

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 003.075.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО НАУЧНОГО
УЧРЕЖДЕНИЯ «ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
«КРАСНОЯРСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ФИЦ КНЦ СО РАН) ОБОСОБЛЕННОЕ
ПОДРАЗДЕЛЕНИЕ «ИНСТИТУТ ФИЗИКИ ИМ. Л.В. КИРЕНСКОГО
СИБИРСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК» (ИФ СО
РАН), ФАНО ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ
ДОКТОРА ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от «19» мая 2017 г. № 10

О присуждении Еремину Евгению Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени доктора физико-математических наук.

Диссертация «Взаимосвязь магнитной и электрической подсистем в объемных кристаллах и наноструктурах на основе 3d ионов Fe и Mn» по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений принята к защите 10.02.2017 протокол. № 2 диссертационным советом Д 003.075.01 на базе Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН) Обособленное подразделение «Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук» (ИФ СО РАН), ФАНО, 660036, г. Красноярск, Академгородок, д. 50, приказ Минобрнауки № 1513/НК от 25.11.2016 г.

Соискатель Еремин Евгений Владимирович, 1973 года рождения, диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Влияние примесных ионов Sm^{3+} и Dy^{3+} на анизотропные свойства гематита» защитил в 2000 году в диссертационном совете Д 002.67.02, созданном на базе Института физики им. Л.В. Киренского СО РАН. В настоящее время работает старшим научным сотрудником в Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр

Сибирского отделения Российской академии наук» (ФИЦ КНЦ СО РАН) Обособленное подразделение «Институт физики им. Л.В. Киренского Сибирского отделения Российской академии наук» (ИФ СО РАН), ФАНО.

Диссертация выполнена в лаборатории радиоспектроскопии и спиновой электроники ИФ СО РАН, ФАНО.

Научный консультант – доктор физико-математических наук Волков Никита Валентинович, ФИЦ КНЦ СО РАН, директор.

Официальные оппоненты: д.ф.-м.н., профессор, член-корр. РАН Муртазаев Акай Курбанович – директор ФГБУ "Институт физики им. Х.И. Амирханова" Дагестанского научного центра РАН; д.ф.-м.н., главный научный сотрудник Сухоруков Юрий Петрович – зав. лаб. физики полупроводников ФГБУ Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН; д.ф.-м.н. Волкова Ольга Сергеевна профессор ФГБУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: ФГБУ Казанский физико-технический институт им. Е.К. Завойского Казанского научного центра РАН, г. Казань в своем положительном заключении, подписанном д.ф.-м.н., доцентом, ведущим научным сотрудником лаборатории радиоспектроскопии диэлектриков Ереминой Рушаной Михайловной и д.ф.-м.н., профессором, зав. лаб. радиоспектроскопии диэлектриков Тарасовым Валерием Федоровичем, указала, что диссертационную работу Е.В. Еремина по новизне и значимости полученных результатов можно квалифицировать как крупный вклад в физику магнитных явлений. Проведено актуальное и оригинальное исследование, обладающее научной новизной и очевидной практической значимостью. Все полученные автором экспериментальные результаты достоверны, что подтверждается использованием хорошо апробированных экспериментальных методик, сопоставлением полученных результатов с работами других исследователей, работающих в этой области, публикациями в ведущих рецензируемых журналах из перечня ВАК. Результаты, представленные в диссертации,ложены и обсуждены на престижных международных и российских конференциях. Автореферат и публикации полностью отражают содержание диссертации.

Соискатель имеет 143 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 53 работы, 28 работ опубликованы в рецензируемых научных изданиях, в том числе: Physical Review B – 1 (работа), Journal of Applied Physics – 3, Journal of Physics: Condensed Matter – 4, Journal of Physics D: Applied Physics – 2, JMMM – 3, Physica B – 1, ЖЭТФ – 2, Письма в ЖЭТФ – 2, ФТТ – 1, Solid State Phenomena – 4, Rare Metals – 1, Письма в ЖТФ – 1, Conference Series – 1, Патент РФ – 1, В сб. монографии – 1. Объем 23 у.-и.л.

Все работы посвящены экспериментальным исследованиям, автором выполнена основная часть магнитных, резонансных, магнитоэлектрических, транспортных, диэлектрических исследований, а также постановка задач, анализ результатов и написание статей. Наиболее значимые работы: **1.** Е.В. Еремин, Н.В. Волков, В.Л. Темеров, И.А. Гудим, А.Ф. Бовина. Особенности магнитных свойств редкоземельных ферроборатов $\text{Sm}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ // ФТТ. – 2015. – Т. 54. – С. 556-561. **2.** E.V. Eremin, N.V. Volkov¹, I.A. Gudim¹, V.L. Temerov. Magnetic and Magnetoelectric properties of $\text{Sm}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ Single Crystals // Solid State Phenom. – 2015. – V. 233-234. – P. 368-370. **3.** Н.В. Волков, И.А. Гудим, Е.В. Еремин, И.А. Бегунов, А.А. Демидов, К.Н. Болдырев. Намагниченность, магнитоэлектрическая поляризация и теплоемкость $\text{HoGa}_3(\text{BO}_3)_4$ // Письма в ЖЭТФ. – 2014. – Т. 99. – С. 72-80. **4.** N. Volkov, G. Petrakovskii, K. Patrin, K. Sablina, E. Eremin, V. Vasiliev, A. Vasiliev, M. Molokeyev. Intrinsic inhomogeneity in a $(\text{La}_{0.4}\text{Eu}_{0.6})_{0.7}\text{Pb}_{0.3}\text{MnO}_3$ single crystal: Magnetization, transport and electron magnetic resonance studies // Phys. Rev. B. – 2006. – V. 73. – P. 104401-10. **5.** N.V. Volkov, K.A. Sablina, E.V. Eremin, P. Böni, V.R. Shah, I.N. Flerov, A. Kartashev, J.C.E. Rasch., M. Boehm, J. Schefer. Heat Capacity of a Mixed-Valence Manganese Oxide $\text{Pb}_3\text{Mn}_7\text{O}_{15}$ // J. Phys.: Condens. Mat. – 2008. – V.20. – P. 445214 (5pp). **6.** N.V. Volkov, E.V. Eremin, K.A. Sablina and N.V. Sapronova. Dielectric properties of a mixed-valence $\text{Pb}_3\text{Mn}_7\text{O}_{15}$ manganese oxide // J Phys.: Condens. Mat. – 2010. – V. 22. – P. 375901 (6 pp). **7.** N.V. Volkov, E.V. Eremin, O.A. Bayukov, K.A. Sablina, L.A. Solov'yev, D.A. Velikanov, N.V. Mikhashenok, E.I. Osetrov, J. Schefer, L. Keller, M. Boehm. Suppression of the long-range magnetic order in $\text{Pb}_3(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_7\text{O}_{15}$ upon sub-

stitution of Fe for Mn. Suppression of the long-range magnetic order in $\text{Pb}_3(\text{Mn}_{1-x}\text{Fe}_x)_7\text{O}_{15}$ upon substitution of Fe for Mn // JMMM. – 2013. – V. 342. – P. 100–107. **8.** N.V. Volkov, E.V. Eremin, V.S. Tsikalov, G.S. Patrin, P.D. Kim, Yu Seong-Cho, Dong-Hyun Kim and Nguyen Chau. Current-driven channel switching and colossal positive magnetoresistance in the manganite-based structure // J. Phys. D: Appl. Phys. – 2009. – V. 42. – P.065005 (6pp). **9.** Volkov, A.S. Tarasov, E.V. Eremin, S.N. Varnakov, G.S. Ovchinikov, S.M. Zharkov. Magnetic-field- and bias-sensitive conductivity of a hybrid Fe/SiO(2)/p-Si structure in planar geometry // J. Appl. Phys. – 2011. – V. 109. – P. 123924-8. **10.** N.V. Volkov, E.V. Eremin, A.S. Tarasov, M.V. Rautskii, S.N. Varnakov, S.G. Ovchinnikov, G.S. Patrin. Magnetic tunnel structures: Transport properties controlled by bias, magnetic field, and microwave and optical radiation // JMMM. – 2012. – V. 324. – P. 3579-3583.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

Ведущая организация. Отзыв положительный. Замечания: 1) Из текста диссертации не вполне ясно мнение диссертанта о том, выяснены ли к настоящему времени микроскопические механизмы проявления магнитоэлектрических эффектов. Или же все еще остаются нерешенные в этом плане проблемы и в чем они заключаются. 2) Почему не проведено изучение угловых зависимостей спектров магнитного резонанса для монокристаллов $(\text{La}_{0.4}\text{Eu}_{0.6})_{0.7}\text{Pb}_{0.3}\text{MnO}_3$? 3) Известно, что для соединений с большой фрустрацией в парамагнитной фазе значительным оказывается вклад сильно коррелированных областей, а, следовательно, линейный вклад может зависеть от магнитного поля. В диссертации не проведено изучение зависимости линейного вклада от магнитного поля, а, следовательно, зависимость парамагнитной температуры Кюри от концентрации ионов Fe вызывает сомнение.

Д.ф.-м.н. Муртазаев А.К. – официальный оппонент. Отзыв положительный. Замечания: 1) При описании кривых намагничивания $\text{Sm}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ методом термодинамического потенциала наилучшее согласие получается при $m = 1.7 \mu\text{B/f.u.}$ для Sm^{3+} . Тогда как методом нейтронографии $m(\text{Sm}) = 0.24 \mu\text{B/f.u.}$ Какая физическая причина столь большого разброса? 2) В седьмой главе утверждается, что ниже 250 К сопротивление туннельного перехода начинает быстро расти и

при 200 К более выгодным становится токовый путь по верхней пленке железа. Известно, что квантомеханическое туннелирование не зависит от температуры, поэтому это положение следовало бы пояснить подробней.

Д.ф.-м.н. Сухоруков Ю.П. – официальный оппонент. Отзыв положительный. Критические замечания: 1) Не указаны погрешности измерений ни в методической части, ни в последующих главах, что затрудняет оценивать понятие «хорошее» согласие экспериментальных и теоретических данных. 2) В главе 6 автор неубедительно аргументирует появление фотоэлектрического эффекта, вызванное образованием электрон-дырочных пар в диэлектрической прослойке. Автор должен был рассмотреть вопрос о фотоиндуцированном образовании проводящих цепочек (токовых «шнуров», каналов) в прослойке манганита не только при постоянной подсветке, но и переменной.

Д.ф.-м.н. Волкова О.С. – официальный оппонент. Отзыв положительный. Замечания: 1) Моделирование кривых намагничивания в системе $\text{Sm}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$ в модели среднего поля выявляет одноосную анизотропию в системе, что противоречит нейтронным данным. Видимо, это результат связан с упрощением модели – только одним d-d взаимодействием и одним d-f взаимодействием. 2) Предположение автора о спин-переориентационном переходе в $\text{Pb}_3\text{Mn}_7\text{O}_{15}$ при 16 К требует дополнительных доказательств. На температурной зависимости теплоемкости отсутствует яркая аномалия, а излом на температурных зависимостях магнитной восприимчивости может быть связан с деформацией функции Бриллюэна в магнитоупорядоченном состоянии.

Д.ф.-м.н., Троянчук И.О. Отзыв положительный, замечаний нет. *Д.ф.-м.н., Пудонин Ф.А.* Отзыв положительный, замечаний нет. *Д.ф.-м.н., Мирмельштейн А.В.* Отзыв положительный, критических замечаний нет. *Д.х.н. Мартьянов О.Н.* Отзыв положительный. Замечание: При исследовании оксиборатов со структурой хантита был сделан вывод: «можно предположить, что причиной отличия величины МЭ эффекта для $\text{HoAl}_3(\text{BO}_3)_4$ и $\text{HoGa}_3(\text{BO}_3)_4$ является различная симметрия кристаллического поля иона Ho^{3+} , что может быть вызвано структурным переходом в $\text{HoGa}_3(\text{BO}_3)_4$ из фазы R32 в фазу P3₁21». Если в системе действительно на-

блюдается структурный переход, то было бы логичным представить соответствующие данные рентгеноструктурного анализа (нейтронографии). *Д.ф.-м.н., Кусраев Ю.Г.* Отзыв положительный. Замечаний нет.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обусловлен тем, что они являются ведущими как в России, так и в мире специалистами в области физики магнитных явлений, в частности, в экспериментальных и теоретических исследованиях новых магнитных материалов и структур.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

1) Показано, что в редкоземельных оксиборатах со структурой хантита взаимосвязь магнитной и электрической подсистем определяется спецификой энергетической структуры редкоземельного иона в анионном окружении.

2) Впервые экспериментальным путем доказано, что величина магнитоэлектрического эффекта в оксиборатах со структурой хантита зависит от фактора двойникования. В этом случае поляризация определяется как сумма поляризаций подсистем правых и левых изомеров, взятых с противоположным знаком.

3) Показано, что взаимосвязь магнитной и электрической подсистем в $(\text{La}_{0,4}\text{Eu}_{0,6})_{0,7}\text{Pb}_{0,3}\text{MnO}_3$ обусловлена наличием двух сосуществующих магнитных фаз, характеризующихся различным магнитным состоянием и обладающих разной проводимостью. Методом магнитного резонанса установлено, что магнитное поле и транспортный ток изменяют соотношение этих фаз.

4) Установлено, что в соединении $\text{Pb}_3\text{Mn}_7\text{O}_{15}$ корреляция магнитной и электрической подсистем обусловлена наличием ионов марганца переменной валентности $\text{Mn}^{3+}/\text{Mn}^{4+}$ и наблюдается в двух точках: в районе $T = 250\text{-}260\text{ K}$ и в районе $T = 150\text{-}160\text{ K}$.

5) Показано, что электронные магнитотранспортные эффекты в туннельной структуре $\text{LSMO}/\text{LSM}_{1-\delta}\text{O}/\text{MnSi}/\text{SiO}_2$ в геометрии эксперимента «ток в плоскости» определяются эффектом переключения токовых каналов между слоями структуры, обладающих различным сопротивлением. Установлено, что элементами, отвечающими за процесс переключения, являются магнитные туннельные переходы.

ды, сопротивление которых зависит от тока смещения, взаимной ориентации намагниченностей слоев структуры и оптического излучения.

б) Установлено, что явления электронного магнитоиндуцированного транспорта в гибридной структуре $\text{Fe}/\text{SiO}_2/\text{p-Si}$ обусловлены переходом металл/диэлектрик/полупроводник с барьером Шоттки, который формируется на границе раздела $\text{SiO}_2/\text{p-Si}$, а также процессами перезарядки магнитных поверхностных состояний на границе раздела $\text{SiO}_2/\text{p-Si}$.

Теоретическая значимость исследований обоснованна тем, что в рамках модели косвенной связи определена магнитная обменная структура манганита $\text{Pb}_3\text{Mn}_7\text{O}_{15}$. Справедливость предложенной магнитной структуры подтверждается комплексом магнитных измерений монокристаллов $\text{Pb}_3\text{Mn}_7\text{O}_{15}$, как номинально чистых, так и допированных ионами Ga^{3+} , Ge^{4+} и Fe^{3+} .

Значение полученных соискателем результатов исследований *для практики* подтверждается тем, что полученные в диссертации научные результаты, в целом, способствуют расширению существующих представлений о природе спин-зависимых явлений в объемных кристаллах и наноструктурах. Это может найти применение в получении новых многофункциональных материалов и структур, перспективных для создания устройств микроэлектроники, работающих на новых принципах.

В результате исследования переключения токовых каналов в туннельной структуре $\text{LSMO}/\text{LSM}_{1-\delta}\text{O}/\text{MnSi}/\text{SiO}_2$ в геометрии эксперимента «ток в плоскости» получен патент РФ №2392697 «Туннельный магниторезистивный элемент».

Достоверность результатов исследований подтверждается тем, что представленные в работе экспериментальные исследования были проведены с использованием современных и апробированных методик на высокоточных приборах и установках. Результаты, представленные в диссертации, не противоречат экспериментальным и теоретическим данным других исследователей, опубликованным в открытой печати.

Личный вклад автора состоит в постановке целей и задач, их решении, планировании и проведении экспериментов. Лично автором выполнена основная

часть магнитных, резонансных, магнитоэлектрических, транспортных, диэлектрических измерений; остальные исследования были выполнены при непосредственном участии автора. Соискателем самостоятельно в рамках феноменологической модели проведен расчет магнитного поведения ферроборатов $\text{Sm}_{1-x}\text{La}_x\text{Fe}_3(\text{BO}_3)_4$. Самостоятельно проведен расчет обменной магнитной структуры $\text{Pb}_3\text{Mn}_7\text{O}_{15}$ в рамках модели косвенной связи.

На заседании 19.05.2017 года диссертационный совет принял решение присудить Еремину Евгению Владимировичу ученую степень доктора физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 8 докторов физико-математических наук по специальности 01.04.07 – «Физика конденсированного состояния» и 10 по специальности 01.04.11 – «Физика магнитных явлений», участвовавших в заседании, из 20 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за присуждение ученой степени – 18, против присуждения ученой степени – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель
диссертационного совета Д 003.075.01
д.ф.-м.н., академик РАН

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 003.075.01
д.ф.-м.н., с.н.с.



Шабанов В.Ф.

Втюрин А.Н.

19.05.2017 г.