

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.285.24,  
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФГАОУ ВО «УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ  
Б.Н. ЕЛЬЦИНА», МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ, ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ  
УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 21.06.2018 г. № 5

**О присуждении Михалицыной Евгении Александровне, гражданство Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.**

Диссертация «Магнитная анизотропия и гистерезисные свойства аморфных и нанокристаллических пленок Fe-M-Cu-Si-B (M: Nb, NbMo, W)» по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений принята к защите 18 апреля 2018 г. (протокол заседания № 4) диссертационным советом Д 212.285.24, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Министерство образования и науки Российской Федерации, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19; приказ Министерства образования и науки Российской Федерации о создании диссертационного совета № 714/нк от 02 ноября 2012 г.

Соискатель Михалицына Евгения Александровна, 1990 года рождения.

В 2013 году соискатель окончила ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по направлению подготовки 011200 Физика; в 2017 году окончила очную аспирантуру ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина» по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений; работает в должности ведущего инженера кафедры магнетизма и магнитных

наноматериалов Института естественных наук и математики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Министерство образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре магнетизма и магнитных наноматериалов Института естественных наук и математики Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», Министерство образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук, доцент, *Катаев Василий Анатольевич*, 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:

*Комогорцев Сергей Викторович*, доктор физико-математических наук, доцент, Институт Физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук», лаборатория физики магнитных пленок, старший научный сотрудник; *Моисеев Алексей Анатольевич*, кандидат физико-математических наук, ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет», Педагогический институт, кафедра физики, доцент дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация *Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова Российской академии наук*, г. Москва в своем положительном отзыве, подписанном Банных Игорем Олеговичем, кандидатом технических наук, лаборатория конструкционных сталей и сплавов, заведующий лабораторией, указала, что на основе актуальности темы исследования,

достоверности, научной новизны, практической и теоретической значимости полученных результатов можно заключить, что диссертационная работа Михалицыной Евгении Александровна отвечает требованиям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

Соискатель имеет 35 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 26 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 4 работы. Другие публикации по теме диссертации представлены в виде 22 тезисов докладов, опубликованных в материалах всероссийских (11) и международных (11) конференций и симпозиумов.

Общий объем работ, опубликованных по теме диссертации, составляет 7,74 п.л./1,85 п.л. – авторский вклад соискателя. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1) **Mikhalitsyna E. A.** Microstructure and magnetic properties of  $\text{Fe}_{72.5}\text{Si}_{14.2}\text{B}_{8.7}\text{Nb}_2\text{Mo}_{1.5}\text{Cu}_{1.1}$  thin films / **E. A. Mikhalitsyna**, V. A. Kataev, A. Larrañaga, V. N. Lepalovskij and A. P. Turygin // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. – 2016. – Vol. 415. – P. 61-65 (0,58 п.л./0,12 п.л.);

2) Zakharchuk I. Magnetic and microstructure study of thin films of FeCuNbMoSiB FINE-MET alloy / I. Zakharchuk, **E. Mikhalitsyna** and E. Lähderanta // Materials Science Forum. – 2016. – Vol. 870. – P. 322-327 (0,69 п.л./0,14 п.л.);

3) **Mikhalitsyna E.** Influence of annealing on the surface topography and magnetic proper-ties of thin films of the finemet-type alloy / **E. Mikhalitsyna**, V. Kataev, P. Geydt, V. Lepalovskij and E. Lähderanta // Solid State Phenomena. – 2015. – Vol. 233-234. – P. 699-704 (0,69 п.л./0,14 п.л.);

4) **Mikhailitsyna E. A.** Heat treatment effect on magnetic properties of Finemet-type films / **E. A. Mikhailitsyna**, V. A. Kataev, V. N. Lepalovskij, A. Larrañaga and A. S. Volegov // KnE Materials Science, IV Sino-Russian ASRTU Symposium on Advanced Materials and Materials and Processing Technology. – 2016. – P. 109-114 (0,69 п.л./0,14 п.л.).

На автореферат поступили отзывы:

1) от кандидата физико-математических наук, *Лукиной Веры Анатольевны*, ФГБУН Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН (г. Екатеринбург), лаборатория микромагнетизма, старший научный сотрудник;

2) от *Белозерова Владимира Яковлевича*, директор, и от кандидата физико-математических наук, *Стародубцева Юрия Николаевича*, заместитель директора по технологии и качеству, ООО Научно-производственное предприятие Гаммамет (г. Екатеринбург);

3) от доктора физико-математических наук, *Драгошанского Юрия Николаевича*, ФГБУН Институт физики металлов им. М.Н. Михеева УрО РАН (г. Екатеринбург), лаборатория микромагнетизма, главный научный сотрудник;

4) от кандидата физико-математических наук, *Пунанова Ивана Фёдоровича*, ФГБУН Институт электрофизики УрО РАН (г. Екатеринбург), группа физики диэлектриков, научный сотрудник;

5) от доктора физико-математических наук, профессора, *Патрина Геннадия Семеновича*, директор Института инженерной физики и радиоэлектроники, и от кандидата физико-математических наук, *Кобякова Александра Васильевича*, доцент кафедры общей физики, Институт инженерной физики и радиоэлектроники, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (г. Красноярск).

Отзывы содержат следующие критические замечания:

– из результатов Главы 3 следует, что наиболее интересные свойства пленки демонстрируют в области толщин до 100 нм, но в Главе 4 влияние толщины пленки на структурные превращения рассматриваются для значений толщины

100, 150 и 200 нм. С чем связан выбор этих точек? Далее в Главе 5 рассматривается магнитная анизотропия пленок уже в достаточно широком диапазоне толщин (10–200 нм); на странице 17 автореферата указывается, что «...кристаллическая фаза ... состоит из зерен размером 1,3 нм, объем которых составляет 79%, и зерен размером 16–20 нм объемом 21%». Довольно странно, что одна часть зерен имеет такой строгий размер (определенный с точностью до десятой доли нанометра), в то время как размеры зерен другой части лежат в некотором интервале значений. Если это не является опечаткой, то требует разъяснений; в тексте автореферата содержатся немногочисленные опечатки: с. 11, 4 строка сверху: «со значение» (следует читать «со значением»), 1 строка снизу: «пленок спала» (следует читать: «плёнок сплава»). Кроме того, в тексте имеются словосочетания, которые вряд ли можно считать удачными: на с. 3 «...при уменьшении толщины пленки меньше, чем...» (пропущены слова «до значений», т. е. «...при уменьшении толщины до значений, меньше чем...»); на с. 5 «...магнитные свойства магнитомягких нанокристаллических лент превосходят...свойства...» (превосходят друг друга не свойства, а численные характеристики); на с. 6 «...в качестве варьируемого атома-ингибитора...» (варьируется не атом как таковой, а процентное содержание данного типа атомов в сплаве) (*к.ф.-м.н., Пунанов И.Ф.*);

– из автореферата, не совсем понятно почему в качестве переходного металла для исследования выбраны Nb, NbMo, W; пятая глава посвящена рассмотрению магнитной анизотропии тонких пленок с учетом уже имеющихся знаний о структуре и толщинных зависимостях магнитных свойств, полученных в предыдущих главах. Но в тексте рассмотрена магнитная анизотропия только для тонких пленок Fe- Nb -Cu-Si-B (*д.ф.-м.н., профессор, Патрин Г.С.; к.ф.-м.н., Кобяков А.В.*).

Отзывы *к.ф.-м.н., Лукишиной В.А., Белозерова В.Я.* и *к.ф.-м.н., Стародубцева Ю.Н., д.ф.-м.н., Драгошанского Ю.Н.* критических замечаний не содержат.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что они являются специалистами в области магнитомягких материалов, аморфных и нанокристаллических быстрозакаленных лент, тонких магнитных пленок, имеют публикации по тематике близкой теме диссертации и способны определить научную и практическую значимость диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- проведено комплексное исследование магнитных свойств тонких пленок сплавов Fe-M-Cu-Si-B (M: Nb, W, NbMo), находящихся в различном структурном состоянии;
- получены зависимости магнитных параметров пленок (спонтанная намагниченность и коэрцитивная сила) от их толщины;
- детально исследован процесс кристаллизации в тонких пленках; показано, что кристаллизация пленок Fe-M-Cu-Si-B (M: Nb, W, NbMo) начинается при более низких температурах по сравнению с температурой начала кристаллизации в быстрозакаленных лентах и при достижении температуры 400–420 °С характеризуется резким ростом зерен ОЦК-FeSi, размер которых слабо изменяется с дальнейшим увеличением температуры термообработки;
- предложен механизм формирования наведенной одноосной магнитной анизотропии в тонких пленках Fe-M-Cu-Si-B (M: Nb, W, NbMo), обусловленный фиксированием магнитострикционной деформации пленок подложкой;
- определены параметры стохастической магнитной доменной структуры тонких пленок Fe-Nb-Cu-Si-B; продемонстрирована их связь с макроскопическими магнитными свойствами исследуемых пленок; установлено, что размерность корреляций намагниченности зависит от толщины пленки.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- полученные результаты дополняют существующие экспериментальные данные о влиянии легирующих элементов в тонких пленках сплава Fe-M-Cu-Si-B (M: Nb, W, NbMo);
- выявлена новая проблема, связанная с влиянием толщины пленки на развитие процесса кристаллизации в ней;
- изложены аргументы, объясняющие причину формирования наведенной одноосной магнитной анизотропии тонких пленок; раскрыто, что механизм наведенной одноосной магнитной анизотропии в пленках отличается от такового в быстрозакаленных лентах сплавов Fe-M-Cu-Si-B;
- для пленок Fe-Nb-Cu-Si-B использован метод корреляционной магнитометрии, позволяющий оценить локальные и усредненные константы магнитной микроструктуры: константы локальной и усредненной магнитной анизотропии, радиусы структурных и магнитных корреляций намагниченности;
- изучено уменьшение размерности корреляций намагниченности с уменьшением толщины пленок, влияющее на макроскопические магнитные свойства пленок.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- определено, что тонкие пленки исследуемого состава, где в качестве варьируемого атома-ингибитора выступает Nb, демонстрируют наименьшую величину коэрцитивной силы, что позволяет рассматривать их в качестве функциональной среды для сенсорных устройств;
- представлены достоверные экспериментальные данные о гистерезисных магнитных свойствах тонких пленок Fe-M-Cu-Si-B (M: Nb, W, NbMo), их зависимости от толщины пленок и условий термообработки;
- представлены результаты о кинетике кристаллизации пленок Fe-M-Cu-Si-B (M: Nb, W, NbMo), которые в совокупности с их гистерезисными свойствами могут быть востребованы для анализа, прогнозирования и управления

магнитными свойствами тонких пленок Fe-M-Cu-Si-B (M: Nb, W, NbMo) с целью их практического применения.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- результаты получены с помощью современных методик исследования, на сертифицированном оборудовании, прошедшем калибровку;
- интерпретация экспериментальных данных базируется на анализе опыта предшественников, а также на идеях, представлениях и методах, признанных и широко используемых другими исследователями;
- полученные результаты не противоречат известным теориям и данным, полученным ранее по рассматриваемой тематике;
- использовано сравнение авторских результатов с результатами, полученными другими исследователями и опубликованными в независимых источниках.

Личный вклад автора состоит в:

- постановке задач, планировании и проведении экспериментов;
- аттестации образцов;
- проведении исследований методом магнитооптической микроскопии;
- выполнении обработки экспериментальных данных и их интерпретации;
- проведении анализа магнитной микроструктуры пленок методом корреляционной магнитометрии и оценки ее влияния на макроскопические магнитные свойства пленок;
- личном участии соискателя в апробации результатов исследования;
- обсуждении результатов исследования и подготовке публикаций по выполненной работе.

На заседании 21 июня 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Михалицыной Е. А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 15 человек, из них 15 докторов наук по профилю рассматриваемой



диссертации, участвовавших в заседании, из 22 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель

диссертационного совета

Ученый секретарь

диссертационного совета

21.06.2018 г.



Памятных Евгений Алексеевич

Овчинников Александр Сергеевич