

**РЕШЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА УрФУ 1.3.04.16
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК**

от «15» декабря 2022 г. № 9

о присуждении Уржумцеву Андрею Николаевичу, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Высококоэрцитивное состояние и особенности перемангничивания нано- и микрокристаллических сплавов на основе соединений $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{V}$ и $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ » по специальности 1.3.12 – Физика магнитных явлений принята к защите диссертационным советом УрФУ 1.3.04.16 02 ноября 2022 г., протокол № 7.

Соискатель, Уржумцев Андрей Николаевич 1994 года рождения, в 2018 году окончил магистратуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 03.04.02 – Физика.

В 2022 году окончил очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению 03.06.01 – Физика и астрономия (Физика магнитных явлений).

Работает в ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» в отделе магнетизма твердых тел НИИ Физики и прикладной математики Института естественных наук и математики в должности младшего научного сотрудника, а также на кафедре магнетизма и магнитных наноматериалов Института естественных наук и математики в должности ассистента по совместительству.

Диссертация выполнена на кафедре магнетизма и магнитных наноматериалов Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Минобрнауки России.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент Волегов Алексей Сергеевич, ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», Институт естественных наук и математики, кафедра магнетизма и магнитных наноматериалов, доцент.

Официальные оппоненты:

Пастушенков Юрий Григорьевич, доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», кафедра физики конденсированного состояния, заведующий кафедрой;

Терёшина Ирина Семёновна, доктор физико-математических наук, ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», кафедра физики твердого тела, ведущий научный сотрудник;

Герасимов Евгений Германович, кандидат физико-математических наук, ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (г. Екатеринбург), лаборатория перспективных магнитных материалов, заведующий лабораторией

дали положительные отзывы на диссертацию.

Соискатель имеет 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 17 работ, из них 3 статьи, опубликованных в рецензируемых научных изданиях и индексируемых в международных базах цитирования Scopus. Общий объем опубликованных работ по теме диссертации – 5.09 п.л., авторский вклад – 3.42 п.л.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

статьи, опубликованные в рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК РФ и Аттестационным советом УрФУ:

1. Volegova, E. A. Effect of intergrain exchange interaction on magnetic viscosity of nanocrystalline isotropic NdFeB magnets / E. A. Volegova, S. V. Andreev, N. V. Selezneva, **A. N. Urzhumtsev** and A. S. Volegov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1389(1), – 012121; 0.58 п.л./0.19 п.л. (Scopus);

2. Urzhumtsev, A. N. Investigation of magnetization reversal processes in $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Zr})_{7,5}$ magnets / **A. N. Urzhumtsev**, S. V. Andreev, M. K. Sharin, V. N. Moskalev and A. S. Volegov // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Vol. 1389(1). – 012115; 0.69 п.л./0.35 п.л. (Scopus);
3. Urzhumtsev, A. N. Magnetization reversal processes in sintered permanent magnets $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Zr}, \text{Cu})_Z$ / **A. N. Urzhumtsev**, V. E. Maltseva, A. S. Volegov // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2022. – Vol. 551, – 169143; 0.92 п.л./0.46 п.л. (Scopus).

На автореферат поступило 4 положительных отзыва:

Головня Оксаны Александровны, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории ферромагнитных сплавов ФГБУН Институт физики металлов им. Михеева УрО РАН (г. Екатеринбург).

В отзыве содержатся следующие замечания:

1. В «Рекомендациях и перспективах дальнейшей разработки темы» указано, что вариация содержания кислорода в составе магнитов на основе Nd-Fe-V позволяет изменять механизм перемагничивания. Кислород при взаимодействии с порошком сплава, приводит к образованию оксидов Nd и, следовательно, к уменьшению в сплаве количества Nd, эффективно участвующего в образовании микроструктуры магнитов. Сами оксиды фактически паразитные фазы для магнитных свойств сплавов. Поэтому в мировой практике, чтобы получать высокие магнитные гистерезисные свойства и иметь контролируемый эффективный состав сплавов, стремятся уменьшить контакт редкоземельных сплавов с кислородом. Утверждение автора не понятно.

2. Рисунок 16. Не понятна модель ячеистой структуры: (1) ячейки не замкнуты и не периодичны; (2) в обсуждении рисунка говорится о зернах, однако на схеме зерен нет. Размер зерна в магните Sm-Co-Fe-Cu-Zr составляет порядка 20 – 40 мкм, ячейки 60 – 100 нм. Что подразумевает автор под зернами? Про какие

«тройные стыки зерен» идет речь?

3. В пункте 3 заключения утверждается, что «основным механизмом» формирования высококоэрцитивного состояния в нанокристаллических сплавах Sm-Co-Fe-Cu-Zr является задержка формирования зародыша перемагничивания. Вызывает сомнение правомерность такого заключения на основе косвенного метода измерений.

Протасова Андрея Владимировича, кандидата физико-математических наук, старшего научного сотрудника лаборатории ферромагнитных сплавов ФГБУН Институт физики металлов им. Михеева УрО РАН (г. Екатеринбург). В отзыве содержатся следующие замечания:

1. Из литературных данных известно, что характерный размер наноразмерного зерна в соединении $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ составляет 50–100 нм, а критический размер однодоменной частицы в данном типе соединения составляет приблизительно 700 нм. Обоснованность утверждения в 3 пункте положения, выносимом на защиту, а также в 4 пункте заключения о присутствии доменной стенки внутри наноразмерных зерен основной фазы $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ вызывает сомнения.

2. Пункт 6 заключения неправильно сформулирован: слово «немонотонное» является лишним.

Карпенкова Алексея Юрьевича, кандидата физико-математических наук, доцента, заведующего лабораторией магнитных материалов ЦКП, доцента кафедры физики конденсированного состояния физико-технического факультета ФГБОУ ВО «Тверской государственной университет». В отзыве содержатся следующие замечания:

1. Одними из ключевых результатов, положенных в основу выводов работы являются экспериментально измеренные зависимости удельной $\sigma(H)$ и остаточной намагниченности $\sigma_r(H)$, последняя из которых обусловлена необратимыми процессами. При измерении $\sigma_r(H)$ регистрировались значения остаточной удельной намагниченности образца, полученные после намагничивания во внешнем магнитном поле H (меньшем поля насыщения

образца вдоль оси текстуры) и последующем уменьшении значения поля до нуля. Каким образом при этом учитывались релаксационные процессы, имеющие место в рассматриваемых материалах? В тексте автореферата нет указания, по прошествии какого времени после отключения магнитного поля, измерялось значение остаточной намагниченности и влияет ли скорость изменения поля на величину σ_r .

2. В автореферате на рисунке 3 представлены полевые зависимости обратимой магнитной восприимчивости $\chi(H)$ для спеченного микрокристаллического материала марок N35, N48, N48SH. Указано, что отклик обеспечивался перемагничивающимся объемом под действием возбуждающего переменного поля амплитудой 3,7 Э. Однако в автореферате не указана частота поля, что несомненно может повлиять на глубину проникновения магнитного переменного поля и величину измеряемого отклика.

3. На рисунке 5 в тексте автореферата представлены результаты компьютерного моделирования распределения магнитного поля в зернах Nd-Fe-B во внешнем магнитном поле. Следовало бы добавить информацию о программном обеспечении, в котором проводилось моделирование, а также обозначить на рисунках направление внешнего магнитного поля.

Королёва Александра Васильевича, кандидата физико-математических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории ферромагнитных сплавов ФГБУН Институт физики металлов им. Михеева УрО РАН (г. Екатеринбург). В отзыве содержатся следующие замечания:

1. В работе изучено только два состава магнитов $\text{Sm}(\text{Co}_{0,796-x}\text{Fe}_{0,177}\text{Cu}_x\text{Zr}_{0,027})_{6,63}$ с $x = 0,078$ и $0,117$. На основании исследования процессов перемагничивания только этих магнитов в п.3 «Заключения» сделан необоснованно обобщающий вывод для широкого ряда составов пятикомпонентных сплавов $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Zr})_z$ о том, что основным механизмом формирования высококоэрцитивного состояния в этих нанокристаллических сплавах является задержка формирования зародыша перемагничивания. Этот

вывод противоречит результатам многочисленных публикаций в мировой литературе.

2. В п.4 «Заключения» некорректно употребляется терминология, описывающая ячеистую нанокристаллическую структуру сплавов $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Zr})_z$. Вместо термина «ячейка» основной фазы $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ употребляется термин «зерно». Вместе с тем хорошо известно, что «ячейка» основной фазы $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ имеет размер около 100 нм, а размер «зерна» в магнитах $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Cu}, \text{Zr})_z$ составляет 50-70 мкм, в литых же сплавах может достигать 5-7 мм.

Выбор официальных оппонентов обосновывается их широкой известностью своими достижениями в данной отрасли науки, их высокой научной компетентностью в области физики магнитных явлений.

Диссертационный совет отмечает, что представленная диссертация на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней в УрФУ, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи – детализация механизмов формирования высокой коэрцитивной силы в магнитотвердых сплавах типа Nd-Fe-B и $\text{Sm}(\text{Co}, \text{Fe}, \text{Zr}, \text{Cu})_z$ в мелкодисперсном и спеченном состояниях, что имеет существенное значение для физики магнитных явлений, а именно, исследований процессов перемагничивания.

Диссертация представляет собой самостоятельное законченное исследование, обладающее внутренним единством. Основные новые результаты, выносимые на защиту, содержат новые научные результаты и свидетельствуют о личном вкладе автора в науку:

1) показано, что характер зависимости обратимого изменения намагниченности от напряженности магнитного поля при намагничивании и

размагничивании магнитотвердых материалов определяется превалирующим механизмом высококоэрцитивного состояния;

2) обнаружена аномальная зависимость максимальной намагниченности, полученной из частных петель магнитного гистерезиса спеченных сплавов Nd-Fe-B, от напряженности магнитного поля, обусловленная задержкой зародышеобразования;

3) обнаружено, что в наноразмерных ячейках спеченного сплава на основе фазы $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ в терморазмагниченном состоянии содержатся доменные стенки;

4) показано, что магнитостатическое взаимодействие между зернами обуславливает отклонение экспериментальных угловых зависимостей коэрцитивной силы магнитотвердых материалов от предсказываемых в рамках моделей механизма задержки смещения доменных границ или задержки зародышеобразования.

В диссертационной работе Уржумцева А.Н. по исследованию механизмов перемагничивания сделан упор на анализ результатов магнитных измерений образцов магнитотвердых материалов на основе соединений типа $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$ и $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ в мелкодисперсном и спеченном виде. В работе предложены оригинальные магнитометрические методики, выполнен анализ получающихся с их использованием результатов в совокупности с элементами моделирования и анализом микроструктуры исследованных материалов. Сформулированы особенности процессов намагничивания и перемагничивания этих магнитотвердых материалов, учитывающие все выявленные закономерности. Результаты работы позволяют расширить представления о механизмах высококоэрцитивного состояния современных магнитотвердых материалов и изделий из них.

На заседании 15 декабря 2022 г. диссертационный совет УрФУ 1.3.04.16 принял решение присудить Уржумцеву А.Н. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет УрФУ 1.3.04.16 в количестве 17 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета
УрФУ 1.3.04.16


Германенко Александр Викторович

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета
УрФУ 1.3.04.16


Овчинников Александр Сергеевич

