

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Заворницына Романа Сергеевича «*Магнитотранспортные свойства спиновых клапанов на основе редкоземельных и переходных металлов*», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.3.12 – физика магнитных явлений.

Интерес к наноразмерным магнитным системам с различными комбинациями чередования магнитных и немагнитных слоев обусловлен как богатым набором физических свойств, так и практической направленностью проводимых исследований. Одним из практически перспективных направлений является создание и изучение структур, обладающих эффектом спинового клапана. Пожалуй, одним из главных достоинств таких структур является возможность управления свойствами, как на технологической стадии, так и путем различных внешних воздействий.

Работа Р.С. Заворницына посвящена экспериментальному исследованию магнитотранспортных свойств спиновых клапанов на основе редкоземельных и 3d-металлов. Решение этой задачи является многоступенчатым. Во-первых, это создание новых многослойных структур с закрепляющим магнито жестким слоем на основе редкоземельного металла. Во-вторых, паспортизация индивидуальных слоев и состояния интерфейсов между различными слоями. И, в-третьих, исследование магнитотранспортных свойств созданных многослойных структур. Это все определяет **актуальность** настоящих исследований. **Научная новизна** обусловлена тем, что в созданных спиновых клапанах на основе диспрозия и гольмия многие свойства определяются состоянием интерфейсов. Так, в случае с диспрозием, когда он находится в антиферромагнитном состоянии, формируется однонаправленная анизотропия, при этом направление намагниченности в рабочем слое  $\text{Co}_{1-x}\text{Fe}_x$  задается направлением момента в слое диспрозия при переходе. В случае гольмия геликоид поворачивается внешним магнитным полем вокруг оси геликоида. Оба этих момента проявляются в поведении магнитосопротивления.

Конечной целью всех исследований является создание структур, обладающих большим эффектом магнитосопротивления и пригодных для применений. В основе исследований лежит разработка технологии получения высококачественных пленочных слоев и структур. Проведено всестороннее изучение магнитных характеристик слоев, составляющих структуру, определены диапазоны управляющих магнитных полей, температур, изменения величины магнитосопротивления. Полученные результаты сравниваются с известными величинами магнитосопротивления и способами оптимизации при создании магниточувствительных датчиков и могут использоваться для понимания экспериментальных результатов и планирования новых экспериментов. Такой подход обеспечивает **практическую значимость** проведенных исследований. **Достоверность** полученных результатов определяется набором использованных современных экспериментальных установок, подтверждением полученных соискателем результатов другими исследователями.

Из результатов, полученных автором, следует отметить цикл работ по формированию структур с заданными направлениями осей однонаправленной анизотропии. Технологически сложным и важным является создание гладких интерфейсов при

сопряжении различных материалов. Это позволяет исключить влияние случайных дефектов и использовать теоретические наработки при проектировании структур. Также важными являются результаты по электронному транспорту в структурах, когда фиксирующим слоем является редкоземельный элемент и его магнитными свойствами удается управлять при помощи внешнего магнитного поля.

В научных кругах работы исследовательской группы, представителем которой является Р.С. Заворницын, хорошо известны. Уровень этих работ является довольно высоким, и результаты признаны научным сообществом.

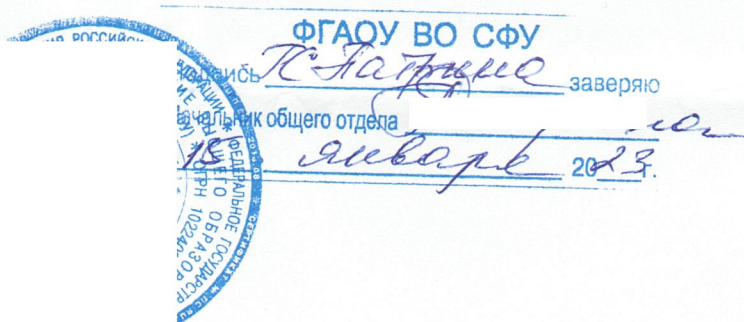
В целом работа Р.С. Заворницына представляет собой законченное научное исследование. Основные результаты работы, достаточно полно опубликованы в центральных научных журналах и были доложены на международных и всероссийских конференциях. Считаю, что диссертационная работа Заворницына Романа Сергеевича «Магнитотранспортные свойства спиновых клапанов на основе редкоземельных и переходных металлов», удовлетворяет всем требованиям Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук по специальности 1.3.12 – «Физика магнитных явлений», а её автор, Заворницын Роман Сергеевич, заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук.

Заведующий кафедрой общей физики,  
доктор физ.-мат. наук, профессор

Патрин Геннадий Семенович

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»  
Адрес: 660041, Красноярск, пр. Свободный, 79, СФУ, ауд. 12-10.  
Тел.: +7(391) 206-21-13  
E-mail: [patrin@iph.krasn.ru](mailto:patrin@iph.krasn.ru)

15 января 2023 г.



С описью ознакомлен

Р.С. Заворницын

15.02.2023