

## 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

К настоящему времени развитие физических исследований и технологического прогресса привело к возможности создания искусственных nanostructuredных сред с управляемыми магнитными, оптическими и электрическими характеристиками. Подобные структуры лежат в основе таких относительно новых научных направлений как фотоника, плазмоника, спинtronика, магноника. Среди спинtronных устройств важное место занимают сверхчувствительные сенсоры магнитного поля, в основе которых лежат nanostructures типа спиновых клапанов, а также структуры, построенные по типу обменно-связанных металлических сверхрешеток. Тема диссертации Миляева М.А., которая посвящена систематическому исследованию физических процессов, возникающих при создании и функционировании таких структур, и поиску способов их оптимизации для получения максимально возможной магниточувствительности является несомненно актуальной.

Отметим наиболее важные на наш взгляд результаты работы.

Детально исследована роль магнитной кристаллографической и наведенной анизотропии на магнитные и транспортные свойства металлических сверхрешеток, выращенных методом молекулярно-лучевой эпитаксии. Обнаружена существенная анизотропия этих свойств при намагничивании вдоль легкого и трудного направлений. При увеличении магнитного поля, приложенного вдоль легкого направления, наблюдается дискретное изменение намагченности и магнитосопротивления, в то время как вдоль трудной оси подобная дискретность отсутствует. Показано, что эти эффекты связаны с множественными спин-флип переходами, при которых происходит последовательное перемагничивание отдельных слоев nanostructure. Для доказательства дискретного перемагничивания автором использован магнитооптический сенсор на основе феррит-гранатовой пленки, который способен визуализировать доменную структуру в каждом из слоев. Экспериментально посредством термических исследований доказано, что в основе асинхронности перемагничивания лежит градиент упругих напряжений, возникающих при эпитаксиальном росте nanoструктур.

При синтезе спиновых клапанов определяющим является отсутствие гистерезиса в изменении магнитного состояния магнитомягкого слоя. Для реализации этого состояния автором предложен оригинальный способ получения скрещенной конфигурации магнитной анизотропии.

Установлена роль толщины буферного слоя Cr и степени совершенства кристаллической структуры на магнитные свойства Co-Fe сверхрешеток.

В результате оптимизации свойств обменно-связанных сверхрешеток на основе Co-Fe/Cu в работе получено рекордное значение величины магнетосопротивления при комнатной температуре более 80%.

В целом представленная диссертационная работа является законченным научным исследованием, которое вносит значительный вклад в развитие методов синтеза магниторезистивных наноструктур с заданными свойствами. Она несомненно будет способствовать более глубокому пониманию физики магнитных и кинетических явлений в таких структурах и повышению качества создаваемых на их основе приборов и устройств.

Материалы диссертации опубликованы в ведущих научных изданиях и прошли аprobацию на научных форумах различного уровня.

Полагаю, что диссертационная работа диссертации Миляева Михаила Анатольевича «Эффекты магнитной анизотропии в антиферромагнетиках и многослойных обменно-связанных наноструктурах» безусловно соответствует требованиям, предъявляемым к работам такого уровня, а её автор несомненно заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

Заведующий кафедрой экспериментальной физики  
Физико-технического института (структурное подразделение)  
Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Крымский федеральный университет  
имени В.И.Вернадского»,  
профессор, доктор физико-математических наук

Б. Н. Бержанский

Проспект академика Вернадского, 4, г. Симферополь, Республика Крым, 295007  
Телефон: +7 (3652) 63-75-95  
E-mail: v.n.berzhansky@cfuv.ru

Согласован  
однокомиссией.

Миляев М.А.

20.12.2017.

