

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Миляева Михаила Анатольевича «Эффекты магнитной анизотропии в антиферромагнетиках и многослойных обменно-связанных наноструктурах»**, представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений

Диссертация посвящена исследованию магнитных свойств (точнее, эффектов магнитной анизотропии) в двух физически чрезвычайно интересных и практически важных системах – объемных проводящих антиферромагнетиках и обменно-связанных многослойных наноструктурах. Она написана по части результатов, полученных М.А. Миляевым за более чем 30-летнюю работу в лаборатории электрических явлений ИФМ УрО РАН. Именно части работ, ибо М.А. Миляев, как мне представляется, не собирал материал для написания диссертации, а отсекал работы, чтобы выделить то цельное научное направление исследований, которое упорно осуществлялось им в течение большого количества лет (по публикациям это 27 лет, с 1991г. по 2017г.).

Актуальность первой группы исследуемых вопросов определяется прежде всего стремлением понять, какими физическими причинами обусловлены свойства таких сложных систем, то есть фундаментальными проблемами физики естественных сложных твердых тел. При этом исследуемые системы и изучаемые эффекты интересны и возможностями практического применения. Вторая часть исследуемых вопросов в первую очередь связана с возможностями практического применения. Само зарождение этой области исследований обусловлено целями практических приложений. Однако и в этой, казалось бы, прикладной области есть фундаментальная составляющая. Детальное исследование структуры и свойств таких систем позволяет глубже понять природу и происхождение различных свойств и в естественных твердых телах. Особая актуальность работы, проделанной автором диссертации, связана с тем, что не только проводились исследования свойств и выяснялись физические причины происхождения тех или иных свойств, но целенаправленно разрабатывались технологии получения физических объектов с требуемыми для практических приложений свойствами и, более того, были созданы структуры с рекордными свойствами.

Актуальность данной работы подтверждается многократным заинтересованным обсуждением результатов на большом числе российских и международных конференций, а также публикацией результатов работы в 34 серьезных статьях в высокорейтинговых научных журналах.

О важности и актуальности проведенных исследований свидетельствует и то, что они были поддержаны большим числом различных грантов и проектов.

Диссертация содержит 4 главы, в которых последовательно и ясно излагаются различные группы оригинальных результатов, основные из которых хорошо отражены в автореферате диссертации. Большим достоинством диссертации является отсутствие первой обзорной главы, необходимый материал по стоящим на повестке дня вопросам и состоянию их исследования изложен в начале каждой главы конкретно в связи с рассматриваемой в данной главе группой вопросов. Все главы занимают в диссертации примерно одинаковый объем и подкреплены примерно одинаковым количеством серьезных опубликованных работ. Следует отметить, что и в автореферате каждой из глав диссертации отведено одинаковое место. Все это свидетельствует о тщательной продуманности изложения материала. Сам текст диссертации отличается ясностью изложения результатов и, что не менее важно, показывает, каков был путь к этим результатам, что и почему делалось, чтобы целенаправленно достигнуть требуемых практикой свойств. В результате чтение диссертации становится не только интересным, но и увлекательным занятием.

Результаты диссертации сформулированы автором в конце каждой главы. Общее число этих самостоятельных отдельных результатов 23 и каждый из них обладает необходимой **научной значимостью и новизной**. Обобщенно они сформулированы как главные результаты диссертации в виде 8 пунктов в Заключении диссертации, которое также является Заключением в автореферате. Наиболее интересными и важными из них как в научном так и в прикладном отношении являются следующие результаты.

1. Обнаружение нелинейных изменений намагниченности в монокристаллах FeGe₂ и теоретическая модель для их описания.
2. Обнаружение многоступенчатого характера полевых зависимостей намагниченности и магнитосопротивления в сверхрешетках и обоснование того, что физической причиной этого является изменение упругих напряжений от слоя к слою.
3. Получение сверхрешеток CoFe/Cu с рекордной величиной магнитосопротивления.

Особым достижением автора диссертации являются разработанные и модернизированные при его непосредственном участии экспериментальные установки и технологии получения систем с рекордными характеристиками.

Достоверность результатов исследований определяется тем, что все экспериментальные исследования проведены на современных научных установках, подготовка образцов и измерения проводились на основе апробированных методик с использованием высокоточных приборов, новые и модернизированные установки и методики многократно тестировались, обработка результатов и развитие новых теоретических представлений проводилось на основе хорошо апробированных подходов и моделей, результаты согласовывались с результатами предыдущих исследований и исследований других групп. О последнем свидетельствует, в частности, список литературных ссылок из 236 наименований, включающий не обзорные статьи и книги, а фактически только оригинальные научные статьи, опубликованные в этот же период времени.

Достоверность и обоснованность результатов диссертации подтверждается многократным обсуждением результатов на многочисленных российских и международных конференциях, а также экспертизой отчетов по различным проектам и грантам.

Научная и практическая значимость работы М.А. Миляева определяется прежде всего достигнутыми в ней конкретными научными результатами. Наряду с этим ценность работы М.А. Миляева состоит и в том, что в ней разработаны новые теоретические подходы и новые модельные представления для описания магнитных и кинетических свойств сложных многоосных антиферромагнетиков, новые модельные представления о послойном перемагничивании сверхрешеток, описывающие обнаруженный эффект ступенчатого изменения намагниченности при изменении поля, разработкой экспериментальных подходов к направленному управлению анизотропией в многослойных структурах. Эти достижения физической науки будут использоваться не только для исследования других физических систем, но и окажут влияние на исследования в других областях физики твердого тела. Некоторые из разработанных многослойных структур прямо разрабатывались для предприятий электронной промышленности с целью использования в конкретных практических приложениях.

Полученные в диссертации М.А. Миляева научные и технологические результаты могут быть использованы (и уже используются) в исследовательских организациях, занимающихся физикой магнитных явлений, физикой многослойных наноструктур, а также на предприятиях электронной промышленности.

Я не имею существенных замечаний к диссертационной работе М.А. Миляева.

Однако после детального знакомства с данной работой, написанной специалистом в этой области исследований, хотелось бы в порядке дискуссии обсудить вопрос о многослойном характере рассматриваемых структур. Действительно ли это тонкие слои, разделенные еще более тонкими как бы перегородками, или это все же неоднородная (порой, может быть периодическая) структура. Ведь толщина слоев и интерфейсов в ряде случаев одного порядка. В этом случае важную роль должно играть направление неоднородности (и, возможно, связанная с ним анизотропия взаимодействий).

В целом диссертация М.А. Миляева является целостной завершенной научно-исследовательской работой по исследованию эффектов магнитной анизотропии в объемных антиферромагнетиках и обменно-связанных многослойныхnanoструктурах. В ней впервые установлены новые физические закономерности, сформулированы модели и теоретические подходы для их описания, разработаны технологии целенаправленного получения nanoструктур с требуемыми для практических приложений свойствами, получены системы с рекордными для практических приложений свойствами.

Содержание диссертации полностью соответствует паспорту специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Автореферат диссертации полно и ясно отражает содержание диссертации.

По актуальности темы исследования, научной новизне, практической значимости и достоверности полученных результатов, обоснованности сделанных выводов диссертационная работа «**Эффекты магнитной анизотропии в антиферромагнетиках и многослойных обменно-связанных nanoструктурах**» полностью удовлетворяет требованиям п.9 Положения ВАК «О порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям.

Миляев Михаил Анатольевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Официальный оппонент

доктор физико-математических наук,
профессор кафедры теоретической и
математической физики
Института естественных наук и математики
ФГАОУВО Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

620083, Екатеринбург, пр. Ленина, 51.
ФГАОУВО Уральский федеральный университет
им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

Согласие однакомлен.
Миляев М.А.
11.12.2017



Памятных Евгений Алексеевич
+7 922 294 63 57
geny.Pamyatnykh@urfu.ru

08.12.2017

Пос. 24874/18/12/2017

Заверяю

Начальник отдела
материально-технического обеспечения
здания



/ Вихренко Т.Е.

Сведения об официальном оппоненте

ФИО: Памятных Евгений Алексеевич

Ученая степень, звание: Доктор физико-математических наук (специальность 01.04.07 – Физика твердого тела), профессор

Полное наименование организации:

ФГАОУ ВО “Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина”

Должность: профессор кафедры теоретической и математической физики

Института естественных наук и математики

ФГАОУВО Уральский федеральный университет

им. первого Президента России Б.Н. Ельцина

Почтовый адрес: 620083, Екатеринбург, пр. Ленина, 51.

Тел.: 8(343)2694431; +7 922 294 63 57

E-mail: epamyatn@mail.ru; Evgeny.Pamyatnykh@urfu.ru

Публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация

1. A.T. Lonchakov, S.B. Bobin, V.V. Deryushkin, V.I. Okulov, T.E. Govorkova, V.N. Neverov, **E.A. Pamyatnykh**, L.D. Paranchich / Experimental detection of quantum oscillations of anomalous Hall resistance in mercury selenide crystals with cobalt impurities // Low Temperature Physics. 2017. V. 43, № 4. P. 504.
2. A.T. Lonchakov, V.I. Okulov, **E.A. Pamyatnykh**, S.B. Bobin, V.V. Deryushkin, T.E. Govorkova, V.N. Neverov, L.D. Paranchich / Thermodynamic anomalous Hall effect in quantum oscillation regime in a semiconductor with low concentration of transition element impurities // J. Magn. Magn. Mater. 2017. V. 440. P. 2.
3. A.T. Lonchakov, V.I. Okulov, **E.A. Pamyatnykh**, T.E. Govorkova, M.A. Andriichuk, L.D. Paranchich, S.B. Bobin, V.V. Deryushkin / Anomalous galvanomagnetic effects due to spontaneous spin polarization of electrons in crystal with low concentration of 3d-transition element impurities // Solid State Phenomena. 2015. V. 233-234. P. 456.
4. В.И.Окулов, **Е.А.Памятных**, А.Т. Лончаков / Термодинамический аномальный эффект Холла: квантовый режим //Физика низких температур. 2014. Т. 40. С.1322 [Low Temperature Physics. 2014. V. 37. P. 798].
5. В.И. Окулов, **Е.А. Памятных**, Ю.В. Забазнов Теория спонтанной спиновой поляризации гибридизированных примесных состояний электронов. Известия РАН. Серия физическая. 2013. Т. 77, № 10. С. 1524.

Директор
Института естественных наук и ма

08.12.2017г.

