

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета на диссертацию Елмекави Ахмед Хассан Абделрахман на тему: «Магнитные свойства массивов железных нанонитей: влияние геометрических параметров», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 01.04.07 — Физика конденсированного состояния.

Разработка и получение нанокмполитов с заданными физико-химическими свойствами являются важной проблемой современного материаловедения. Особое место здесь занимают наноматериалы с особыми магнитными свойствами. В представленной работе исследуются структурные и магнитные характеристики массивов ферромагнитных нанонитей, инкорпорированных в пористую структуру анодного оксида алюминия (АОА). Сами мембраны АОА получают в результате анодирования алюминиевой пластины в кислой среде электролита при определенном сочетании величины прикладываемого потенциала и концентрации кислоты на границе раздела металл-электролит. Образующаяся оксидная пленка обладает гексагонально упорядоченной структурой пор, растущих перпендикулярно поверхности, с характерным диаметром в нанодиапазоне. Такого рода мембраны уже успели найти самые различные применения, включая фильтры и мембраны в химических и биологических реакторах. На их основе сегодня ведутся разработки высокотехнологичных устройств: газовых сенсоров и суперконденсаторов, ячеек памяти, детекторов и т.д. В частности, осаждение в поры магнитных материалов делает возможным реализацию так называемых нанонитей с сильной анизотропией магнитных свойств. Регулирование диаметром пор, их плотностью упаковки и толщиной мембраны (следовательно, длиной нитей) открывает широкие возможности по управлению анизотропией и магнитными свойствами таких систем. В настоящей работе детально исследуются нанонити на основе железа.

Не вызывает сомнения актуальность и практическая значимость работы, направленной на прояснение особенностей магнитного поведения массивов железных нанонитей в зависимости от длины и диаметра отдельной нанонити. В работе проведен комплексный анализ пространственной структуры массивов нанонитей на основе данных сканирующей электронной микроскопии, рентгеновской дифракции и малоуглового рентгеновского рассеяния. Результаты структурных исследований использованы в характеристике определенных методом СКВИД-магнитометрии интегральных магнитных свойств массивов железных нанонитей, включая определение полей перемагничивания и взаимодействий в массивах железных нанонитей. Экспериментальные данные дополнены сравнением моделей, используемых при микромагнитном моделировании массивов железных нанонитей.

Получены значимые результаты, связанные с особенностями магнитного взаимодействия несегментированных нанонитей из чистого железа. В частности,

состояние остаточной намагниченности объяснено некоторой долей нанонитей (до порядка 20%), намагниченных антипараллельно другим нитям. Прояснен механизм перемагничивания нитей через движения вихревой доменной стенки. Обнаружено, что уменьшение взаимодействия между нитями приводит к росту коэрцитивной силы.

К работе имеется несколько критических замечаний.

1) Недостаточно полно описана процедура анализа набора СЭМ изображений. В отношении данных на Рис. 3.1 читаем: «Все параметры, определённые в ходе анализа СЭМ-данных (усредненные по большому количеству изображений) нанокомпозитов Fe/АОА представлены в Таблице 3.1». Какое количество изображений использовалось? Зачем использовалось «большое количество»? Важным является количество объектов, для которых строилось распределение по диаметру, а не количество снимков. Разные снимки нужны для устранения систематической ошибки. В Таблице 3.1 указаны средние диаметры пор, а ширина распределения дана как ошибка измерения, что не совсем правильно. Средний диаметр и ширина распределения – это параметры, определяемые из анализа гистограмм, каждый из которых имеет свою экспериментальную ошибку. То же самое, видимо, относится и к средней длине поры. Таким образом, по сути, в Таблице 3.1 отсутствуют ошибки измерений. Аналогичные вопросы можно задать к данным на Рис. 4.2. Также в п. 4.1 читаем: «Было проанализировано много СЭМ-изображений с разных участков каждого образца, чтобы нивелировать локальность метода». Много – это сколько?

2) В п.3.1 читаем: «Значения коэффициентов заполнения соответствуют результатам обработки изображений: 79.3 ± 1.9 % для коротких ($L = 0.4$ мкм) и 96.8 ± 1.1 % для длинных ($L = 30$ мкм) нанонитей, соответственно. Опять же, здесь ошибки определены исходя из ширин распределений диаметров или даны средние значения с указанием экспериментальных ошибок? Этот момент требует прояснения.

3) В п.3.1 встречаем неточное утверждение: «Область образца, облучаемая пучком, значительно больше размера доменов гексагонального расположения пор АОА». Следует говорить о длине пространственной когерентности излучения и сравнивать соответствующую площадь засветки с размером доменов.

Данные замечания носят частный характер и не снижают общей высокой положительной оценки работы. Новизна, научная значимость и достоверность полученных в диссертации результатов не вызывает сомнений. Основные научные результаты работы получены впервые на основе хорошо отработанных экспериментальных методик и интерпретированы в рамках проверенных теоретических моделей.

Диссертация Елмекави Ахмед Хассан Абделрахман на тему: «Магнитные свойства массивов железных нанонитей: влияние геометрических параметров» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 01.09.2016 № 6821/1 «О порядке

присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Елмакави Ахмед Хассан Абделрахман заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по научной специальности 01.04.07 — Физика конденсированного состояния. Пункт 11 указанного Порядка диссертантом не нарушен.

Член диссертационного совета

Доктор физико-математических наук,
Начальник сектора нейтронной оптики,
Лаборатория нейтронной физики им. И.М. Франка,
Международная межправительственная организация
Объединенный институт ядерных исследований (ЛНФ ОИЯИ)
141980, Московская обл., г. Дубна, ул. Жолио-Кюри, 6

01.06.2021



Авдеев Михаил Васильевич

Подпись М.В.Авдеева заверяю.

Ученый секретарь ЛНФ ОИЯИ



Д.Худоба