

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

На диссертационную работу Деревянко Михаила Сергеевича «Магнитные и магнитоимпедансные свойства аморфных магнитомягких проводников на основе кобальта в области фазовых переходов», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 «Физика магнитных явлений»

Актуальность темы исследования

Магнитные материалы составляют основу современного технологического развития общества. Наряду с традиционными материалами аморфные магнетики на основе переходных металлов обладают набором уникальных свойств, что определяет их потенциал практического применения. Вместе с тем неравновесное состояние структуры обуславливает изменение свойств со временем и при внешних воздействиях. Изменение свойств проходит как в сторону улучшения, так и ухудшения, что существенно ограничивает широкое применение данных материалов. Одним из практических подходов оптимизации свойств является термическая обработка, приводящая материал в одно из метастабильных состояний с большим временем жизни. Форм-фактор также является одной из важных характеристик магнитных материалов влияющий как на свойства, и в итоге на область практического применения. Выбор материалов на основе кобальта обусловлен их практическим применением и набором уникальных физико-механических, физико-химических свойств. В этой связи исследование термоиндуцированного изменения магнитных свойств аморфных магнитомягких лент и проводов в работе «Магнитные и магнитоимпедансные свойства аморфных магнитомягких проводников на основе кобальта в области фазовых переходов» является актуальной научно-практической задачей.

Объем и структура диссертации

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка цитируемой литературы. Общий объем диссертации составляет 118 страниц, включая 51 рисунок и 192 наименования цитируемой литературы.

В первой главе представлен литературный обзор результатов исследований близких по теме диссертации.

Во второй главе рассмотрены условия проведения эксперимента и описаны экспериментальные методы исследования.

Третья глава посвящена изучению влияния термоиндуцированного изменения магнитных свойств на температурную зависимость импеданса и магнитоимпедансного эффекта аморфных лент сплавов $\text{Co}_{64}\text{Fe}_3\text{Cr}_3\text{Si}_{15}\text{B}_{15}$ и $\text{Co}_{67}\text{Fe}_3\text{Cr}_3\text{Si}_{15}\text{B}_{12}$.

В четвёртой главе рассматривается совместное влияние температуры и упругих растягивающих напряжений на магнитоимпеданс аморфного магнитомягкого провода сплава $\text{Co}_{66}\text{Fe}_4\text{Ta}_{2,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$.

Каждая глава диссертации содержит подробные выводы. В заключение приводятся обобщающие выводы по всей диссертационной работе.

Научная новизна и практическая значимость исследований

В диссертации представлены результаты, обладающие научной новизной, и имеющие практическую и фундаментальную значимость:

1. Показана возможность определения с высокой точностью температуры Кюри магнитомягких ферромагнитных сплавов по температурной зависимости их электрического импеданса на примере аморфных лент сплавов $\text{Co}_{64}\text{Fe}_3\text{Cr}_3\text{Si}_{15}\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{67}\text{Fe}_3\text{Cr}_3\text{Si}_{15}\text{B}_{12}$ и проводов сплава $\text{Co}_{66}\text{Fe}_4\text{Nb}_{2,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$.
2. Впервые обнаружено в аморфном проводе сплава $\text{Co}_{66}\text{Fe}_4\text{Nb}_{2,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$ наличие как минимум двух магнитных фаз, обладающих разной температурой Кюри. Методом магнитоимпедансной спектроскопии установлено, что в объеме провода разные магнитные фазы имеют разное радиальное концентрационное распределение. Возникновение данных фаз ввиду технологии получения аморфных проводов быстрой закалкой из расплава связано с неоднородным распределением по объему провода структурных дефектов в виде избыточного свободного объема, а также с их перераспределением в результате термообработки.
3. Обнаружено, что степень влияния термообработки аморфного провода сплава $\text{Co}_{66}\text{Fe}_4\text{Nb}_{2,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$ на температуру Кюри связана с его диаметром. Изменение температуры Кюри под действием термообработки больше для провода большего диаметра. Это объясняется разницей в концентрации и размерах структурных дефектов в проводах разного диаметра, возникающих при их быстрой закалке из расплава.
4. Обнаружено, что в области температуры смены знака константы магнитострикции происходит значительное изменение импеданса упругодеформированного аморфного магнитомягкого провода сплава $\text{Co}_{66}\text{Fe}_4\text{Nb}_{2,5}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$. Показано, что такое поведение возникает за счет переориентации оси легкого намагничивания в приповерхностной области упругодеформированного провода от циркулярного направления к аксиальному.

Практическая ценность работы заключается в возможности на основе данных материалов и проявляющегося в них магнитоимпедансного эффекта создавать датчики магнитных полей, деформаций и температуры.

Степень обоснованности и достоверности научных выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Представленные в диссертационной работе результаты являются обоснованными, достоверными и надежными, поскольку получены с использованием комплексов современных методов исследования, выполнены на современном высокоточном оборудовании, основаны на разностороннем анализе результатов и сопоставлении с известными литературными и экспериментальными данными.

Замечания

1. Автором диссертации в качестве положения на защиту выносятся высокая чувствительность метода магнитоимпедансной спектроскопии. Вместе с тем в основных выводах по диссертации данный результат не приведен, в выводах по главе 3 устанавливается факт высокой чувствительности. Отмечается факт наличия систематической ошибки. Как это ограничивает использование метода, в чем заключается вклад автора в метод?
2. В описании второй главы в автореферате указана разработка метода магнитоимпедансной спектроскопии, тогда как в диссертационной работе приведено усовершенствование экспериментальных установок и методик проведения экспериментов. Необходима более точная формулировка по используемым методам.
3. В третьей главе (стр.63-64) делаются выводы о характере структурных флуктуаций и топологическом и композиционном ближнем порядке. Вывод от том, что вариация структурной флуктуации в большую сторону при увеличении содержания кобальта в основном обусловлено изменением топологического порядка, что не корректно. Изменение концентрации элементов неизбежно ведет к изменению как топологического, так и композиционного ближнего порядка, что подтверждается, например, исследованиями парных функций радиального распределения атомов.
4. При исследовании влияния термообработки на температуру Кюри магнитных проводов делается заключение об уменьшении дефектности и структурной флуктуации приводящие к изменению температуры Кюри. Проводился ли анализ в каком направлении изменяется температура Кюри, уменьшается, увеличивается в зависимости от диаметра и параметров термообработки?
5. В диссертации значительное место занимает описание приборных погрешностей, не рассматривая другие виды. Дополнение результатов

данными о погрешностях и действий по их снижению повысило бы воспроизводимость исследований.

6. Несмотря на хорошее качество оформления работы, есть замечания по оформлению диссертации. Например, название параграфа 3.1.3 расположено на двух страницах, ссылки на рисунки и формулы в тексте имеют стиль отличающийся от основного.

Заключение

Сделанные замечания не снижают научную ценность диссертационной работы, в которой получены важные фундаментальные и практические результаты. Основные результаты диссертации опубликованы в 12 статьях в журналах из списка ВАК и индексируемых в базах Scopus и Web of Science. Результаты прошли апробацию на 24-х конференциях, школах, семинарах международного и российского уровня. Автореферат, так же, как и статьи, в целом адекватно отражают содержание диссертации.

Считаю, что диссертация «Магнитные и магнитоимпедансные свойства аморфных магнитомягких проводников на основе кобальта в области фазовых переходов» является научно квалификационной работой, выполненной на высоком научном уровне, и отвечает требованиям ВАК, установленным в «Положении о присуждении ученых степеней» от 24.09.2013 №842, а ее автор Деревянко Михаил Сергеевич заслуживает искомой ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 «Физика магнитных явлений».

Доктор физико-математических наук
по специальности 1.3.8 -
физика конденсированного состояния,
профессор департамента информационных и
компьютерных систем
ФГАО ВО ДВФУ
Адрес: 690950, г. Владивосток, Суханова 8
Дальневосточный федеральный университет
Тел.: +7 914 6788817
E-mail: pustovalov.ev@dvfu.ru



Пустовалов Евгений
Владиславович



Пустовалов Евгений Владиславович
Начальник отдела
дел о присуждении ученых степеней
Е.В. Пустовалов
20 24 г.

Сведения об официальном оппоненте по диссертации

Деревянко Михаила Сергеевича **«Магнитные и магнитоимпедансные свойства аморфных магнитомягких проводников на основе кобальта в области фазовых переходов»**, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 «Физика магнитных явлений»

ФИО	Пустовалов Евгений Владиславович
Ученая степень	Доктор физико-математических наук
Ученое звание	Доцент
Специальность	1.3.8 – физика конденсированного состояния
Полное название организации	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Дальневосточный федеральный университет»
Сокращенное название	ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»
Должность	Профессор
Структурное подразделение	департамент информационных и компьютерных систем, Института математики и компьютерных технологий
Почтовый адрес с индексом	690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10 ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет»
Телефон	+79146788817
Электронная почта	pustovalov.ev@dvfu.ru

Список основных публикаций оппонента по теме диссертации соискателя в рецензируемых научных изданиях за последние 5 лет:

1. D.V. Mashtalyar, I.M. Imshinetskiy, K.V. Nadaraia, A.S. Gnedenkov, S.N. Suchkov, D.P. Opra, E.V. Pustovalov, A. Yu Ustinov, S.L. Sinebryukhov, S.V. Gnedenkov Effect of TiO₂ nanoparticles on the photocatalytic properties of PEO coatings on Mg alloy // Journal of Magnesium and Alloys. – 2023. – V. 11(2) . – pp. 735–752.
2. D. S. Dilla, E. V. Pustovalov, A. N. Fedorets. Cluster analysis of atomic structures in amorphous alloys // The Sixth Asian School-Conference on Physics and Technology of Nanostructured Materials: Abstracts. – 2022. – pp. 197-198.

3. Pustovalov E.V., Fedorets A.N., Tkachev V.V. Amorphous alloys atomic structure investigation by means of electron microscopy and diffraction // Key Engineering Materials. – 2021. V. – 887 KEM. – pp. 254-261.
4. Kuleshov E.L., Plotnikov V.S., Pustovalov E.V., Ostachenova T.S. Statistical model of a thin film formation // Key Engineering Materials. – 2021. – T. 887 KEM. – pp. 597-602.
5. Bronnikov K., Dostovalov A., Terentyev V., Babin S., Kozlov A., Pustovalov E., Gurevich E.L., Zhizhchenko A., Kuchmizhak A. Uniform subwavelength high-aspect ratio nanogratings on metal-protected bulk silicon produced by laser-induced periodic surface structuring // Applied Physics Letters. – 2021. – V. 119. – № 21. – P. 211106.
6. Пустовалов Е.В., Дилла Д.С., Федорец А.Н., Плотников В.С. Поиск и выделение графов на изображениях атомной структуры (атомграф) // Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2021667461, 29.10.2021.
7. Zhizhchenko A.Y., Tonkaev P., Gets D., Larin A., Zuev D., Starikov S., Pustovalov E. V., Zakharenko A.M., Kulinich S.A., Juodkazis S., Kuchmizhak A.A., Makarov S. V. Light-Emitting Nanophotonic Designs Enabled by Ultrafast Laser Processing of Halide Perovskites // Small. – 2020. – V. 16 – № 19. – pp. 1–11.

Согласен на обработку моих персональных данных.

Профессор департамента
информационных и компьютерных
систем, Института математики и
компьютерных технологий,
докт.физ.-мат.наук, доцент

Пустовалов
Евгений
Владиславович



Подпись: *Пустовалов Евгений Владиславович*
 Подпись: *У.А. Багадасович*
 20 14 г.