

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Фукса Артёма Андреевича «Образование нанокристаллов и доменная структура в аморфных сплавах с различным напряженным состоянием» на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8 – «Физика конденсированного состояния»

В работе Фукса Артёма Андреевича проведено исследование влияния исходного напряжённого состояния аморфных ферромагнитных микропроводов на основе железа на процесс формирования нанокристаллов и последующие изменения магнитных гистерезисных и высокочастотных свойств и доменной структуры. Выбранные объекты исследования, несомненно, представляют большой интерес. С одной стороны, аморфные сплавы на основе железа обладают высокими магнитными характеристиками, повысить которые можно путем формирования в них аморфно-нанокристаллической структуры. С другой стороны, особенности получения микропроводов, приводящие к неоднородному характеру распределения внутренних напряжений, делает их весьма необычными и перспективными объектами исследования с точки зрения формирования наноструктуры и получения требуемого комплекса свойств. Широкий спектр превосходных свойств и их ярко выраженная зависимость от напряженного состояния обеспечивает прикладное назначение исследуемых микропроводов. Таким образом, диссертация Фукса А.А. несомненно, является актуальной и проливает свет на особенности формирования наноструктуры в таких объектах и на взаимосвязь данного явления с изменениями магнитных гистерезисных и высокочастотных свойств, а также доменной структуры.

В работе получен ряд принципиально новых, важных результатов, связанных как со свойствами исходных и частично-кристаллических аморфных сплавов, так и с процессами получения нанокристаллической структурой в аморфной фазе:

1. Впервые методом магнитно-силовой сканирующей микроскопии исследована приповерхностная доменная структура аморфных микропроводов на основе железа с положительной магнитострикцией. В развитие ранее проведенных магнитооптических исследований показано, что формирование в приповерхностном объёме кольцевых доменов с радиальным направлением магнитного момента происходит только под действием внешнего магнитного поля. В отсутствие внешнего магнитного поля в приповерхностном слое микропроводов с положительной магнитострикцией впервые наблюдались лабиринтные и зигзагообразные домены, а также домены, в которых превалируют циркулярная и аксиальная компоненты магнитного момента.

2. Предложена модель доменной структуры поверхностного слоя микропровода, учитывающая асимметрию в распределении внутренних

напряжений, возникающую в результате неоднородного охлаждения микропровода в процессе изготовления.

3. Проведены расчёты кинетики нанокристаллизации с учётом неоднородного распределения внутренних механических напряжений по сечению микропровода и экспериментально продемонстрировано, что при нагреве аморфных микропроводов возможно формирование градиентной аморфно-нанокристаллической структуры, состоящей из аморфной центральной части и нанокристаллизованного приповерхностного слоя.

4. В микропроводах состава $\text{Fe}_{70}\text{Si}_{18}\text{B}_9\text{Cu}_1\text{Nb}_2$ с градиентной наноструктурой достигнут прирост импеданса $\Delta Z/Z = 150\%$ на частоте тока 200 МГц, что является одним из рекордных значений эффекта ГМИ, полученных в микропроводах на основе железа.

Диссертантом выполнен большой объем работы. Полученные результаты обладают комплексностью, хорошо структурированы и обоснованы. Резюмируя вышесказанное, считаю, что диссертация Фукса Артёма Андреевича «Образование нанокристаллов и доменная структура в аморфных сплавах с различным напряженным состоянием» соответствует требованиям п. 9 «Положение о присуждении учёных степеней», утверждённого постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 г. №842, а её автор заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.8. – «Физика конденсированного состояния».

Доктор физико-математических наук, доцент, заведующий кафедрой Наноматериалы и нанотехнологии РХТУ им. Д.И. Менделеева

Родин Алексей Олегович

24

ноября 2025 г.

Почтовый индекс, почтовый адрес: Москва,

Телефон +79104066370

Электронная почта: rodin.a.o@muctr.ru

Я, Родин Алексей Олегович, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета 24.1.136.01 (Д 002.100.02) и на дальнейшую обработку.

Подпись заверил:



Секретарь РХТУ им. Д.И. Менделеева
Маларов Н.А.