

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу

ШАРИПОВА КАМИЛЯ РАШИТОВИЧА

« **Исследование магнитных свойств ферромагнитных кластеров в легированных манганитах лантана**», представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений

Сложные оксиды d-элементов с редкоземельными, щелочноземельными и щелочными металлами являются в настоящее время одними из наиболее интригующих материалов с точки зрения как их уникальных физических свойств, так и с точки зрения их перспективного применения в спинтронике, компьютерных и телекоммуникационных технологиях, литий-ионных аккумуляторах и др. Среди них особый интерес представляют собой оксиды марганца со смешанной валентностью. Наиболее исследованы среди них – манганиты - в которых марганец присутствует в смешанно-валентном состоянии Mn^{3+} и Mn^{4+} . Наряду с интересными практическими приложениями манганиты являются крайне привлекательными для фундаментальных исследований, так как являются прототипами сильнокоррелированных систем, в которых спиновые, зарядовые и орбитальные степени свободы проявляют себя одновременно.

Из-за конкуренции различных взаимодействий: электрон-электронного кулоновского отталкивания, спин-спиновых, спин-орбитальных и взаимодействия с кристаллическим полем в манганитах наблюдается сложная фазовая диаграмма. Близость свободной энергии возможных магнитных фаз ведет к явлению фазового разделения в этих системах. Наиболее интересными свойствами манганитов являются колоссальное магнитосопротивление и магнетокалорический эффект, которые появляются в легированных манганитах вблизи температуры упорядочения. Поэтому, в физике этих явлений важно изучать поведение этих материалов выше и

вблизи T_C . Диссертация Шарипова К.Р. посвящена экспериментальному изучению явления фазового расслоения в манганитах $\text{Eu}_x\text{La}_{1-x-y}\text{Sr}_y\text{Mn}_{1-z}\text{Zn}_z\text{O}_3$ типа перовскита ABO_3 при замещении позиции А ионами европия и В ионами цинка, методами магнитного резонанса и магнитометрии. В диссертации было установлено, что важную роль в формировании магнитных свойства легированных манганитов отводится ферромагнитным металлическим кластерам, которые формируются в парамагнитной фазе. Тема диссертационной работы безусловно является *актуальной*. Выполнена она в Казанском физико-техническом институте КазНЦ РАН, в котором накоплен огромный опыт по использованию методов магнитного резонанса в разнообразных физических исследованиях.

Диссертационная работа К. Р. Шарипова состоит из введения и трех глав. В первой главе приведен краткий обзор физических свойств манганитов, результаты исследования данных соединений методами магнитного резонанса, литературные данные по изучению фазового расслоения в легированных манганитах, рассмотрены особенности линий суперпарамагнитного резонанса системы однодоменных ферромагнитных наночастиц.

Во второй главе приведены результаты оригинальных экспериментальных исследований магнитных свойств легированных манганитов $\text{Eu}_{0.6}\text{La}_{0.4-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$. Основное внимание было уделено изучению температурных зависимостей положения, интенсивности и ширины линий магнитного резонанса в Х- и Q- диапазонах. Показано, что в спектре магнитного резонанса в температурном диапазоне выше температуры упорядочения и ниже 275 К наблюдается две линии, одна от парамагнитной матрицы, вторая от ферромагнитных кластеров. По сравнению эффективных g- факторов в Х- и Q- диапазонах доказано, что вторая линия относится к ферромагнитным кластерам. Подтверждением является дополнительные измерения температурной зависимости намагниченности. Существенным достижением работы является расширение температурного диапазона, в котором наблюдается фазовое расслоение, при допировании манганитов лантана диамагнитными ионами европия. В результате установлены границы

существования гриффитс-подобной фазы на фазовой диаграмме T - x (температура- концентрация) в соединениях $\text{Eu}_{0,6}\text{La}_{0,4-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$. Эти результаты чрезвычайно *важны* для понимания природы фазового расслоения манганитов и являются *новыми*.

Третья глава посвящена экспериментальному изучению манганитов $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Mn}_{0,925}\text{Zn}_{0,075}\text{O}_3$ ($x = 0.075; 0.095; 0.115$). Автор исследовал спектры магнитного резонанса и температурную зависимость намагниченности манганитов лантана, легированных цинком. Исходя из предположения, что ферромагнитно-коррелированные области в спектре магнитного резонанса ведут себя как суперпарамагнитные частицы Шарипову К.Р. впервые удалось описать температурные зависимости ширины, положения и интенсивности линий магнитного резонанса, температурной зависимости намагниченности одним набором параметров ферромагнитно-коррелированных областей в парамагнитной фазе. Ярким *новым* результатом является определение параметров магнитной анизотропии и размеров ферромагнитно коррелированных областей, наблюдающихся в парамагнитной фазе керамики $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Mn}_{0,925}\text{Zn}_{0,075}\text{O}_3$ ($x = 0.075; 0.095; 0.115$) при различных соотношениях энергии магнитной анизотропии и тепловой.

Замечания по диссертационной работе:

1. На странице 55 указано, что температурные зависимости магнитной восприимчивости для серии соединений $\text{Eu}_{0,6}\text{La}_{0,4-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$ подчиняются закону Кюри-Вейсса в парамагнитной области и были использованы для оценки эффективного магнитного момента по значениям констант Кюри. Следует отметить, однако, что полученные значения эффективного момента значительно расходятся с теоретически ожидаемыми. Очевидно, что использованная для анализа формула не учитывает вкладов всех магнитных подсистем, а именно ван-флековский вклад ионов европия, который всегда играет заметную роль, температурно-независимые вклады диамагнитной подрешетки и возможный паулевский парамагнетизм. Такой анализ позволил бы корректно определить константу Кюри и вероятно устранить

противоречия между экспериментальным и теоретическим значениями эффективного момента.

2. На рисунке 2.9 страница 64 приведена температурная зависимость интегральной интенсивности линий от ферромагнитных кластеров. Совершенно непонятно почему падает амплитуда сигнала от ФМ кластеров? Может это просто сигнал от другой парамагнитной фазы структурно неоднородного образца и в ней происходит АФМ упорядочение?

3. На рисунке 2.10 страница 67 приведена температурная зависимость ширины линии ЭПР. Совершенно непонятно, однако, почему автор ограничился данными только для одного из серии исследованных образцов, в то время как два других параметра (резонансное поле и интегральная интенсивность ЭПР) показаны и проанализированы для всех исследованных образцов. Будучи мерой релаксации магнитной подсистемы, ширина линии ЭПР дает важную информацию о динамических характеристиках спиновой системы и была бы важным дополнением к результатам, представленным на рисунках 2.8 и 2.9.

4. На рисунке 3.6 на странице 82 приведены температурные зависимости удельного сопротивления для керамики $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Mn}_{0.925}\text{Zn}_{0.075}\text{O}_3$ ($x = 0.095$), которые обнаруживают аномальный скачок, который авторы связывают с переходом из низкотемпературной орторомбической фазы в высокотемпературную ромбоэдрическую. Вместе с тем, для образца с большим содержанием стронция ($x = 0.115$) такая аномалия не обнаружена, что свидетельствует о том, что температура структурного фазового перехода в образце с $x = 0.115$ должна была бы быть существенно ниже исследованной области температур. На наш взгляд, столь сильная концентрационная зависимость температуры структурного фазового перехода маловероятна, а аномальный скачок удельного сопротивления, возможно, связан с несовершенством эксперимента, который представляет собой весьма нетривиальную задачу в случае измерения керамических образцов.

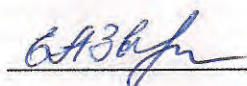
5. В работе встречаются досадные технические погрешности: неудачные фразы, опечатки и т.п.

Приведенные замечания не умаляют достоинств диссертационной работы К. Р. Шарипова, которую можно квалифицировать как вклад в физику магнетизма низкоразмерных соединений переходных металлов. Проведено актуальное и оригинальное исследование, обладающее научной новизной и 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 наиболее авторитетных рецензируемых журналах и выступлениями на конференциях высокого уровня. Автореферат полностью отражает содержание диссертации.

Считаю, что диссертационная работа К. Р. Шарипова «**Исследование магнитных свойств ферромагнитных кластеров в легированных манганитах лантана**» отвечает критериям, установленным в п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней» для защиты кандидатских диссертаций, а ее автор, Шарипов Камиль Рашитович, заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.11 – физика магнитных явлений.

Официальный оппонент:

канд. физ.-мат. наук.

 /Зверева Елена Алексеевна/

Физический факультет

ФГБОУ ВПО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова»,

119991, Москва, ГСП-1, Ленинские горы,

д. 1, стр. 2, физический факультет,

телефон: (495) 939-31-60,

сайт: <http://www.phys.msu.ru/>

E-mail: zvereva@mig.phys.msu.ru

Подпись Е.А. Зверевой заверяю,

Декан Физического факультета
МГУ им. М.В. Ломоносова, профессор



 / Н.Н. Сысоев/