 1.3.8 – физика конденсированного состояния, а также пункту 3 «Экспериментальные исследования магнитных свойств и состояний веществ различными методами, установление взаимосвязи этих свойств и состояний с химическим составом и структурным состоянием, выявление закономерностей их изменения под влиянием различных внешних воздействий» паспорта специальности 1.3.12 – физика магнитных явлений.

Автореферат и публикации автора полностью отражают основные результаты, приведенные в диссертации.

Заключение

В целом диссертация Алероевой Т.А. выполнена на достаточно высоком научном уровне и может характеризоваться как завершенная научно-квалификационная работа, в которой представлены результаты, имеющие большое значение для развития физики конденсированного состояния и физики магнитных явлений.

По своему научному уровню, новизне и практической значимости полученных результатов диссертация Алероевой Т.А. «Структурные особенности, магнитные и ядерно-магнитные свойства фаз Лавеса $\text{Sm}_{0,2}(\text{Tb}_{1-x}\text{Y}_x)_{0,8}\text{Fe}_2$ », полностью соответствует критериям пунктов 9 – 14 действующего

«Положения о присуждении учёных степеней» в редакции Постановления Правительства РФ от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, а её автор, **Алероева Тамила Ахмадовна**, безусловно, заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по двум специальностям **1.3.8 – физика конденсированного состояния** и **1.3.12 – физика магнитных явлений**.

14.11.2021 г.

Официальный оппонент:

А.Г. Рудская

доктор физико-математических наук,
(специальность 01.04.07 – физика конденсированного состояния)
профессор кафедры «Нанотехнология»

ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

(Адрес: 344090, ул. Зорге, 5, г. Ростов-на-Дону, Ростовская обл.

Тел. +7(863)2975120; e-mail: agrudskaya@sfedu.ru,

<https://phys.sfedu.ru>)

Даю согласие на обработку персональных данных