

ОТЗЫВ

официального оппонента

на диссертацию **Бизяева Дмитрия Анатольевича**

«Создание и исследование магнитных микро- и наноструктур методами сканирующей зондовой микроскопии»,

представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

Несмотря на огромное число работ, проблема снижения потерь энергии при перемагничивании ферромагнетиков и наноструктур на их основе в настоящее время полностью не решена. Исследования таких явлений как перемагничивание ферромагнетика спин-поляризованным электрическим током или электрическим полем направлены, в первую очередь, на решение этой задачи. Диссертация Д.А. Бизяева посвящена изучению некоторых аспектов указанной проблемы с помощью методов сканирующей зондовой микроскопии. Таким образом, тема диссертации, несомненно, **актуальна**.

Диссертация состоит из Введения, литературного обзора, четырех оригинальных глав и Заключения.

Во Введении изложены актуальность работы, цели и задачи исследований, описание объектов и методов исследований, новизна, научная и практическая значимость полученных результатов.

В Первой главе диссертации представлен литературный обзор, который содержит анализ последних достижений в области сканирующей зондовой и зарядовой литографии. Приведено описание различных методов определения коэрцитивной силы магнитных зондов и температуры Кюри ферромагнитных материалов. Кроме того, дано описание результатов теоретических и экспериментальных исследований действия импульсов тока и внешнего магнитного поля на ферромагнитные нанопроволоки, изготовленные из различных материалов.

Во Второй главе диссертации описаны используемые приборы и установки, их модификации, способы создания с помощью масок образцов, а также методы их исследования.

В Третьей главе приведены результаты формирования литографических масок с помощью сканирующей зондовой литографии. Рассмотрены преимущества и недостатки стандартных методов, а также предложены новые методы сканирующей зондовой литографии, позволяющие изготавливать маски в полимерных пленках толщиной больше 50 нм. Показано влияние селективного химического растворителя сложного состава на качество созданных масок. Кроме этого, рассмотрен вопрос о влиянии внешнего магнитного поля на величину электрического потенциала в центре индуцированных состояний,

созданных на поверхности лантан-стронциевых манганитов. Предложено объяснение этого влияния, основанное на модели зарядово-фазового разделения.

В Четвертой главе представлен новый метод определения коэрцитивной силы магнитных зондов в направлении их трудной оси намагничивания. Он основан на анализе профилей магнитно-силовых изображений, получаемых от тестовых микрочастиц кобальта в разных по величине и направлению внешних магнитных полях. Также представлены результаты компьютерного моделирования магнитно-силовых изображений, учитывающие поворот вектора намагниченности в игле, и производится их сравнение с экспериментальными.

В Пятой главе описаны результаты исследований по пропусканию тока высокой плотности через нанопроволоки никеля различного сечения. По результатам исследований была предложена новая методика определения температуры Кюри ферромагнитных нанопроволок. Представлены эксперименты по влиянию геометрических размеров проволок на температуру Кюри. Кроме того, рассматриваются вопросы о влиянии величины импульса тока, геометрии и морфологии проволок на их распределение намагниченности. Проводится компьютерное моделирование по перестройке распределения намагниченности в никелевых нанопроволоках при их нагреве.

В качестве основных результатов, полученных в ходе выполнения диссертационной работы, следует отметить:

1. Обнаружение влияния внешнего магнитного поля на величину электрического потенциала, индуцированного в лантан - стронциевых манганитах с помощью зарядовой зондовой литографии.
2. Развитие методов зондовой микроскопии для получения ферромагнитных наноструктур и определения коэрцитивной силы магнитных зондов.
3. Развитие метода определения температуры Кюри ферромагнитных нанопроволок, основанного на анализе критической мощности, подводимой к проволоке, от температуры. Этот метод позволил определить механизм перестройки распределения намагниченности в никелевых нанопроволоках при пропускании через них импульса тока высокой плотности.

Эти результаты являются новыми, использованные экспериментальные методы и вычислительные программы хорошо апробированы. Основные результаты диссертации представлены в 7 научных статьях, опубликованных в ведущих российских и международных научных журналах, докладывались на крупных научных конференциях и известны специалистам. Таким образом, **новизна, достоверность, а также обоснованность научных положений и выводов**, сформулированных в диссертации, не вызывают сомнений.

Однако, по диссертационной работе имеются **замечания**:

1. В тексте содержится довольно много опечаток. Так, например, неясно что означает дифференцирование по M в формуле (1.6), название параграфа 4.1 написано в неправильном падеже и др.


2. В литературном обзоре отсутствуют данные об особенностях фазовой диаграммы лантан - стронциевого манганита, что затрудняет понимание полученных в диссертации результатов. Чему равны температуры магнитного и сегнетоэлектрического переходов в этих кристаллах? Какова величина магнитного момента и возможно ли обнаружение намагниченности индуцированных областей методами магнитно-силовой микроскопии?

3. О какой магнитокристаллической анизотропии (кубической, одноосной...) идет речь в 5-ой главе диссертации? Как проявляется эта анизотропия в поликристаллических образцах и, в конечном счете, влияет на формирование доменной структуры в них? Ответов на эти вопросы не удалось найти в тексте диссертации.

Приведенные замечания не снижают общей высокой оценки представленной диссертации. **В целом** диссертационная работа выполнена на высоком научном уровне и представляет собой законченное исследование. Полученные результаты могут быть использованы в Институте физики твердого тела РАН (г. Черноголовка), ФНИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН (г. Москва), Институте физики микроструктур РАН (г. Нижний Новгород) и других научных центрах, занимающихся исследованиями данной проблемы. Автореферат отражает содержание диссертации. По своему объему, достоверности, новизне, практической значимости полученных результатов диссертация Бизяева Дмитрия Анатольевича удовлетворяет требованиям п.9 «Положения ВАК РФ о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

Официальный оппонент:

д.ф.-м.н.



Фраерман Андрей Александрович
11.05.2017г

Заведующий отделом магнитных наноструктур Института физики микроструктур РАН (ИФМ РАН) – филиала ФГБНУ «Федеральный

исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук»

603087, Российская Федерация, Нижегородская обл.,

Кстовский район, д. Афоново, ул. Академическая, д. 7, ИФМ РАН.

Рабочий телефон: +7(831) 417-94-51

E-mail: andr@ipmras.ru

Web-страница: <http://ipmras.ru/ru/structure/people/andr>

Подпись А.А. Фраермана заверяю.

Ученый секретарь ИФМ РАН,

к.ф-м.н.



Д.М. Гапонова