

О Т З Ы В

официального оппонента на диссертацию Тамилы Ахмадовны Алероевой «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 специальностям 1.3.8 - физика конденсированного состояния и 1.3.12 - физика магнитных явлений

Одной из важнейших задач физики конденсированного состояния и современного материаловедения является поиск новых магнитных материалов с высокими магнитострикционными параметрами.

В связи с этим последние несколько десятилетий привлекают к себе пристальное внимание интерметаллические соединения редкоземельных металлов с 3d - переходными металлами (Mn, Fe, Co и Ni). Наиболее интересны интерметаллические соединения стехиометрии RM_2 (R - редкоземельный элемент, M - 3d - металл). Указанные соединения обладают одной из структур фаз Лавеса, кубической C15 или гексагональной C14.

Фазы Лавеса сочетают в себе относительно простую кристаллическую структуру и уникальные магнитные свойства, такие как, например, гигантская магнитострикция и большой магнитокалорический эффект. Более того, их магнитные свойства определяются, в основном, их структурными особенностями.

Наиболее интересны с этой точки зрения многокомпонентные сплавы на основе сочетания в одной подрешетке различных редкоземельных элементов для изучения возможности формирования новых магнитных материалов с заданным комплексом физико-химических характеристик.

Важность исследования магнетизма соединений типа фаз Лавеса в практическом отношении вытекает из того, что эти материалы являются

перспективными для применения в качестве магнитострикционных элементов в ряде устройств ультразвуковой техники, автоматики, оптоэлектроники и радиотехники.

Поэтому получение новых сплавов и изучение структурных и магнитных фазовых превращений в них является одним из важных направлений физики редкоземельных интерметаллидов.

С этой точки зрения тема настоящей диссертационной работы, посвященная комплексному исследованию фазового состава, атомно-кристаллической структуры, магнитных свойств, а также обменных и сверхтонких взаимодействий в многокомпонентных фазах Лавеса кубической симметрии $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{1-x}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$, является достаточно актуальной и перспективной для дальнейшего научного поиска.

Диссертация содержит введение, пять глав, заключение и список цитируемой литературы.

В первой главе рассмотрены структура интерметаллических соединений с общей формулой RM_2 (где R - РЗЭ, а М - 3d-переходной металл), характер обменных взаимодействий в них, природа локальных полей на ядрах редкоземельных и 3d-переходных элементов в магнитоупорядоченных веществах, а также приведен краткий обзор типов структурных, магнитных, спин-ориентационных фазовых переходов.

Во второй главе описаны способы приготовления образцов, их аттестация, установки для измерения намагниченности в статических и импульсных магнитных полях, теплового расширения, магнитострикции и эффекта Мессбауэра, приведены ошибки измерений. С помощью метода атомно-силовой микроскопии были проведены исследования состояния поверхности полученных образцов.

В третьей главе приведены результаты исследования атомно-кристаллической структуры, тепловых, магнитных и магнитострикционных свойств крайних для данной системы сплавов $\text{Sm}_{0.2}\text{Tb}_{0.8}\text{Fe}_2$ и $\text{Sm}_{0.2}\text{Y}_{0.8}\text{Fe}_2$.

Дифрактометрическое исследование структуры сплавов в широком температурном интервале от 90 до 760 К показало, что данные составы обладают структурой кубической фазы Лавеса $C15$ с некоторыми ромбоэдрическими искажениями элементарной ячейки в составе с Tb.

Представлены результаты исследования намагниченности указанных сплавов в интервале температур от 4,2 до 300 К в полях до 12 кЭ ($Sm_{0.2}Y_{0.8}Fe_2$) и в полях до 14 Тл ($Sm_{0.2}Tb_{0.8}Fe_2$). Определены основные магнитные характеристики сплавов: намагниченность насыщения, температуры Кюри, магнитный момент на формульную единицу и магнитный момент на атоме железа.

Исследованы температурные и полевые зависимости продольной и поперечной магнитострикции в полях до 12 кЭ и в интервале температур от 85 до 320 К. Обнаружено, что при низких температурах преобладает вклад в магнитострикцию от подрешетки Sm, в то время как при высоких температурах становится доминирующим вклад от подрешетки железа.

В четвертой главе приведены результаты исследования магнитных и магнитострикционных свойств и сверхтонких взаимодействий во всех сплавах системы $Sm_{0.2}(Tb_{1-x}Y_x)_{0.8}Fe_2$, где $x = 0.2, 0.4, 0.6$ и 0.8 , а затем исследованы концентрационные зависимости магнитных и сверхтонких характеристик совместно с данными для крайних составов, для которых $x = 0$ и 1.0 . Кроме того, привлечены исследования ас-восприимчивости для определения температур магнитного упорядочения - температур Кюри сплавов.

Исследования намагниченности в стационарных и сильных магнитных полях в широком температурном интервале от 4,2 до 300 К показали, что кривые намагниченности соединений $Sm_{0.2}(Tb_{1-x}Y_x)_{0.8}Fe_2$ достаточно быстро выходят на насыщение. Кроме того, в системе $Sm_{0.2}(Tb_{1-x}Y_x)_{0.8}Fe_2$ наблюдается явление магнитной компенсации по концентрации и по температуре.

В результате исследования полевых и температурных зависимостей продольной, поперечной, объемной и анизотропной магнитострикции

соединений $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{x-1}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$ обнаружена инверсия знака констант магнитострикции в области концентраций иттрия, соответствующих значению параметра замещения $x = 0.6 - 1$. Анализ полученных магнитострикционных данных свидетельствует об аддитивности вкладов в магнитострикцию от подрешеток железа, самария и тербия, а также о преобладании одноионного механизма возникновения магнитострикционных деформаций.

Определены зависимости изотропного и анизотропного сверхтонких полей на ядрах ^{57}Fe , константы квадрупольного расщепления и изомерного сдвига мессбауэровской линии в системе $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{x-1}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$ в зависимости от концентрации ионов иттрия, замещающих высокоанизотропные ионы тербия. Установлена взаимная корреляция найденных сверхтонких параметров для всех исследуемых составов. Обнаружено, что при изменении соотношения атомов Tb и Y, окружающих атом Fe, плотность заряда s-электронов на ядре ^{57}Fe остается постоянной.

Пятая глава посвящена исследованию магнитных свойств сплавов системы $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{1-x}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$ в статистических (до 14 Тл) и импульсных магнитных полях (до 60 Тл). 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 в сильных полях. 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 данной системы.

Автором проведена большая и трудоемкая работа по комплексному исследованию сплавов системы $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{1-x}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$, обладающих структурой фазы Лавеса типа C15.

К наиболее значимым научным результатам считают можно отнести:

1. Установление для исследованной системы кристаллоструктурных, магнитных, магнитострикционных, тепловых и ядерно-магнитных характеристик, изучение структурно-магнитных и спин-ориентационных фазовых переходов. Построение магнитной фазовой диаграммы системы $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{1-x}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$.
2. Обнаружение явления магнитной компенсации в сплаве данной системы, параметр замещения для которого $x = 0.6$, т.е. система $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{x-1}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$ (где $0 \leq x \leq 1$) имеет компенсационный состав, близкий к экспериментально полученному составу, при параметре замещения $x = 0.58$. При $T = 140$ К 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. Установлено, что магнитоструктурный фазовый переход, который демонстрирует бинарное соединений SmFe_2 , сохраняется и в замещенном составе $\text{Sm}_{0.2}\text{Y}_{0.8}\text{Fe}_2$. Как результат, в соединениях SmFe_2 и $\text{Sm}_{0.2}\text{Y}_{0.8}\text{Fe}_2$ сохраняется ромбоэдрическая структура при понижении температуры до 175 -190 К. При дальнейшем уменьшении температуры вектор спонтанного магнитного момента находится в плоскости (110), затем магнитный момент достигает оси $\langle 110 \rangle$.
3. Установление факта аддитивности вкладов в магнитострикцию от подрешеток железа, самария и тербия, а также о преобладании одноионного механизма возникновения магнитострикционных деформаций.
4. Исследование ядерно - магнитных свойств сплавов системы $\text{Sm}_{0.2}(\text{Tb}_{x-1}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$. Изучение сверхтонких взаимодействий на ядрах ^{57}Fe и установление параметров сверхтонкого спектра, а также их взаимной корреляции.

Достоверность результатов диссертации и обоснованность выводов следуют из комплексного исследования одних и тех же образцов большим

арсеналом методов физического исследования, тщательного анализа экспериментальных данных.

Работа выполнена на 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.

Все научные положения и выводы, представленные в настоящей работе достаточно обоснованы и аргументированы.

Приведенные в работе результаты представляют большой научный и практический интерес.

По результатам диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Согласно результатам исследований системы $\text{Sm}_{0.2} (\text{Tb}_{x-1}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$ следует, что при комнатной температуре SmFe_2 обладает спонтанной магнитострикцией, сравнимой с магнитострикцией соединения TbFe_2 во внешнем магнитном поле. На мой взгляд, было бы желательно провести исследование констант магнитострикции для сплавов указанной системы в приложенном поле.
2. Утверждение автора о том, что в определенной температурной области на спин-ориентационной диаграмме системы $\text{Sm}_{0.2} (\text{Tb}_{x-1}\text{Y}_x)_{0.8}\text{Fe}_2$ существует область угловых магнитных фаз, не мешало бы подтвердить с помощью метода магнитной нейтронографии.
3. Небрежно оформлены рисунки 41 и 43. Составы сплавов системы на рисунках приведены с ошибками.

Сделанные замечания не снижают общей положительной оценки работы в целом и не влияют на достоверность, научное и практическое значение основных результатов диссертации.

Автореферат и 8 опубликованных в ведущих научных журналах работ достаточно полно отражают основное содержание диссертации.

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 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 ему учёной степени кандидата физико-математических наук по специальностям 1.3.8 - Физика конденсированного состояния и 1.3.12 - Физика магнитных явлений.

10.11.2021 г.

Официальный оппонент:

А.Х. Матиев

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры общей физики
ФГБОУ ВО «Ингушский государственный
университет», профессор
(Адрес: 386001 РИ, г. Магас, пр. И.Б. Зязикова,7
Тел. +7(928) 747 15 20; e-mail: matiyev-akhmet@yandex.ru)

Подпись профессора А.Х. Матиева заверяю:

Проректор по НР

ФГБОУ ВО «Ингушский государственный
университет», доктор техн. наук, профессор

М.А. Дзауров

11.10 . 2021 г.