

ОТЗЫВ

официального оппонента диссертационной работы Кабирова Юрия Вагизовича «**Магниторезистивные и диэлектрические свойства композитов и неупорядоченных структур на основе перовскитов**»,
представленной на соискание ученой степени
доктора физико-математических наук по специальностям
1.3.12. Физика магнитных явлений,
1.3.8. Физика конденсированного состояния

Актуальность темы. Физические явления как магнитные, так и электрические в неупорядоченных материалах, композитах и твердых растворах являются сегодня предметом активных исследований. Это связано с разнообразием физических свойств подобных гетерогенных материалов и с тем, что их физическими свойствами можно управлять с помощью внешних воздействий. Важность изучения магнитного и диэлектрического отклика при различных микроструктурных характеристиках и внешних воздействиях не вызывает сомнений ввиду ограниченности экспериментальных данных по материалам и неупорядоченным средам, проявляющим активность в электрических и магнитных полях, испытывающих структурные переходы и находящимся вблизи порога перколяции. В работе рассмотрен большой круг материалов, имеющих потенциал для практических применений благодаря ряду управляемых физических свойств. Это является важным в таких сферах, как спинтроника, твердотельная электроника, электротехника. В связи изложенным выше диссертационная работа Кабирова Ю.В. представляется важной как в фундаментальном, так и в прикладном аспектах.

Структура и основное содержание работы. Диссертация состоит из введения, семь глав, заключения и списка литературы. Работа изложена на 246 страницах, включая 104 рисунка, 14 таблиц и список литературы из 304 наименования.

Во введении к диссертационной работе обоснована актуальность работы, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость работы. Основной целью работы стало экспериментальное исследование и установление связей

магниторезистивных, магнитодиэлектрических свойств композитных систем на основе перовскитов с их структурой, составом и морфологией. Объектами исследований выбраны керамические композитные материалы на основе $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$, $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$, $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$, кристаллы и керамика CdTiO_3 , керамики $\text{PbZr}_{1-x}\text{Hf}_x\text{O}_3$, PbHfO_3 и Pb_2CdWO_6 .

Первая глава представляет собой аналитический литературный обзор результатов изучения явлений магниторезистивности в неупорядоченных системах (композитах и твердых растворах), особенно на основе манганитов. Рассмотрены физические механизмы проявления отрицательной изотропной магниторезистивности в керамических композитах, приведены существующие теоретические модели явления.

Вторая глава посвящена описанию методик синтеза и исследования приготовленных композитных составов с отрицательной и положительной магниторезистивностью.

В третьей главе приведены результаты исследования диэлектрических свойств композитных материалов, находящихся вблизи порога перколяции, в постоянном магнитном поле.

В четвертой главе приведены результаты исследования предложенного материала полиэтилен-манганит, обладающего одновременно магниторезистивностью и несобственной пьезорезистивностью.

В пятой главе приведены результаты исследований проявления отрицательной диэлектрической проницаемости в диэлектриках $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ и $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$ в области частот от 10^{-3} до 10^{-1} Гц. Также здесь приведены результаты исследований магнитных свойств и микроструктуры композитных образцов $0,05\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}/0,95\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$.

В шестой главе приведены результаты рентгеноструктурных исследований полиморфных фазовых переходов следующих синтезированных перовскитов и перовскитовых твердых растворов: CdTiO_3 , $\text{PbZr}_{1-x}\text{Hf}_x\text{O}_3$.

В седьмой главе приведены дополнительные экспериментальные результаты исследований ряда неупорядоченных материалов (Pb_2CdWO_6 , композитов на основе $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$) пригодных для практических приложений, особенно в области критических явлений.

Научная новизна работы. В работе показано, что композиты на основе $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ могут проявлять как отрицательную магниторезистивность, так и положительную, а также реагировать на давление. Все эти свойства зависят от второго компонента композита, помимо манганита. Впервые отмечается магнитодиэлектрический эффект в магниторезистивных композитах вида LSMO/ GeO_2 на пороге перколяции. Обнаружен эффект неаддитивного влияния магнитного компонента на второй, парамагнитный компонент в керамических композитах $0,05\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}/0,95\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$, связанный с ориентационным упорядочением спинов ионов меди, что связано с магнитным влиянием феррита. Показана возможность фазового перехода для CdTiO_3 из фазы перовскита в ильменитовую фазу с помощью воздействия типа «интенсивной пластической деформации».

Основные результаты диссертационной работы. Разработана технология так называемого одношагового синтеза магниторезистивных композитов на основе манганита $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$, в диссертации представлены характеристики магниторезистивности таких композитов. Интересным является использование синтезированных композитов с невысоким удельным сопротивлением в качестве магнитодиэлектриков на частотах ниже плазменной. Изменение диэлектрической проницаемости здесь связано с наличием магниторезистивности в постоянном магнитном поле. В композитах типа манганит-полиэтилен обнаружено проявление как пьезорезистивности, так и магниторезистивности. В перовските $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ в области низких частот экспериментально обнаружен переход в состояние с отрицательным диэлектрическим откликом.

Достоверность результатов и обоснованность выводов диссертации подтверждается использованием совокупности современных методов исследований – рентгеновской дифракции, электронной микроскопии,

диэлектрической спектроскопии, а также воспроизводимостью результатов, непротиворечивостью современным представлениям.

Научная значимость заключается в решении проблемы соотношения свойств неупорядоченных составов и их структурой, составом в критической области, связанной или с перколяционными явлениями, или с фазовыми переходами. Показана возможность управления электрическими и диэлектрическими свойствами композитов на основе манганита $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$. Выявлен новый класс проводящих магниторезистивных составов, который меняет свою диэлектрическую проницаемость в постоянном магнитном поле. В композите $0,05\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}/0,95\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ показано неаддитивное влияние малых магнитных компонентов в парамагнитной керамической матрице на интегральные магнитные свойства композита, связанное с ориентационным влиянием постоянного магнитного поля на спины ионов меди. Показан путь реконструктивной трансформации для перовскитовой фазы CdTiO_3 в ильменитовую с помощью силового воздействия с кручением. Продемонстрировано существование сегнетоэлектрической фазы в последовательности морфотропных фазовых переходов в цирконате-гафнате свинца от антисегнетоэлектрической к парафазе.

Практическая значимость связана с влиянием разработок новых магниторезистивных и магнитодиэлектрических композитных материалов, эффектов «подмагничивания» в керамических композитах феррит-парамагнетик, на возможности их технического применения. Результаты работы могут быть использованы для создания датчиков постоянного магнитного поля, как с отрицательной, так и с положительной магниторезистивностью.

Основные результаты диссертации Кабирова Юрия Вагизовича достаточно полно отражены в автореферате и изложены в 29 статьях в международных и отечественных рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК для публикации основных результатов диссертационных исследований.

По диссертации Кабирова Ю.В. имеются следующие вопросы и замечания.

1. Раздел 2.1, с. 37. «В основном был использован метод вжигания серебра с помощью пасты на основе нитрата серебра при $T=800$ °С. При такой высокой температуре серебро проникает внутрь композита, и это как то должно влиять на структурные, транспортные и магнитные свойства. Учитывалось ли влияние серебра в этой работе?

2. В работе не обсуждается причина температурного гистерезиса на рис.11? С какой скоростью осуществлялись нагрев и охлаждение? Возможно ли влияние контактов на этот гистерезис?

3. Рис. 77. Излом на кривой почти не заметен, было бы правильней построить производную $d(\Delta n)/dT$ (Т).

4. Стр 130. Предложение: «Магнитная восприимчивость композита равна сумме трех составляющих: от ферромагнитного 5 % SFO, которая почти не изменяется ниже 46 К». Целесообразно ли говорить о ферромагнитном упорядочении, если парамагнитная температура Кюри отрицательная, что говорит об антиферромагнитном характере обменного взаимодействия?

5. В диссертации встречаются опечатки и фразы, почти не употребляемые в научной литературе. Так, на с. 7 есть предложение, содержащее оборот «диэлектрическая фаза», на с. 22 – «перовскитовое соединение», на с. 103 – «перколяционный композитный образец». На отдельных рисунках не указаны температуры, при которых проведен эксперимент.

Стоит заметить, что сформулированные выше замечания не снижают общей положительной оценки диссертации, её высокого научного уровня, достоверности, важности основных научных положений и новизны основных выводов.

В целом, диссертация Кабирова Ю.В. представляет собой завершённую работу, в которой автором на основании экспериментальных исследований решена задача установление связи между магниторезистивными, магнитодиэлектрическими, структурными свойствами композитов и твердых растворов с их составом и морфологией.

Считаю, что диссертационная работа соответствует критериям пп. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г., а ее автор, Кабиров Юрий Вагизович, заслуживает присуждения ему искомой степени доктора физико-математических наук по специальностям: 1.3.12. Физика магнитных явлений и 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент – Доктор физико-математических наук, доцент, Институт физики имени Л.В. Киренского Сибирского отделения РАН – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, старший научный сотрудник лаборатории радиоспектроскопии и спиновой электроники

Еремин Евгений Владимирович

«11» апреля 2023 г.

660036, Красноярск, Академгородок 50, ст.38, ИФ СО РАН

Тел. +7(391) 243-26-35

E-mail: eev@iph.krasn.ru

Подпись Еремина Е.В. заверяю

Ученый секретарь ИФ СО РАН

Кандидат физ.-мат. наук



А.О. Злотников