

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ершова Николая Владимировича
«Закономерности формирования атомной структуры магнитомягких железокремнистых сплавов», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности

01.04.07 – Физика конденсированного состояния

Идея направленного (ориентированного) парного атомного упорядочения давно используется в производстве магнитомягких материалов. Тем не менее, она до сих пор являлась научной гипотезой, не получившей прямого экспериментального подтверждения. Поэтому тема диссертационной работы Н.В. Ершова, направленной на выяснение закономерностей и атомных механизмов формирования структур в магнитомягких сплавах на примере бинарной системы Fe-Si и сплавов на ее основе типа фанметов при различных обработках в магнитном поле и под механическим напряжением, является актуальной с фундаментальной и прикладной точек зрения.

В работе последовательно и детально изучено явление наведенной магнитной анизотропии (НМА) экспериментальными методами рентгеновской дифрактометрии с использованием четырехкружного гониометра, мессбауэровской спектроскопии и с помощью теоретических первопринципных расчетов. Сплавы α -Fe(Si) с концентрацией до 10 ат.% Si исследовались в виде монокристаллов и поликристаллов с текстурой Госсса после термообработок при температурах ниже и выше точки Кюри - ТМО с наложенным насыщающим постоянным или переменным магнитным полем и под механическими напряжениями (ТМехО). Сплавы Fe-Si-Nb-Cu-B с различным (от 0 до 13.5 %) содержанием Si в виде быстрозакаленных лент после нанокристаллизации исследовались после тех же ТМО и ТМехО.

Из всей совокупности полученных новых результатов как наиболее значимые могут быть выделены следующие. В кристаллических сплавах Fe-Si наведенная одноосная магнитная анизотропия возникает одинаково как при ТМО, так и ТМехО за счет направленного (анизотропного) Si-Si парного атомного упорядочения по типу В2 вдоль одного из направлений легчайшего намагничивания $\langle 100 \rangle$, ближайшего к направлению приложенного магнитного поля или приложенной нагрузки. Таким образом, экспериментально подтверждена гипотеза о направленном упорядочении атомов кремния в сплавах Fe-Si при наведении осевой магнитной анизотропии. Для создания максимальной степени направленного порядка и получения наилучших магнитомягких свойств ТМО отжиг должен проводиться чуть выше точки Кюри, то есть в парамагнитном состоянии, когда диффузионная подвижность атомов высока. В этом случае направленный В2 порядок, формирующийся при ТМО, может быть заморожен при дальнейшем охлаждении, несмотря на относительно большую стабильность D0₃ конфигураций при комнатной температуре.

В фанметлах Fe-Si-Nb-Cu-B, имеющих аморфно-нанокристаллическую структуру, наведенная магнитная анизотропия возникает за счет разницы упругих свойств нанокристаллитов Fe-Si и аморфной матрицы. Направленный ближний атомный порядок играет второстепенную роль.

Замечания:

1. Формула Шеррера, использованная автором для определения средних размеров упорядоченных областей по ширине дифракционных линий, справедлива при отсутствии микроискажений решетки, которые вносят вклад в ширину линии. Следовало бы обосновать применимость формулы в данной работе.

2. По прочтении автореферата осталось непонятным, как сдвигаются ближайшие соседи кремния. Согласно модельной атомной структуре в расчетах по программе DISCUS (стр. 17) атомы Fe, находящиеся в 3-х первых координационных сферах, смещаются в направлении атомов Si. В то время как в первопринципных расчетах получено (стр. 19), что первые ближайшие соседи атома Si удаляются от него. Следует пояснить, является ли это

кажущимся противоречием.

3. Замечания по оформлению автореферата. Имеются два различных рисунка, обозначенные одинаково как Рисунок 2. Обязательные для автореферата разделы, такие как Актуальность темы, Цель работы и задачи исследования, Научная новизна и особенно Положения, выносимые на защиту, а также Заключение, выглядят слишком пространными. Так в изложении защищаемых положений не нужны слова типа "обнаружена...", "сформулированы...", "получены...", "определены...", "установлено..." и т.д., а нужны короткие твердые научные положения. Как результат неоправданной растянутости этих разделов (при требуемой ограниченности количества страниц автореферата) некоторые существенные для понимания сути работы подробности упущены в автореферате. Так например, не указывается длина волны используемого рентгеновского излучения, и стоит только догадываться, что это $\text{Mo K}\alpha$. Что имеется в виду под координатой 6:2 на стр. 26?

Приведенные замечания не касаются существа работы и значения полученных результатов. Диссертация является законченной научно-квалификационной работой, выполнена на высоком научном уровне, содержит научную новизну, представляет большой научный и практический интерес. Она вносит значительный вклад в понимание природы и механизмов формирования наведенной магнитной анизотропии в магнитомягких сплавах. Данная диссертационная работа отвечает критериям п.п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24 сентября 2013 г. (с изменениями в Положении, утвержденными постановлением Правительства РФ № 335 от 21 апреля 2016 г.), предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор, Ершова Николая Владимировича, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Главный научный сотрудник
отдела Физики и химии наноматериалов
Физико-технического института
ФГБУН Удмуртский федеральный
исследовательский центр Уральского
отделения Российской академии наук
(УдмФИЦ УрО РАН),
доктор физ.-мат. наук

Дорофеев Геннадий Алексеевич
«17» 07 2020 г.

Почтовый адрес: 426067, г. Ижевск, ул. Т. Барамзиной, д.34
Тел.: +7 (3412) 720578
E-mail: gadorofeev@udman.ru

Я, Дорофеев Г.А., даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Подпись Дорофеева Г.А., з.с. Черных Н.Н.
Специалист по кадр. делам
С отрывком однокл.м.п.
/Н.В.Ершова/
29 января 2020 года