

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.411.03 НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «ТВЕРСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

Аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 06.09.2024 г. № 12

О присуждении Барабан Ирине Анатольевне, гражданке РФ, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Влияние внутренних напряжений на магнитоэлектрические, магнитодинамические и магнитоэстрикционные свойства аморфных ферромагнитных микропроводов на основе железа» в виде рукописи по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений принята к защите 11.06.2024, протокол № 5, диссертационным советом 24.2.411.03, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тверской государственный университет» Министерства науки и высшего образования РФ. Адрес: 170100, г. Тверь, ул. Желябова, 33. Приказ № 423/нк от 12.08.2013 г.

Соискатель – Барабан Ирина Анатольевна, 12 апреля 1992 года рождения, в 2015 году окончила магистратуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет им. И. Канта» по направлению подготовки 03.04.02. «Физика». В 2019 году окончила аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет им. И. Канта» по направлению подготовки 03.06.01. «Физика и астрономия», профиль «Физика конденсированного состояния». На момент защиты работает инженером лаборатории композитных материалов в научно-образовательном центре «Умные материалы и биомедицинские приложения» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет им. И. Канта» Министерства науки и высшего образования РФ.

Диссертация выполнена в высшей школе нанотехнологий и инженерии образовательно-научного кластера «Институт высоких технологий» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Балтийский федеральный университет им. И. Канта» Министерства науки и высшего образования РФ.

Научный руководитель – кандидат физико-математических наук Родионова Валерия Викторовна, ФГАОУ ВО «Балтийский федеральный университет им. И. Канта», директор научно-образовательного центра «Умные материалы и биомедицинские приложения».

**Официальные оппоненты:**

Таскаев Сергей Валерьевич, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Челябинский государственный университет», ректор; Семенова Елена Михайловна, кандидат физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет», доцент кафедры физики конденсированного состояния, дали положительные отзывы на диссертацию.

**Ведущая организация** федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт радиотехники и электроники им. В.А. Котельникова Российской академии наук, г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном доктором физико-математических наук, профессором, академиком РАН, директором Никитовым Сергеем Аполлоновичем и составленном доктором физико-математических наук, профессором, главным научным сотрудником, заведующим Лабораторией магнитных явлений в микроэлектронике Шавровым Владимиром Григорьевичем и кандидатом физико-математических наук, старшим научным сотрудником Лаборатории магнитных явлений в микроэлектронике Каманцевым Александром Павловичем, указала, что диссертация является научно-квалификационной работой, в которой получены новые научные результаты, расширяющие представления о влиянии напряженного состояния жилы и температурной обработки на магнитострикционные свойства в аморфных микропроводах в стеклянной оболочке и без нее. Диссертация удовлетворяет всем требованиям, установленным пунктами 9-14 Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор, Барабан Ирина Анатольевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений.

**Соискатель имеет** 17 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 8 работ в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень ВАК и индексируемых в базах данных WoS и Scopus:

1. Baraban, I. Effect of shell-induced stresses on the magnetic properties of Fe-based glass-coated microwires: Accounting of initial technical parameters / I. Baraban, A. Litvinova, V. Kolesnikova, M. Vereshchagin, M.Gorshenkov, V.

Molokanov, L. Panina, V. Rodionova // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. - 2023. - V. 588 - p.171400.

2. Amirov, A. Direct Magnetolectric effect in a sandwich structure of PZT and magnetostrictive amorphous microwires / A. Amirov, I. Baraban, L. Panina, V. Rodionova // Materials. - 2020. - V. 13 - No 4 - p.916.

3. Vereshchagin, M. Structure of head-to-head domain wall in cylindrical amorphous ferromagnetic microwire and a method of anisotropy coefficient estimation / M. Vereshchagin, I. Baraban, S. Leble, V. Rodionova // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. - 2020. - V. 504 - p.166646.

4. Baraban, I. Control of magneto-static and -dynamic properties by stress tuning in Fe-Si-B amorphous microwires with fixed dimensions / I. Baraban, S. Leble, L.V. Panina, V. Rodionova // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. - 2019. - V. 477 - p.415–419.

5. Baraban, I. Effect of glass-removal on the magnetostriction and magnetic switching properties in amorphous FeSiB microwires / I. Baraban, L. Panina, A. Litvinova, V. Rodionova // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. - 2019. - V. 481 - p.50–54.

6. Baraban, I. The role of structural properties on magnetic characteristics of glass-coated microwires / I. Baraban, M. Gorshenkov, N. Andreev, K. Chichay, V. Rodionova // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. - 2018. - V. 459 - p.61–65.

7. Baraban, I.A. Low temperature magnetic properties of amorphous ferromagnetic Fe–Si–B glass-coated and glass removed microwire / I.A. Baraban, A.V. Emelyanov, P.N. Medvedskaya, V.V. Rodionova // Physics of the Solid State. - 2018. - V. 60 - No 6 - p.1158–1162.

8. Rodionova, V. The stress components effect on the Fe-based microwires magnetostatic and magnetostrictive properties / V. Rodionova, I. Baraban, K. Chichay, A. Litvinova, N. Perov // Journal of Magnetism and Magnetic Materials. - 2017. - V. 422 - p.216–220.

Подготовка публикаций выполнена соискателем совместно с научным руководителем В.В. Родионовой и профессором Л.В. Паниной (НИТУ МИСиС). Результаты диссертационной работы полностью отражены в опубликованных статьях. Работы выполнены на высоком научном уровне, в диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных работах.

На диссертацию и автореферат поступило 6 отзывов, все отзывы положительные:

1. Юрасова А.Н., д.ф.-м.н., профессора, профессора кафедры наноэлектроники Института перспективных технологий и промышленного программирования ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет». Замечаний не содержит.

2. Гудошникова С.А., к.ф.-м.н., доцента кафедры цветных металлов и золота ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС». Замечаний не содержит.

3. Алиева А.М., к.ф.-м.н., в.н.с. лаборатории низких температур и магнетизма Института физики им. Х.И. Амирханова - обособленного подразделения ДФИЦ РАН. Замечаний не содержит.

4. Амирова А.А., к.ф.-м.н., с.н.с. управления по созданию исследовательской установки «СИЛА» Национального исследовательского центра «Курчатовский институт». Замечаний не содержит.

5. Соколова А.Э., к.ф.-м.н., с.н.с. лаборатории физики магнитных явлений Института физики им. Л.В. Киренского СО РАН - обособленного подразделения ФИЦ КНЦ СО РАН. В качестве замечаний было отмечено, что рисунок 6 содержит всего 2 точки, что не может обеспечить достаточную точность и достоверность результатов. Также в тексте упоминается рисунок 8(д), которого нет.

6. Карпенкова Д.Ю., к.ф.-м.н., с.н.с. кафедры магнетизма ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова». В качестве замечания указано: не ясно, какая температура имелась автором в виду в утверждении, что «понижение температуры приводит к увеличению критической длины бистабильности»; в тексте автореферата не приведены теоретические оценки, обосновывающие использование метода малоуглового вращения вектора намагниченности; не ясно, проводилась ли оценка влияния смены режимов движения доменной границы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что официальные оппоненты и работники ведущей организации являются высококвалифицированными специалистами в области физики магнитных явлений и магнитных материалов.

**Диссертационный совет отмечает,** что выполненные соискателем исследования вносят вклад в изучение влияния внутренних напряжений на магнитостатические, магнитодинамические и магнитострикционные свойства аморфных ферромагнитных микропроводов на основе сплава Fe-Si-B.

На основе комплексного анализа влияния механического снятия стеклянной оболочки и температурной обработки на магнитные свойства аморфных микропроводов из сплава Fe-Si-B предложены уточняющие теории связи напряжений, магнитоупругой анизотропии и подвижности доменной границы. Выявлено уменьшение внутренних напряжений, которое достигается удалением стеклянного покрытия и процедурой отжига.

**Теоретическая значимость** исследования обоснована тем, что:

- обосновано использование метода малоуглового вращения вектора намагниченности для измерения константы магнитострикции в микропроводах на основе железа с легкой осью намагничивания вдоль провода;
- установлен механизм зависимости подвижности доменных границ в аморфных микропроводах от механических напряжений, учитывающий как спиновую релаксацию, так и изменение формы доменной стенки;
- предложено обобщение метода моделирования внутренних напряжений в аморфных микропроводах в стеклянной оболочке, учитывающее «эффект затухания памяти», который характеризуется двумя функциями релаксации и приводит к зависимости от геометрических параметров.

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

- Предложена методика контроля внутренних механических напряжений в аморфных микропроводах, расширяющая возможности использования данных материалов в качестве сенсорных элементов и для системы кодирования;
- Экспериментально показано, что сочетание относительно высоких значений магнитострикции и магнитномягких свойств обуславливает использование аморфных микропроводов в качестве компонента магнитоэлектрических композитов.

**Оценка достоверности** результатов исследования выявила: результаты получены на основе экспериментов, проведенных на современном научном оборудовании, с использованием статистических методов обработки экспериментальных данных. Достоверность полученных результатов обеспечивалась набором взаимодополняющих экспериментальных методик, воспроизводимостью получаемых результатов и согласованием их с имеющимися в литературе данными других научных групп. Также, полученные результаты исследований опубликованы в индексируемых журналах и апробированы на тематических международных конференциях.

**Личный вклад соискателя** состоит в самостоятельном проведении экспериментальных исследований и моделирования, обобщении полученных результатов, описании количественных данных и подготовке иллюстративных и текстовых материалов для публикаций по результатам проведенных исследований.

**В ходе защиты диссертации были заданы вопросы и высказаны некоторые критические замечания:** о способе измерения магнитострикции и возможности создания механических напряжений в проводе при механическом снятии стеклянной оболочки.

Соискатель Барабан И.А. ответила на задаваемые ей в ходе заседания вопросы: снимался сигнал ЭДС с помощью миниатюрной приемной катушки и в зависимости от дизайна эксперимента образец полностью или частично находился внутри катушки намагничивания; СЭМ-изображения доказывают,

что такой способ снятия стекла не деформирует поверхность образцов, а внутренние напряжения настолько велики, что механическое напряжение, приложенное в процессе снятия, не может с ними конкурировать.

Диссертация соответствует критериям Положения «О порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 в текущей редакции. На заседании 06.09.2024 г. диссертационный совет принял решение присудить Барабан Ирине Анатольевне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений за решение актуальной научной задачи, имеющей значение для миниатюризации сенсорных технологий, а именно, за исследование механизмов влияния внутренних напряжений на микромагнитную структуру, магнитострикцию и подвижность доменных границ в аморфных микропроводах из сплавов на основе железа.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 13 человек, из них 5 докторов наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 12, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель  
диссертационного совета

Пастушенков  
Юрий Григорьевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета

Барабанова  
Екатерина Владимировна

06.09.2024 г.