

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
Челябинского государственного  
университета  
профессор Мельников А.В.



«03» декабря 2013 г.

### ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу Ждановой Ольги Викторовны «Магнитные свойства, процессы перемагничивания и доменная структура орторомбических магнетиков FeV и Co<sub>3</sub>V», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

В последние годы интерес к магнитным материалам для практических применений в качестве постоянных магнитов в значительной степени сместился на материалы с повышенным содержанием 3d-металлов, таких как железо и кобальт. Это связано, с одной стороны, с резким повышением цен на мировом рынке на редкоземельные металлы, а с другой стороны, объясняется тем фактом, что до настоящего времени не удается найти достойной альтернативы постоянным магнитам на основе системы неодим-железо-бор, на которых в настоящее время получено наивысшее на сегодня энергетическое произведение  $\approx 60$  МГс·Э. Поэтому значительный интерес представляет анализ магнитных свойств соединений, образующихся в тройной системе неодим-железо-бор, и уточнение их роли в формировании высококоэрцитивного состояния.

В связи с этим, выбор соединений FeV и Co<sub>3</sub>V в качестве объектов исследования в диссертационной работе Ждановой Ольги Викторовны «Магнитные свойства, процессы перемагничивания и доменная структура орторомбических магнетиков FeV и Co<sub>3</sub>V» представляется удачным, так как фазы такого состава могут появляться в сплавах системы неодим-железо-бор при легировании их кобальтом и другими металлами с целью улучшения эксплуатационных свойств синтезируемых на основе этой системы постоянных магнитов.

Соединения FeV и Co<sub>3</sub>V исследованы недостаточно, определены только кристаллическая структура и параметры решетки этих соединений, имеются сведения о намагниченности и температуре Кюри. Однако нет систематических данных о характере их магнитокристаллической анизотропии и микромагнитных параметрах, необходимых для анализа процессов перемагничивания, не построена магнитная фазовая диаграмма орторомбических магнетиков.

В связи с вышеизложенным, по постановке задачи, выбору объектов исследования, возможностям практического использования полученных результатов тематика диссертационной работы Ждановой О.В., несомненно, является актуальной.

Диссертационная работа Ждановой О.В. представляет собой комплексное исследование, включающее в себя систематическое теоретическое исследование магнитокристаллической анизотропии орторомбических магнетиков, анализ процессов перемагничивания в них и экспериментальное изучение магнитных характеристик и доменной структуры соединений FeV и Co<sub>3</sub>V.

В качестве наиболее важных и интересных новых научных результатов работы можно назвать следующие.

1. Результаты систематического анализа магнитокристаллической анизотропии орторомбического магнетика в рамках феноменологического подхода.
2. Анализ в рамках теории фаз Нееля кривых намагничивания орторомбических магнетиков и сопоставление их с экспериментальными данными магнитных измерений монокристаллов FeV.
3. Данные о магнитокристаллической анизотропии соединений FeV и ее температурном поведении.
4. Полученные впервые данные о доменных структурах соединений FeV и Co<sub>3</sub>V и аналитические выражения для анализа микромагнитных параметров материалов с орторомбической кристаллической решеткой.

Достоверность полученных в работе Ждановой О.В. новых научных результатов связана с использованием проверенных математических методов анализа магнитной анизотропии и процессов намагничивания, тщательной аттестацией объектов исследования, на которых выполнялись магнитные измерения. Так, для аттестации объектов исследования применялись рентгеноструктурный и рентгенофазовый анализы,

металлографический анализ, методы магнитной и атомно-силовой микроскопии, исследование фазового и элементного состава на растровом электронном микроскопе. Для исследования магнитной доменной структуры использован ряд методов: магнитооптический метод Керра, метод порошковых фигур Акулова-Биттера и метод тонкопленочного индикатора, позволившие получить достаточно полную информацию о доменной структуре, формирующейся в рассматриваемых материалах, и предложить ее модель.

Научные положения, выводы и рекомендации диссертационной работы Ждановой О.В. являются хорошо обоснованными. Они базируются на результатах систематического теоретического анализа магнитокристаллической анизотропии и процессов намагничивания орторомбических магнетиков, которые согласуются с полученными автором экспериментальными данными магнитных измерений и анализа магнитной доменной структуры.

Как уже отмечалось выше, большинство научных результатов, полученных в работе, Ждановой О.В. являются новыми и полезными в теоретическом плане для более глубокого понимания физики процессов перемагничивания в орторомбических магнетиках и развития физики процессов перемагничивания.

Практическая значимость работы Ждановой О.В. обусловлена тем, что результаты работы могут быть использованы при прогнозировании магнитных свойств и расчете микромагнитных параметров магнетиков с орторомбической кристаллической решеткой. В частности, из работы следует, что соединения  $\text{FeV}$  и  $\text{Co}_3\text{V}$  по своим характеристикам могут только отрицательным образом влиять на свойства магнитов типа неодим-железо-бор.

Автореферат полностью отражает содержание диссертационной работы, а ее результаты являются хорошо апробированными, они докладывались на всероссийских и международных научных конференциях, опубликованы в 10 публикациях, в том числе 3 публикациях в журналах из списка ВАК.

Вместе с тем по диссертационной работе Ждановой О.В. можно сделать следующие замечания:

1. Исследования равновесных состояний ромбических магнетиков при использовании феноменологического подхода проводились и ранее, однако это не нашло отражение в диссертационной работе.

2. В работе впервые исследована магнитокристаллическая анизотропия соединения FeV и получены температурные зависимости первой и второй констант анизотропии, следовало бы выполнить анализ их температурного поведения в рамках существующих моделей с целью уточнения природы анизотропии в данном соединении.
3. Не выполнен количественный анализ магнитной доменной структуры с использованием предложенной в работе модели доменной структуры орторомбического кристалла, хотя все необходимые для этого данные в работе имеются. Это можно было сделать на примере доменной структуры соединения FeV.
4. На рис 4.26 и 4.29, явно видны особенности доменных границ в соединении FeV, но никаких комментариев на этот счет в работе не приводится.
5. Следовало привести в работе описание использованной для выявления доменной структуры техники пленочного индикатора. Не указаны состав и тип анизотропии пленки, а также разрешающая способность данного метода.

Отмеченные недостатки не снижают общего положительного впечатления от работы, не влияют на достоверность положений и выводов, сформулированных в ней, и носят скорее характер пожеланий, которые следует учесть в дальнейших исследованиях.

Материалы диссертационной работы Ждановой О.В. могут быть использованы вузами, научными организациями и предприятиями, занимающимися проблемами физического материаловедения и разработкой новых функциональных магнитных материалов, таких как Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова РАН (г. Москва), Институт физики металлов УрО РАН (г. Екатеринбург), Московский Государственный Университет им. М.В. Ломоносова (г. Москва), Уральский Федеральный Университет (г. Екатеринбург), Уфимский государственный авиационный технический университет (г. Уфа), Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН (г. Москва), НИИ материаловедения НИИМВ (г. Зеленоград), Государственный институт редких металлов (Гиредмет) (г. Москва), ОАО

НПО «Магнетон» (г. Владимир), НПО «Комполит» (г. Королев), ФГУП «Спецмагнит» (г. Москва) и др.

В целом диссертационная работа Ждановой О.В. «Магнитные свойства, процессы перемагничивания и доменная структура орторомбических магнетиков FeV и Co<sub>3</sub>V» представляет собой квалификационную работу, которая по объему и оригинальности экспериментальных результатов, достоверности, научной и практической значимости выводов соответствует критериям Положения ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Жданова О.В. заслуживает присуждения искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11-физика магнитных явлений.

Отзыв рассмотрен и одобрен на заседании кафедры 21 ноября 2013г., протокол № 9

Заведующий кафедрой физики  
конденсированного состояния  
ФГБОУ ВПО «ЧелГУ»  
д.ф.-м.н., профессор

В.Д. Бучельников

Декан физического факультета  
ФГБОУ ВПО «ЧелГУ»  
д.ф.-м.н.

С.В. Таскаев

Подписи В.Д. Бучельникова и С.В. Таскаева заверяю

Начальник отдела кадров  
ФГБОУ ВПО «ЧелГУ»



С.С. Мальцев

03.12.2013

