Отзыв

Официального оппонента на диссертационную работу Аксенова Олега Игоревича на тему «Влияние механических напряжений на магнитную доменную структуру и свойства аморфных и нанокристаллических сплавов на основе железа», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 «Физика конденсированного состояния»

Диссертационная работу Аксенова О.И. посвящена установлению закономерностей модификации магнитной структуры и гистерезисной петли ферромагнитных микропроводов (жила - аморфный железокремнистый сплав - стеклянная оболочка - Pyrex) в ходе термической и механической обработки.

Известно, что железокремнистые стали являются важнейшими материалами электротехники и радиоэлектроники. Переход от кристаллических к аморфным и нанокристаллическим сплавам, содержащим 70-80% железа, позволил увеличить рабочую частоту в устройствах радиоэлектроники до десятков кГц. Улучшение физических свойств этих магнитомягких сплавов осуществляют как технологическими (лента, провод, микропровод в оболочке), так и физическими методами (формирование наведенной магнитной анизотропии, создание магнитоструктурных барьеров, оптимизированной доменной структуры и т.д.). Механизмы и закономерности формирования оптимальной магнитной и атомной структуры в этом новом классе магнитомягких материалах сейчас устанавливаются.

Поэтому тема диссертации Аксенова О.И. актуальна, а проведенные исследования значимы для прикладного материаловедения и прикладного магнетизма.

Исследования по теме диссертации опубликованы в 6-ти журнальных публикациях и представлены на 12-ти конференциях высокого уровня. Диссертация изложена на 136 страницах и включает 70 иллюстраций, 9 таблиц и список литературы из 107 источников. Текст работы разбит на введение, четыре главы и заключение.

Во введение содержится убедительное обоснование актуальности темы диссертации, формулируются основные цели и задачи исследования и

суммируются результаты, составляющие научную новизну и практическую значимость диссертации.

В первой главе на 32 стр. проводится аналитический обзор литературы, посвященный магнитной структуре и свойствам аморфных микропроводов, технологии получения, особенностям атомной структуры, особенностям обнаруженных новых физических эффектов, и их применению в качестве функциональных материалов в электронных устройствах. Обозначаются темы, не рассмотренные в существующей литературе, и ставятся задачи диссертационного исследования.

Во второй главе на 19 стр. представлены изучаемые материалы – аморфные микропровода FeSiB и FeCuNbBSi с различными диаметрами металлической жилы и толщиной стеклянной оболочки, используемые экспериментальные методики и способы обработки. Зависимости формы кривой намагничивания и гистерезисной петли были изучены методами индукционной магнитометрии (вибромагнитометр и флюксметр), доменная структура изучена оригинальным методом магнитооптических индикаторных пленок, разработанным в ИФТТ РАН. Морфологические параметры образцов, их атомная структура и фазовый состав – методами электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа.

В третьей главе на 22 стр. представлены основные результаты диссертации: это аттестация атомной и морфологической структуры микропроводов; результаты исследования периодической магнитной структуры микропроводов с положительной магнитострикцией при изменении уровня внутренних механических напряжений и величины магнитострикции. Здесь экспериментально определена ширина поверхностных магнитных доменов в исходных аморфных ферромагнитных микропроводах; показано влияние релаксации внутренних напряжений в аморфных ферромагнетиках на ширину равновесного домена – при уменьшении упругой энергии ширина равновесного домена увеличивается; установлено, что в ходе образования нанокристаллического состояния и уменьшения магнитоупругой энергии (вследствие уменьшения константы магнитострикции) ширина равновесного домена увеличивается существенно. Установлено, что при растяжении микропровда до напряжений близких к пределу прочности, ширина равновесного домена существенно уменьшается.

В четвертой главе на 36 стр. представлены результаты исследований, представляющих интерес для прикладного материаловедения и прикладного магнетизма. Здесь проведена оценка величины компонент тензора напряжений в полученных микропроводах; проведен расчет эволюции средних напряжений при

растяжении аморфных микропроводов; экспериментально изучена зависимость коэрцитивной силы (характеристика гистерезисной петли) аморфных ферромагнитных микропроводов при их растяжении “in situ”; установлена роль адгезии между жилой аморфного ферромагнитного сплава и стеклянной оболочкой в изменении тензора напряжений и, наконец, экспериментально измерена адгезия (напряжение) между стеклянной оболочкой и металлической жилой. На последнем результате стоит остановиться – автор предложил способ измерения адгезии между металлической жилой и стеклянной оболочкой, предложил модель, провел расчеты и показал хорошее соответствие между экспериментом и расчетной формулой (рис. 69 на стр. 117). Зависимость коэрцитивной силы от растягивающих напряжений оказалась не простой, но автор досконально её установил для различных микропроводов.

Заключение (2 стр.) подводит итог проведенному исследованию и содержит семь выводов, отражающих суть проведенного исследования.

Диссертационная работа хорошо написана и оформлена, однако не свободна от редакционных погрешностей. Встречаются орфографические ошибки, неизбежные при компьютерном наборе, часть из них попала и в автореферат.

Переходя к оценке диссертационной работы в целом, необходимо отметить следующее:

1. Ряд результатов является новыми (новое научное знание) и важны как для прикладного магнетизма, так и прикладного материаловедения. К ним относятся:

- применение Фурье-анализа для изучения отпечатка доменной структуры ферромагнитного микропровода на феррит-гранатовой индикаторной пленке – регистрация периодичности позволяет сразу же установить размер равновесного магнитного домена и легко отслеживать его изменения при изменении морфологических параметров материала либо внешних воздействий на материал.

- расчет и эксперимент по определению напряжения отрыва стеклянной оболочки от металлической жилы и много другое.

2. Есть и недостатки: к ним я отношу появление в тексте чужих формул – формула (4) на стр. 27, формула (6) на стр. 39, формула (26) на стр. 100 – без должного обоснования и разъяснения их физического смысла.

3. Однако это не мешает положительному восприятию работы и выводу – экспериментальные результаты работы достоверны и убедительно доказаны.

Подводя итог, отмечу, что диссертационная работа Аксенова О.И. «Влияние механических напряжений на магнитную доменную структуру и свойства

аморфных и нанокристаллических сплавов на основе железа» удовлетворяет всем требованиям ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук и соответствует критериям «Положения о присуждении ученых степеней» в редакции, утвержденной Постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842 с изменениями от 21.04.2016 г. №335.

Научные и прикладные аспекты диссертационной работы Аксенова О.И. могут быть использованы в деятельности ряда академических, отраслевых и учебных организаций: ИМЕТ РАН, ИФ СО РАН, МГУ, МИСиС, УрФУ, ДвФУ и другие.

Автореферат правильно отражает содержание диссертации.

Считаю, что Олег Игоревич Аксенов является квалифицированным научным работником в области физики конденсированного состояния и заслуживает присуждение искомой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Главный научный сотрудник
Института физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения
Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ
КНЦ СО РАН (ИФ СО РАН)
доктор физико-математических наук, по специальности 01.04.11 –
физика магнитных явлений, профессор _____ Р.С. Исхаков
02 июня 2021г.

Почтовый адрес: 660036, г. Красноярск, Академгородок, 50, строение 38
Тел. +7(391)243-26-35
Факс +7(391)243-89-23
e-mail: rauf@iph.krasn.ru

Подпись Р.С. Исхакова заверяю
Ученый секретарь ИФ СО РАН,
кандидат физико-математических наук _____ А.О. Злотников