

ОГЛАВ

официально утверждена на диссертационном работе Кравцова Елизавета Александровна «Комплексы рассеяния нейтронов и синхротронного излучения для исследования магнитных металлических наноструктур», представленную на соискание ученой степени доктори физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений

Актуальность темы диссертации

Создание магнитных многослойных структур - эффективный способ управления магнитными свойствами твердых тел. Впечатляющие успехи в этом направлении были достигнуты при разработке и создании новых материалов, обладающих эффектом гигантского (туннельного) магнитосопротивления. Привлекательными выглядят попытки создания искусственных многослойных систем, обладающих уникальными магнитооптическими, магнитоэлектрическими и магнитокалорическими свойствами. Для понимания природы эффектов, присущих многослойным магнитным структурам, необходимо развитие и применение новых неразрушающих методов исследования их атомного и магнитного строения с высоким пространственным разрешением. Поэтому, диссертация Е.А. Кравцова, посвященная экспериментальному исследованию широкого класса магнитных сверхрешеток и выполненному с использованием взаимодополняющих методов рассеяния нейтронов и рентгеновского излучения, несомненно, является актуальной.

Структура и основное содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения и списка литературы. Во введении обосновывается актуальность работы, сформулированы ее цель и задачи, научная новизна, приводятся положения, выносимые на защиту.

Первая глава диссертации посвящена исследованию атомной и магнитной структуры сверхрешеток Fe/Cr с использованием рентгеновской рефлектометрии, рефлектометрии поляризованных нейтронов и неэкрального рассеяния поляризованных нейтронов. Основное внимание в данной главе уделено роли межслойных границ в формировании магнитного упорядочения в сверхрешетках Fe/Cr. Методами рентгеновской рефлектометрии было исследовано влияние условий роста (температуры подложки) на структурные свойства

межслойных границ в сверхрешетках Fe/Cr. Впервые было экспериментально показано, что в сверхрешетках Fe/Cr формируется латеральная доменная структура, проявляющаяся в незеркальном рассеянии нейтронов с переворотом спина. Автором предложен оригинальный метод определения угла неколлинеарности в магнитных сверхрешетках, основанный на анализе незеркального рассеяния поляризованных нейтронов. Предложенный метод был успешно применен к определению угла между магнитными моментами соседних слоев Fe и установлена прямая корреляция между степенью несовершенства межслойных границ Fe-Cr и типом магнитного упорядочения в сверхрешетках Fe/Cr.

Вторая глава диссертации посвящена развитию метода определения элементно-чувствительных профилей намагниченности внутри отдельных слоев магнитных сверхрешеток, основанного на применении рефлектометрии поляризованных нейтронов и резонансной рентгеновской магнитной рефлектометрии. Разработанный метод был успешно использован для определения неоднородных магнитных состояний внутри слоев гадолиния в сверхрешетках Fe/Gd. Важным результатом является определение изменения ориентации магнитного момента гадолиния при низких температурах в сильных магнитных полях. Представляет интерес определение влияния граничных эффектов, проявляющихся в зависимости распределения намагниченности в сверхрешетке Fe/Gd от числа периодов.

Третья глава диссертации посвящена систематическому исследованию эффектов близости, эпитаксиальных напряжений и размерных эффектов на волн спиновой плотности в многослойных наноструктурах на основе Cr. Методами нейтронной и рентгеновской дифрактометрии показано, что эпитаксиальные напряжения, вызываемые подложкой, ответственны за направление распространения волны спиновой плотности в многослойных пленках Cr/V, близость слоев ванадия определяет поляризацию волны спиновой плотности в тонкопленочных системах Cr/V, а также направление ее распространения в V/Cr/V. По мере увеличения толщин слоев Cr магнитное состояние в сверхрешетках Cr/V изменяется от парамагнитного состояния к соизмеримой фазе волны спиновой плотности и, наконец, к несоизмеримой волне спиновой плотности в достаточно толстых слоях Cr. Важным результатом является прямое экспериментальное доказательство возможности управления магнитным состоянием в сравнительно толстых слоях хрома путем насыщения водородом соседних с ними слоев ванадия.

В четвертой главе развита техника DAFS спектроскопии, предназначенная для определения локальной атомной структуры для неэквивалентных кристаллографических позиций в сложных тонкопленочных наноструктурах. Разработанная техника применена для определения локальной

структуры атомов Mn в тонких плёнках Fe₂MnO₄, причем диссертанту удалось установить значительное уменьшение их координационных чисел на позициях с октаэдрическим окружением.

В заключении сформулированы выводы по работе.

Научная новизна результатов диссертационной работы

Научная новизна результатов диссертационной работы обусловлена тем, что диссертант успешно применил взаимодополняющие (комплементарные) нейтронно-синхротронные методы исследования для определения атомной и магнитной микроструктуры широкого класса многослойных систем, что позволило получить ряд новых, интересных результатов. В частности,

1. установлена связь между структурой межслойных границ и магнитным упорядочением в сверхрешетках Fe/Cr
2. впервые определены элементарно-чувствительные профили намагниченности в сверхрешетках Fe/Gd. Показано, что вблизи границ образуется тонкий слой с увеличенным магнитным моментом атомов Gd.
3. установлено, что эффекты близости слоев ванадия приводят к изменению поляризации и направления распространения волны спиновой плотности в многослойных структурах Cr/V. Обнаружено возникновение «магнитомертвого» слоя хрома вблизи интерфейсов Cr/V. Продемонстрирована возможность управляемого обратимого изменения магнитного состояния сверхрешеток Cr/V путем насыщения их водородом.
4. экспериментально обнаружено значительное уменьшение координационного числа первой координационной сферы для атомов Mn, расположенных в узлах типа B в пленках искусственных марганцевых ферритов.

Достоверность результатов и обоснованность выводов

Достоверность полученных результатов не вызывает сомнений. Она обеспечивается использованием аттестованных образцов и апробированных методик исследования, проведением различных экспериментов на одних и тех же образцах при одних и тех же экспериментальных условиях, согласием и непротиворечивостью полученных результатов и результатов, полученных другими авторами.

Диссертация оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Материалы диссертации опубликованы в 22 статьях из списка ВАК.

Практическая значимость полученных результатов

наноструктур с использованием комплементарных нейтронно-синхротронных методик. Содержание диссертации полностью соответствует формуле специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений. Автореферат полностью отражает основные положения диссертационной работы. Работа выполнена на высоком научном уровне, является самостоятельным исследованием, имеет большое практическое значение для развития неразрушающих ядерно-физических методов диагностики магнитных наноструктур. Полученные результаты являются обоснованными и достоверными, имеют существенное значение для науки и техники.

Диссертационная работа Кравцова Е.А. по своей актуальности, научной новизне, объему выполненных исследований, научной и практической значимости результатов соответствует требованиям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук, а ее автор Кравцов Евгений Алексеевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

заведующий отделом магнитных наноструктур Института физики микроструктур РАН —
филиала «Федерального исследовательского центра Институт прикладной физики Российской
академии наук»

доктор физ.-мат. наук

«5 декабря» 2017 г.

А.А. Фраерман

Почтовый адрес: ГСП-105, Нижний Новгород, 603950, Россия

Телефон: (831) 4179451

E-mail: andr@ipmras.ru

Ученый секретарь ИФМ РАН,

кандидат физ.-мат. наук

Д.М. Гапонова

*С отзвон
ознакомлен.
08.12.2017
/Е.А. Кравцов/*

Сведения об официальном оппоненте

ФИО: Фраерман Андрей Александрович

Ученая степень, звание: доктор физико-математических наук, специальность 01.04.07– физика конденсированного состояния

Полное наименование организации: Институт физики микроструктур РАН — филиал «Федерального исследовательского центра Институт прикладной физики Российской академии наук»

Должность: заведующий отделом магнитных наноструктур

Почтовый адрес: ГСП-105, Нижний Новгород, 603950, Россия

Телефон: (831) 4179451

E-mail: andr@ipmras.ru

Публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация

1. Д.А. Татарский, А. В. Петренко, С. Н. Вдовичев, О. Г. Удалов, Ю. В. Никитенко, А. А. Фраерман Особенности движения частиц со спином $1/2$ в некомпланарном магнитном поле УФН, 186:6 (2016), 654–658.
2. Д. А. Татарский, А. В. Петренко, С. Н. Вдовичев, О. Г. Удалов, Ю. В. Никитенко, А. А. Фраерман Невзаимная ячейка для нейтронов Письма в ЖЭТФ, 102:10 (2015), 721–725.
3. А. А. Фраерман Магнитные состояния и транспортные свойства ферромагнитных наноструктур УФН, 182:12 (2012), 1345–1351.
4. E. S. Demidov, N. S. Gusev, L. I. Budarin, E. A. Karashtin, V. L. Mironov, A. A. Fraerman Interlayer interaction in multilayer [Co/Pt] n /Pt/Co structures Journal of Applied Physics 120:17 (2016), 173901.
5. А. А. Фраерман, И. А. Шерешевский Магнитокалорический эффект в многослойных структурах ферромагнетик/парамагнетик Письма в ЖЭТФ, 101:9 (2015), 693–696.

Ученый секретарь ИФМ РАН,
кандидат физ.-мат. наук



Д.М. Галонова