

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной деятельности
ФГАОУ ВО КФУ, профессор

Д.К. Нуртгаев

3 сентября 2018 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации о диссертационной работе Гермова Александра Юрьевича «ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ЭЛЕКТРОННО-ДОПИРОВАННЫХ КУБИЧЕСКИХ МАНГАНИТАХ $Sr_{1-x}La_xMnO_3$ », представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

Диссертационная работа выполнена на **актуальную** тему. Соединения $Sr_{1-x}La_xMnO_3$ могут найти применения в изготовлении катализаторов, для создания устройств для термического разложения углекислого газа, фильтров для окисления метанола, угарного газа и др. вредных веществ. Эти соединения используются для создания гетероструктур, проводимость которых регулируется приложенным магнитным полем. Магнитно-электрические свойства $Sr_{1-x}La_xMnO_3$ уникальны. Их физические свойства ранее были изучены главным образом макроскопическими методами, такими как магнитная восприимчивость, электросопротивление, рентгено-фазный анализ. Проведенные в диссертации исследования дополняют имевшиеся сведения информацией, полученной на микроскопическом уровне. В качестве «зондов» использованы ядра ^{17}O , ^{55}Mn , ^{87}Sr и ^{139}La .

В первой главе изложены основные результаты, полученные в предыдущих исследованиях, формулируются задачи и цели исследования.

Во второй главе описаны исследованные образцы, экспериментальное оборудование и методика обработки спектров ЯМР.

В третьей главе приводятся результаты измерений температурной зависимости магнитной восприимчивости $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ ($x=0.0, 0.02, 0.04$), изотерм перемагничивания и спектров ЯМР ^{55}Mn в магнитоупорядоченной фазе. В спектрах ЯМР **обнаружены** две линии. Линия на частоте 261 МГц отнесена к ядрам марганца, находящимся в антиферромагнитно–упорядоченной фазе, а линия на частоте 380 МГц – ядрам в ферромагнитно–упорядоченных областях

(магнитные поляроны). Проведены детальные измерения температурных зависимостей положения линий и их интенсивностей. **Определено** значение критических индексов и значение эффективного магнитного момента, приходящегося на один полярон. Исходя из определенного значения магнитного момента полярона, **предложена** (рис. 3.9) его микроскопическая модель: ферромагнитно поляризованные области формируются из ионов марганца около ионов лантана.

В главе 4 приводятся результаты исследований спектров ЯМР ^{87}Sr и ^{139}La . В обоих случаях спектры хорошо аппроксимируются двумя линиями, что свидетельствует в пользу вывода о том, что в $\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ при гетеровалентном замещении ионов Sr^{2+} на La^{3+} формируются две различные области. Измерениями температурной зависимости сдвигов Найта доказано, что одна из линий соответствует области с повышенной электронной плотностью. При повышении температуры эти области перекрываются, обеспечивая тем самым металлический характер проводимости. Проведенный анализ происхождения сдвигов и ширины линий свидетельствует о **высокой квалификации** диссертанта.

В заключительной, пятой главе проанализирована температурная зависимость ширины линии ЯМР марганца, стронция и кислорода, а также скорости поперечной и продольной релаксации стронция. Анализ подтверждает, что при низких температурах часть электронов формируют связанные магнитные

поляроны, а часть остается делокализованной, обеспечивая проводимость металлического характера. Наиболее важный результат состоит в том, что удалось **определить энергию** образования магнитных поляронов $E_a=40$ мэВ.

Как видно, все разделы диссертации логически связаны между собой и в целом она представляет **законченное экспериментальное исследование** важной физической проблемы.

Замечания:

1. Правая шкала рис 3.8 непонятна. Судя по графику магнитной восприимчивости на вставке к рис 3.2, ниже 50 К спины упорядочены антиферромагнитно. Правая шкала на рис.3.8 соответствует числу ферромагнитно упорядоченных спинов и на оси есть значение, равное единице, что естественно интерпретировать как свидетельство ферромагнитного упорядочения при низких температурах. Но это противоречит содержанию текста.

2. Микроскопическая модель полярона на рис. 3.9b) описана довольно скупо. Можно было бы четче описать этот рисунок. Например, так: на рис. 3.9b) представлен фрагмент с антиферромагнитным упорядочением спинов Mn^{4+} . Восемь ионов Mn^{4+} в ближайшем окружении стронция при антиферромагнитном упорядочении имеют суммарный магнитный момент равный нулю. При замене Sr на La допированный электрон притягивается к иону La^{3+} и в равной степени поляризует все восемь магнитных моментов Mn^{4+} . В итоге полная проекция спина фрагмента равна $3 \times 8 + 1$ от допированного электрона, и в результате получается приведенное в диссертации оценочное значение 25 магнетонов Бора.

Диссертация написана хорошим физическим языком. Имеется следующее замечание по грамматике. В тексте диссертации встречаются термины «внутриионного Хундовского взаимодействия» (стр. 13, 40) «состояние Моттовского диэлектрика» (стр. 15), «комплексном Фурье-преобразовании» (стр. 40), «Ян–Теллеровского ...» (стр. 17, 20, 26, 30, 86) и т. п. По существующим правилам грамматики русского языка надо писать «комплексном фурье-преобразовании», а с заглавной буквы Фурье пишется в словосочетании «комплексное преобразование Фурье».

Приведенные замечания не касаются основных результатов экспериментального исследования. Результаты **новы и достоверны**. Автореферат верно отражает содержание диссертации, а сама диссертация полностью соответствует заявленной специальности 01.04.11 - физика магнитных явлений.

Результаты диссертационной работы могут быть использованы при построении строгой квантово-механической теории магнитно-электрических свойств $Sr_{1-x}La_xMnO_3$. Результаты диссертации опубликованы в престижных журналах и прошли серьезную апробацию на конференциях. Автореферат правильно отражает содержание диссертации. Диссертация обсуждена на заседании кафедры квантовой электроники и радиоспектроскопии Казанского (Приволжского) федерального университета 31 августа 2018 года, протокол № 1.

По общему мнению членов кафедры, диссертация Гермова Александра Юрьевича «ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ЭЛЕКТРОННО-ДОПИРОВАННЫХ КУБИЧЕСКИХ МАНГАНИТАХ $Sr_{1-x}La_xMnO_3$ », удовлетворяет всем требованиям к диссертациям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденном постановлением правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

Отзыв составили:

д.ф.м.н., проф. Еремин М. В.
meremin@kpfu.ru

Еремин Михаил Васильевич

к.ф.м.н., доц. Дуглав А.В.
Alexander.Dooglav@kpfu.ru

Дуглав Александр Васильевич

Заведующий кафедрой
квантовой электроники и
радиоспектроскопии,
д.ф.м.н., проф. Тагиров М.С.
Murat.Tagirov@kpfu.ru

Тагиров Мурат Салихович

Казань 420008, ул. Кремлевская 18. Тел.: (843) 2-31-51-16

*Подписи авторов верны
Спец. по УМР Шайкутдинов С.У.*

с отзывом ознакомлен Перлов А.В. / 24.09.18



Сведения о ведущей организации

Полное наименование: Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Краткое наименование: ФГАОУ ВО "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Почтовый адрес: 420008, Россия, РТ, г. Казань, ул. Кремлевская, д.18.

Тел.: +7 (843) 233-71-09

E-mail: public.mail@kpfu.ru

<http://www.kpfu.ru/>

Основные научные направления

1. Магнитные и спектроскопические характеристики многофункциональных материалов для приложений в биомедицине, наноиндустрии и инфокоммуникационных технологиях.
2. Анализ влияния локального атомного окружения на магнитные, транспортные свойства и фотопроводимость систем с наноразмерными неоднородностями методом мессбауэровской спектроскопии. Магнитные структуры, спиновый транспорт и методы направленной модификации физических свойств в функциональных магнитных материалах.
3. Необычные основные состояния и магнитные упорядочения в низкоразмерных сложных оксидах.
4. Новые микро- и наноустройства на основе низкоразмерных систем сильнокоррелированных электронов.
5. Структуры с распределенным параметром порядка

Публикации в сфере исследований, которым посвящена диссертация

Гермова Александра Юрьевича «ЯДЕРНЫЙ МАГНИТНЫЙ РЕЗОНАНС В ЭЛЕКТРОННО-ДОПИРОВАННЫХ КУБИЧЕСКИХ МАНГАНИТАХ

$\text{Sr}_{1-x}\text{La}_x\text{MnO}_3$ », представленной на соискание ученой степени кандидата физико-

математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

1. Mukhamedshin I.R. Evolution of Co charge disproportionation with Na order in Na_xCoO_2 [Text] / I. R. Mukhamedshin, **A.V. Dooglav**, S.A. Krivenko, H. Alloul // Phys. Rev. B –v.90. -2014. –p.115151.
2. Orlova A.Yu., Gainov R.R., **Dooglav A.V.**, Pen'kov I.N. Electronic structure and indirect spin-spin interactions in bournonite (CuPbSbS_3) according to antimony nuclear quadrupole resonance // JETP Letters 2013, Vol. 97, No 7, 413-418.
3. Alakshin E.M. The Calcium Carbonate Geological Samples Study by ^3He NMR/ E.M. Alakshin, R.R. Gazizulin, A.V. Klochkov, E.I. Kondratyeva, A. Laskin, **M.S. Tagirov**//Applied Magnetic Resonance. - 2017. - Vol.48, Is.7. - P.723-729.
4. Алакшин Е.М., Протонный ЯМР водных коллоидных растворов наноразмерных кристаллических частиц LaF_3 и $\text{LaF}_3:\text{Gd}^{3+}$ [текст] / Е.М. Алакшин, Б.И. Гизатуллин, М.Ю. Захаров, А.В. Клочков, Т.М. Салихов, В.Д. Скирда, **М.С. Тагиров** // ФНТ. - 2015. -Т.41.,N.1. - С.86-89.
5. Мамин Г.В. ЭПР исследование упорядоченного аэрогеля на основе Al_2O_3 / Г.В. Мамин, С.Б. Орлинский, А.А. Родионов, **М.С. Тагиров** // Письма в ЖЭТФ. - 2015.- Т. 102, Вып. 9.- С. 714-717
6. **Еремин М.В.** Энергетический спектр низколежащих состояний в $\text{Sr}_2\text{FeSi}_2\text{O}_7$ и природа магнитоэлектрического эффекта/ Еремин М.В.// Письма в ЖЭТФ. -2017. -Т. 105. -В. 11. -С. 664 – 667.
7. **Еремин М.В.** О коллективных спиновых возбуждениях в купратных ВТСП с электронным допированием/ М.В. Еремин, М.А. Малахов// Письма в ЖЭТФ. -2016.-Т. 104.- С. 13-17.
8. Schaile S., von Nidda H. -A. Krug, Deisenhofer J., **Eremin M.V.** et al. ESR evidence for partial melting of the orbital order in LaMnO_3 below the Jahn-Teller transition//Phys. Rev. B. - 2014. - Vol.90, Is.5. - Art. №054424.
9. Alakshin, E.M., Kondratyeva, E.I., Kuzmin, V.V., Safiullin, K.R., Stanislavovas, A.A., Savinkov, A.V., Klochkov, A.V., **Tagirov, M.S.**/ Spin Kinetics of Liquid ^3He in Contact with a DyF_3 Micropowder at Ferromagnetic Ordering of Dy^{3+} Ions // JETP Letters. -2018.-Vol. 107, N. 2.-P. 111-114.
10. Kuzmin V., Safiullin K., Dolgorukov G., Stanislavovas A., Alakshin E., Safin T., Yavkin B., Orinskii S., Kiiamov A., Presnyakov M., Klochkov A., **Tagirov M.**, Angstrom-scale probing of paramagnetic centers location in nanodiamonds by ^3He NMR at low temperatures//Physical Chemistry Chemical Physics. - 2018. - Vol. 20, Is.3. - P. 1476-1484.

Ученый секретарь Института физики К(П)ФУ

доктор физ.-мат. наук

Ю. И. Прошин

Подпись Ю.И. Прошина заверено
Спец. по УМР/Шаймуратова (Р.Ч.)
5.09.2018

