

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Ждановой Ольги Викторовны «Магнитные свойства, процессы перемагничивания и доменная структура орторомбических магнетиков FeB и Co<sub>3</sub>B» на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений

Диссертационная работа Ждановой О.В. посвящена исследованию магнитных свойств, процессов перемагничивания, а также доменной структуры орторомбических ферромагнитных боридов FeB и Co<sub>3</sub>B.

Магнетики с орторомбической кристаллической структурой изучаются длительное время. Однако подавляющее большинство магнитных материалов подобного типа проявляют ферромагнитные свойства при температурах значительно ниже 0°С. Вероятно, именно этим объясняется тот факт, что встречающаяся информация о типе магнитокристаллической анизотропии, механизмах перемагничивания и доменной структуре орторомбических ферромагнетиков весьма ограничена. В то же время эти соединения являются перспективными для применения в качестве материалов для создания безредкоземельных постоянных магнитов. Таким образом, исследование соединений FeB и Co<sub>3</sub>B весьма актуально с точки зрения поиска новых магнитных материалов, не содержащих редкоземельные металлы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, выводов и списка цитированной литературы из 70 наименований. Оригинальная часть работы изложена в 10 научных публикациях автора, из них 3 работы опубликованы в журналах из перечня ВАК.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, а также сформулированы цель и задачи исследования.

Первая глава содержит достаточно подробный обзор литературы по теме диссертационной работы. Проанализированы имеющиеся данные о ферромагнитных соединениях с орторомбической кристаллической структурой. Подробно рассмотрено современное состояние исследований

магнитных материалов данного типа. Также описаны известные доменные структуры для магнетиков с различными типами магнитокристаллической анизотропии.

Во второй главе автор дает описание процесса изготовления объектов исследования, описывает методики подготовки образцов, проведения магнитных измерений и структурных исследований.

В третьей главе приводятся результаты теоретического рассмотрения магнитокристаллической анизотропии и процессов намагничивания орторомбических ферромагнетиков. Впервые проведенный теоретический анализ магнитокристаллической анизотропии орторомбических магнетиков в рамках феноменологического подхода позволил определить положения легких и трудных осей намагничивания в орторомбических ферромагнетиках. Необходимо отметить, что анализ процесса намагничивания орторомбических ферромагнетиков в рамках модели фаз Нееля также выполнен впервые. Показано, что кривые намагничивания вдоль оси легкого намагничивания и перпендикулярно оси легкого намагничивания магнетиков с орторомбической кристаллической структурой носят линейный характер.

Четвертая глава содержит результаты проведенных автором экспериментальных исследований процессов намагничивания орторомбических ферромагнитных соединений  $\text{FeV}$  и  $\text{Co}_3\text{V}$ , а также их доменной структуры. Значительный интерес представляют данные о константах магнитокристаллической анизотропии соединений  $\text{FeV}$  и их зависимости от температуры. Также впервые получены картины доменных структур орторомбических соединений  $\text{FeV}$  и  $\text{Co}_3\text{V}$ . Результаты теоретических исследований хорошо согласуются с полученными экспериментальными данными.

Автором дано подробное и очень четкое теоретическое описание процессов намагничивания орторомбических ферромагнетиков, а также проведен анализ магнитокристаллической анизотропии орторомбических

магнетиков в рамках феноменологического подхода с применением проверенных методик математического анализа.

В работе использованы разнообразные экспериментальные методики. Все вышесказанное свидетельствует о достоверности полученных в работе результатов. Большая часть научных результатов диссертационной работы получена впервые.

Автор успешно справился с задачами, поставленными в диссертационной работе. К наиболее значимым новым научным результатам можно отнести:

1. Результаты детального теоретического анализа процессов намагничивания в рамках модели фаз Нееля могут быть использованы при анализе процессов перемагничивания ферромагнитных материалов.
2. Температурные зависимости констант магнитокристаллической анизотропии соединения FeB определены по результатам высокотемпературных измерений кривых намагничивания монокристаллов FeB вдоль различных кристаллографических направлений.
3. Впервые получены и детально описаны картины доменных структур орторомбических ферромагнитных боридов FeB и Co<sub>3</sub>B.

Научные положения, выводы и рекомендации, сформулированные автором в диссертационной работе являются хорошо обоснованными, поскольку основаны на детальном анализе магнитокристаллической анизотропии и процессов намагничивания орторомбических ферромагнетиков.

Диссертация выполнена на высоком теоретическом и экспериментальном уровне и в целом производит благоприятное впечатление. Однако можно сделать некоторые замечания:

1. В диссертации довольно подробно исследованы процессы намагничивания орторомбических ферромагнетиков на примере соединения FeB, однако ничего не сказано о коэрцитивности

исследованных образцов и перспективах их использования в качестве постоянных магнитов.

2. Не вполне ясен фазовый состав образцов  $\text{Co}_3\text{V}$ , на которых проводились исследования. По данным рис. 4.4 (с. 102) утверждается, что после гомогенизации содержание второй фазы составляет не более 10 об.%, а далее на с. 103 приводятся цифры 45% фазы  $\text{Co}_2\text{V}$  и 55%  $\text{Co}$ .
3. Автором продемонстрированы хорошие навыки металлографического анализа и его эффективность для сплавов  $\text{Co-V}$ . Остаётся неясной причина отсутствия аналогичных данных по сплавам железо-бор.
4. Было бы полезно провести обсуждение причин разного вида картин доменной структуры, выявленной индикаторными плёнками (рис. 4.24 а и б) и методом эффекта Керра (рис. 4.24в – е).
5. Работа в целом написана ясным и грамотным языком. Вместе с тем имеются отдельные мелкие погрешности – непонятна подпись к рис. 1.15 (по-видимому, что-то пропущено); на страницах 80 и 84 утверждается «...угол  $\theta$  – острый, т.е.  $0 \leq \theta \leq \pi$ ...»; встречаются нерасшифрованные аббревиатуры на английском языке.

Сделанные замечания носят рекомендательный характер и не снижают значимость и ценность работы.

Автореферат и публикации полностью отражают содержание диссертационной работы, а ее результаты являются хорошо апробированными, они докладывались на всероссийских и международных научных конференциях.

В целом диссертационная работа Ждановой О.В. «Магнитные свойства, процессы перемагничивания и доменная структура орторомбических магнетиков  $\text{FeV}$  и  $\text{Co}_3\text{V}$ » представляет собой квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне и соответствующую критериям ВАК РФ, а ее автор Жданова Ольга Викторовна заслуживает присуждения

искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности  
01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Кандидат физико-математических наук,  
доцент кафедры технологии металлов  
и материаловедения

Тверского государственного  
технического университета



Афанасьева Людмила Евгеньевна

Подпись Афанасьева Л. Е.  
**УДОСТОВЕРЯЮ**  
Ученый секретарь Совета  
Тверского государственного  
технического университета  
09.12.2013

