

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Миляева Михаила Анатольевича «**Эффекты магнитной анизотропии в антиферромагнетиках и многослойных обменно-связанныхnanoструктурах**», представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений

Диссертационная работа М.А. Миляева посвящена изучению закономерностей поведения магнитных и магнитотранспортных свойств, связанных с наличием магнитной анизотропии в антиферромагнетиках и многослойных nanoструктурах. Следствием установления вышеупомянутых закономерностей стала разработка эффективных методов управления анизотропией, гистерезисными свойствами и получение высокочувствительных по отношению к внешнему магнитному полю материалов на основе эффекта гигантского магнитосопротивления. Разработка такой научнообоснованной технологии делает диссертационную работу Миляева М.А. чрезвычайно актуальной.

В результате проведения систематических экспериментальных и теоретических исследований и их глубокого сравнительного анализа в работе получен ряд интересных и значимых результатов. Среди них особенно выделяются следующие:

- Для впервые синтезированных (210)[Fe/Cr] сверхрешеток с выраженной одноосной плоскостной магнитной анизотропией в плоскости слоев установлено наличие множественных спин-флип переходов, определяющих при направлении магнитного поля вдоль оси легкого намагничивания многоступенчатый характер полевых зависимостей намагниченности и магнитосопротивления.

- В металлических спиновых клапанах разного типа установлены условия реализации безгистерезисного перемагничивания свободного слоя, что позволило в устойчивом режиме создавать спиновые клапаны, сочетающие малый гистерезис и высокую чувствительность магниторезистивного эффекта по отношению к внешнему магнитному полю.

- На основе данных об особенностях аксиальной текстуры <111> в слоях сверхрешёток, синтезированных с использованием нанометровых буферных слоев, получены рекордные для металлических сверхрешеток (Co<sub>90</sub>Fe<sub>10</sub>/Cu) значения магнитосопротивления.

В качестве замечаний следует отметить:

1) В первой главе утверждается, что «наличие двух осей антиферромагнетизма L<sub>1</sub> и L<sub>2</sub> показывает, что в общем случае в антиферромагнетике рассматриваемой симметрии могут существовать домены, разделенные как 180°, так и 90° доменными границами», но экспериментально особенности доменной структуры не исследуются.

2) В третьей главе утверждается, что «Одним из полученных в данной работе результатов является установленная количественная связь между степенью совершенства текстуры <111> и гистерезисом перемагничивания свободного слоя». Для этой цели были приготовлены спиновые клапаны на основе антиферромагнетика Mn<sub>75</sub>Ir<sub>25</sub>. Однако, из текста автореферата неясно,

как оценивались вклады от прослойки Си и от закреплённого слоя CoFe. Может быть, логичнее было установить связь между гистерезисом перемагничивания свободного слоя и особенностями только его текстуры на специально приготовленных образцах?

3) В работе практически отсутствуют методы динамической аттестации магнетиков, которые могут быть полезны при анализе особенностей различных вкладов в эффективную магнитную анизотропию.

Диссертационная работа Миляева М.А. характеризуется сочетанием высочайшего уровня технологической культуры, высокого уровня экспериментальных результатов и хорошего теоретического анализа, она создаёт основу для широкого применения в электронике исследованных наноматериалов. Данная работа является надежным исследованием с высокой степенью доверия к полученным результатам.

Основное содержание диссертации опубликовано в профильных реферируемых журналах, многократно обсуждалось на отечественных и международных конференциях, а сам автор имеет высокую репутацию среди магнитологов. Автореферат достаточно хорошо оформлен и иллюстрирован, хотя в нем и встречаются опечатки.

В целом, диссертация по актуальности, новизне, набору использованных экспериментальных и теоретических методик и подходов, а также по совокупности полученных результатов соответствует требованиям, предъявляемым ВАК Министерства образования и науки РФ к диссертациям на соискание ученой степени доктора физико-математических наук (пп. 9-11, 13, 14 «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), а её автор, Миляев Михаил Анатольевич, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Доктор физико-математических наук  
Профессор-исследователь кафедры  
магнетизма и магнитных наноматериалов  
Институт естественных наук и математики  
Уральский федеральный университет

Галина Владимировна



Адрес: 620002, Россия, г. Екатеринбург,  
ул. Мира, 19  
Тел. +7 (343) 389-97-06  
e-mail: [galinakurlyandskaya@urfu.ru](mailto:galinakurlyandskaya@urfu.ru)

С отчётом однакомлен. Подпись Миляев М.А. Заверяю

05.12.2017.

Курченской Т.В. 01 декабря 2017  
Начальник отдела  
документационного обеспечения  
управления

/ Вихренко Т.Е.