

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

доктора физико-математических наук, профессора **Голенищева-Кутузова Александра Вадимовича** на диссертационную работу **Кабирова Юрия Вагизовича** «**Магниторезистивные и диэлектрические свойства композитов и неупорядоченных структур на основе перовскитов**», представленную на соискание ученой степени доктора физико-математических наук по специальностям:

1.3.12. Физика магнитных явлений,

1.3.8. Физика конденсированного состояния

Актуальность темы. За последние десятилетия значительно возрос интерес исследователей к неупорядоченным материалам – композитам и твердым растворам, особенно таких, которые дают возможность управления их оптическими, электрическими или магнитными свойствами. В диссертационной работе Кабирова Ю.В. исследуются композитные материалы, проявляющие магниторезистивные и магнитодиэлектрические свойства и твердые растворы, вблизи порога перколяции. Данные материалы имеют явное технологическое преимущество в изготовлении и могут быть стабильны в агрессивных внешних условиях. Таким образом данное направление исследований является актуальным.

Цель работы - экспериментальное исследование и установление связей магниторезистивных, магнитодиэлектрических свойств композитных систем на основе перовскитов с их структурой, составом и морфологией, а также исследование структурных особенностей и фазовых переходов в таких неупорядоченных системах. Для достижения целей был решен ряд задач, наиболее интересные из них:

- разработка и синтез композитов, содержащих магнитный полупроводник $\text{La}_{0.7}\text{Sr}_{0.3}\text{MnO}_3$ и диэлектрическую фазу (Sb_2O_3 , GeO_2 , $\text{Li}_4\text{P}_2\text{O}_7$ и другие диэлектрики) или графит, полиэтилен, исследование в них магниторезистивного, магнитодиэлектрического и несобственного пьезоэлектрического эффектов;
- исследование эффекта «подмагничивания» в новых композитах $0,05\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}/0,95\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$;

– изучение возможности обратного фазового перехода «перовскит-ильменит» для CdTiO_3 .

Объекты исследования: композитные керамические материалы, содержащие $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$, $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$, $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$, кристаллы и керамика CdTiO_3 , керамики $\text{PbZr}_{1-x}\text{Hf}_x\text{O}_3$, PbHfO_3 и Pb_2CdWO_6 .

Научная новизна исследований заключается в том, что впервые:

полученные экспериментальные результаты по магниторезистивности двухкомпонентных керамических композитов, содержащих LSMO, показали возможность управления величиной и знаком магниторезистивности данных композитов с различными матричными компонентами;

предложен новый подход к исследованию магнитодиэлектрических свойств проводящих магниторезистивных композитов, характеризующихся отрицательным диэлектрическим откликом на частотах ниже плазменной; показано неаддитивное изменение магнитных свойств парамагнитной компоненты $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ в керамике $0,05\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}/0,95\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ в магнитном поле, которое связано с так называемым «подмагничиванием» $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ частицами гексаферрита $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$;

обнаружен реконструктивный фазовый переход перовскит - ильменит в CdTiO_3 при механическом воздействии со сдвигом на перовскитовую фазу.

Характеристика содержания диссертации:

Диссертация Кабирова Ю.В. состоит из введения, семи глав и заключения, написана ясным языком, и включает 104 рисунка, 14 таблиц и библиографию из 304 наименований. Общий объем диссертации 246 страниц.

Первая глава представляет собой литературный обзор по теме исследований. Особое внимание уделено магниторезистивным свойствам композитов и неупорядоченных систем на основе манганитов, в частности, $\text{La}_{0,7}\text{Sr}_{0,3}\text{MnO}_3$.

Вторая глава посвящена описанию методик синтеза композитных материалов с отрицательной и положительной магниторезистивностью, и методов их исследования.

Третья глава содержит результаты исследований диэлектрического отклика композитов на частотах ниже плазменной. При этом диэлектрический отклик композита меняется в постоянном магнитном поле на частотах от 1 кГц до 1 МГц.

Четвертая глава посвящена новым композитам, меняющим свое электрическое сопротивление при воздействии давления, и при этом обладающим магниторезистивностью.

Пятая глава содержит результаты диэлектрических исследований в области низких частот перовскита $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ и гексаферрита $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$. Приведены результаты исследований магнитных свойств и микроструктуры композитных образцов $(\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19})_{0.05}(\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12})_{0.95}$. Показано, что малые ферромагнитные включения гексаферрита стронция значительно меняют магнитный отклик двухкомпонентного композита $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19} - \text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$.

Шестая глава содержит обсуждение рентгеноструктурных исследований полиморфных фазовых переходов синтезированных соединений со структурой перовскита: CdTiO_3 , $\text{PbZr}_{1-x}\text{Hf}_x\text{O}_3$. Для CdTiO_3 (P) экспериментально доказано существование фазового перехода в ильменитовую фазу CdTiO_3 (I) при комнатной температуре. В твердых растворах $\text{PbZr}_{1-x}\text{Hf}_x\text{O}_3$ ($x = 0,3; 0,5; 0,7$) выявлена промежуточная фаза между антисегнетоэлектрической и параэлектрической наличие сегнетоэлектрической фазы.

Седьмая глава посвящена некоторым физическим свойствам неупорядоченных материалов, которые могли бы использоваться на практике: в области фазового перехода в параэлектрическую фазу в Pb_2CdWO_6 наблюдаются высокие значения диэлектрической проницаемости ϵ . Показано, что в синтезированных керамических композитных образцах $75\%\text{LSMO}/10\%\text{GeO}_2/15\%\text{NaF}$ величина поглощения СВЧ-энергии

электромагнитного поля в диапазоне частот от 3 до 12 ГГц достигает $L = 15$ дБ.

Диссертация представлена в научной печати на достаточном уровне: по теме диссертации опубликованы 29 статей в рецензируемых журналах, входящих в перечень российских и зарубежных изданий, установленный ВАК при Минобрнауки России. Результаты диссертационных исследований регулярно докладывались на всероссийских и международных конференциях.

Практическая значимость. Результаты диссертационных исследований могут быть использованы для создания сенсоров постоянного магнитного поля. Следует отметить, что намечен путь создания магнитодиэлектрических составов, имеющих отрицательный диэлектрический отклик на измерительных частотах ниже плазменной. Структурный фазового перехода «перовскит - ильменит» в CdTiO_3 , вызванный силовым воздействием со сдвигом, может быть использован при исследовании фазовых переходов других перовскитовых материалов, испытывающих полиморфные фазовые переходы.

Основные результаты работы. Нужно отметить, что неупорядоченные материалы вблизи порога перколяции или фазовых переходов, которые исследуются в диссертации Кабирова Ю.В., представляют собой объекты с повышенной чувствительностью к внешним воздействиям. Наиболее значительными являются нижеперечисленные основные результаты диссертации Кабирова Ю.В.

1. Вблизи порога перколяции в композитах $\text{LSMO/Sb}_2\text{O}_3$, LSMO/GeO_2 , $\text{LSMO/Li}_4\text{P}_2\text{O}_7$, LSMO/C выявлено наличие высоких значений отрицательной или положительной изотропной магниторезистивности. Показана возможность управления знаком магниторезистивности.

2. Обнаружение в композитах $\text{LSMO}/(\text{GeO}_2, \text{Li}_4\text{P}_2\text{O}_7)$ вблизи порога перколяции несобственного магнитодиэлектрического эффекта.

3. В экспериментальных образцах LSMO/LDPE(полиэтилен) представлена комбинация упругих и магниторезистивных свойств.

4. Обнаружение отрицательного диэлектрического отклика в $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ в области низких частот от 10^{-3} до 10^{-2} Гц после длительного отжига.

5. Показано наличие эффекта «подмагничивания» в керамике $0,05\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}/0,95\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$, который связан с влиянием на $\text{CaCu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$ магнитных свойств малых включений гексаферрита $\text{SrFe}_{12}\text{O}_{19}$.

6. В твердом растворе CdTiO_3 обнаружен реконструктивный фазовый переход перовскит - ильменит в при механическом воздействии со сдвигом.

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов.
Полученные в диссертационной работе Кабирова Ю.В. результаты, представляются достоверными, а выводы и основные положения обоснованы с физической точки зрения. Это обеспечено использованием корректных методов исследования, воспроизводимостью полученных результатов и соответствию их представлениям физики магнитных явлений, а также физики конденсированного состояния. Результаты исследований коррелируют с литературными данными по близким направлениям исследований.

По диссертации Кабирова Ю.В. имеется несколько замечаний.

1. При исследовании фазовых переходов при интенсивном силовом воздействии на CdTiO_3 в диссертационной работе не указана длительность существования метастабильного состояния ильменитной фазы. Также не отмечаются иные механизмы диссипации энергии, кроме структурных трансформаций.

2. Неясно, какова точность измерения напряженности магнитного поля и электрического сопротивления образцов в экспериментах по измерению магниторезистивности и магнитодиэлектрического эффекта.

3. В диссертации никак не отмечается анизотропия свойств композитов, синтезированных из чередующихся слоев полиэтилена и манганита. При

такой укладке вполне вероятно проявление сильной анизотропии исследуемых магниторезистивности и пьезорезистивности.

4. Использование различных типов электродов для измерения электрических свойств композитов не освещено в диссертации должным образом.

Также в диссертации встречаются опечатки и стилистические ошибки.

Указанные выше замечания и недостатки не влияют на основные теоретические и практические результаты диссертации и не меняют общей положительной оценки диссертационной работы Кабирова Ю.В.

Особенно важно то, что несмотря на кажущуюся разнородность исследований и самих материалов с разнообразными физическими свойствами, в диссертации рассмотрены явления, происходящие в областях неустойчивости – либо это фазовые переходы, либо действия магнитных полей в гетерогенных материалах вблизи порога перколяции, или в области структурной неустойчивости. В этих случаях достигается управление магнитными свойствами и откликами композитов (электрическим и диэлектрическим) на внешние воздействия. Полученные в диссертации результаты являются новыми и оригинальными, согласующимися с известными на сегодняшний день физическими представлениями.

Диссертация Кабирова Ю.В. является законченной оригинальной научно-исследовательской работой, соответствующей паспортам специальностей 1.3.12. Физика магнитных явлений и 1.3.8. Физика конденсированного состояния. Результаты являются обоснованными и достоверными. Автореферат соответствует основному содержанию диссертации и хорошо отражает основные научные результаты и выводы, представленные Кабировым Ю.В в его диссертации.

Результаты диссертации могут быть использованы в учебных и научных учреждениях и технологических центрах, специализирующихся на исследованиях магнитных и электрических явлений в композитах и керамиках, а также при изложении учебного материала в спецкурсах для магистрантов и аспирантов вузов. Среди организаций можно назвать МГУ

им. М.В. Ломоносова (г. Москва), ФТИ им. А.Ф. Иоффе РАН (г. Санкт-Петербург), ВГТУ и ВГУ (г. Воронеж), ЮФУ (г. Ростов-на-Дону), СФУ (г. Красноярск), КФТИ (г. Казань), КГЭУ (г. Казань).

Разработанные автором в диссертации теоретические положения и экспериментальные результаты можно квалифицировать как научное достижение, которое имеет не только академический характер, но и практическое значение, стимулирующее несколько направлений развития таких интересных приложений, как магнитодиэлектрический отклик в магниторезистивных композитах на частотах ниже плазменной, разработка новых керамических датчиков магнитных полей и т.п.

Диссертация Кабирова Юрия Вагизовича «Магниторезистивные и диэлектрические свойства композитов и неупорядоченных структур на основе перовскитов» соответствует требованиям пп. 9-14 "Положения о порядке присуждения учёных степеней а ее автор, несомненно, заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальностям: 1.3.12. Физика магнитных явлений и 1.3.8. Физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент,
заведующий кафедрой «Промышленная
электроника» ФГБОУ ВО «Казанский
государственный энергетический университет»,
доктор физико-математических наук по спец.
01.04.10 «Физика полупроводников и
диэлектриков», профессор

Голенищев-Кутузов Александр Вадимович

(420066, Российская Федерация, Республика Татарстан, г. Казань,
ул. Красносельская, дом 51, тел. 8(843)519-42-78, e-mail: alex.kutuzov@mail.ru