

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Заворницына Романа Сергеевича** на тему:  
**«Магнитотранспортные свойства спиновых клапанов на основе  
редкоземельных и переходных металлов»**,  
представленную на соискание учёной степени кандидата физико-математических  
наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений

В диссертационной работе Заворницына Р.С. исследуются свойства и перспективы использования комплекса наноструктур типа «спиновый клапан» на основе 4f- редкоземельных и 3d- переходных металлов. Функциональные параметры таких структур можно варьировать, меняя композицию наноструктуры и используя слои материалов с разными магнитными характеристиками. Величина магнитосопротивления подобной структуры зависит от взаимной ориентации магнитных моментов отдельных нанослоев, что позволяет создавать спиновые клапаны с большими значениями магнетосопротивления, которое необходимо для решения ряда задач магнитосенсорики. Использование 4f-редкоземельных элементов для создания спиновых клапанов предоставляет дополнительные возможности для управления межслойным взаимодействием и в настоящее время такие структуры изучены довольно слабо. В связи с этим актуальность темы диссертации у нас не вызывает сомнения.

Отметим наиболее интересные на наш взгляд результаты работы.

Это прежде всего синтез и исследование 3d-Ru-спиновых клапанов с технологически управляемым параметром межслойного обменного взаимодействия, обладающих большим магнетосопротивлением до 11%. Синтезированы и исследованы 3d-4f-спиновые клапаны на основе таких редкоземельных элементов как Dy и Ho. Определены условия возникновения однонаправленной анизотропии в наноструктурах на их основе. Обнаружено, что меняя толщину наноразмерного слоя Dy в таком спиновом клапане, можно добиться 3d-4f-магнитной компенсации, которая, как оказалось, зависит как от температуры, так и от магнитного поля. Предложен метод определения магнитного состояния 4f-нанослоев на основе анализа магнитотранспортных свойств спиновых клапанов. Установлено, что поля и температуры, в которых происходит магнитная компенсация, зависят от толщины 4f-нанослоя.

Работа прошла апробацию на 8 конференциях всероссийского и международного уровня. Основные результаты диссертационной работы опубликованы в 11 статьях в научных рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК и в 11 тезисах докладов на российских и международных конференциях.

Несмотря на указанные достоинства работы, у нас имеется пара замечаний.

1. На основе температурных измерений магнетосопротивления в работе определены фазовые H-T-диаграммы компенсационных структур, реализуемых в 3d-5f-спиновых клапанах. Классический подход к построению подобных диаграмм базируется на измерении непосредственно магнитных свойств. Если подобные измерения были сделаны, а судя по автореферату в распоряжении автора был комплекс высокочувствительной магнитометрической аппаратуры, то было бы полезно провести такое сравнение.

2. Известно, что Dy обладает наибольшим значением константы магнитоупругости среди всех 4f-металлов. На наш взгляд было бы интересно проанализировать вклад магнитоупругой подсистемы спинового клапана на его основе как при формировании однонаправленной анизотропии, так и оценить ее возможное влияние на полученные Н-Т фазовые диаграммы.

Сделанные замечания не влияют на высокую оценку диссертационной работы, которая, безусловно, выполнена на современном научно-техническом уровне, а ее результаты имеют фундаментальное и прикладное значение.

Считаю, что диссертация Заборицына Романа Сергеевича «Магнито-транспортные свойства спиновых клапанов на основе редкоземельных и переходных металлов», представленная на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 – Физика магнитных явлений, является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, имеющей существенное значение для соответствующей отрасли знаний в области физики магнитных явлений.

Данная диссертационная работа полностью соответствует требованиям раздела II «Положения о порядке присуждения учёных степеней», а её автор заслуживает присуждения искомой учёной степени.

Профессор кафедры экспериментальной физики  
Физико-технического института  
ФГАОУ ВО «КФУ им. В.И. Вернадского»,  
профессор, доктор физико-математических наук

В. Н. Бержанский

2023

Полное название организации: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Крымский федеральный университет имени В.И. Вернадского»

Почтовый адрес: 295007, Российская Федерация, Республика Крым,

г. Симферополь, проспект академика Вернадского, 4

Телефон: +7 (3652) 51-70-95

E-mail: [v.n.berzhansky@cfuv.ru](mailto:v.n.berzhansky@cfuv.ru)

Подпись профессора Бержанского Владимира Наумовича заверяю:

Ученый секретарь Ученого совета  
Федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Крымский федеральный университет  
имени В. И. Вернадского»

Л. М. Митрохина

Л. М. Митрохина

Заборицын Р.С.

2023

