

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Амирова Абдулкарима Абдулнатиповича, представленной на соискание ученой степени доктора физико-математических наук на тему: «Калорические эффекты в мультиферроиках» по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений

Диссертация Амирова А.А. представляет собой комплексную и логически выстроенную работу, детально отражающую содержание и результаты многолетних исследований.

1. Актуальность темы

Автор обоснованно актуализирует тему, связывая её с глобальной задачей разработки энергоэффективных и экологичных систем твердотельного охлаждения. Подчеркнута перспективность мультикалорического подхода, основанного на комбинированном воздействии полей разной природы, что соответствует современным мировым трендам в материаловедении и прикладной физике (ссылки на обзоры [1-5, A33]). Особо отмечается связь с быстроразвивающейся областью стрейнтроники, что добавляет работе междисциплинарную значимость.

2. Научная новизна

Научная новизна работы убедительно продемонстрирована и подтверждается следующими конкретными результатами, подробно изложенными в автореферате:

1. Усовершенствование расчетных моделей: Разработана и модифицирована полуэмпирическая модель (с. 17–19, формулы 1–2) для оценки магнитокалорического эффекта (МКЭ) в катион-замещенных ферритах висмута в областях магнитных фазовых переходов. Модель адекватно описывает сложное поведение намагниченности и позволяет рассчитывать изменение энтропии, что подтверждено совпадением с экспериментальными данными (Рис. 3а,б).

2. Создание новых материалов и методов: Впервые получены и всесторонне исследованы новые классы мультикалорических материалов:

а. Керамические композиты 0-3 типа (напр., MnAs/PMN-PT) и полимерные композиты 0-3 и 1-3 типа (напр., GSG/PVDF, NiMnGa/PVDF).

б. Разработаны оригинальные экспериментальные установки и методики для прямых измерений комбинированных калорических эффектов (МультиКЭ) под действием магнитного поля и механической нагрузки (одноосное растяжение, гидростатическое давление).

3. Экспериментально обнаружены и объяснены новые эффекты:

а. В «природном» мультиферроике BiFeO_3 выявлены максимумы не только МКЭ, но и электрокалорического эффекта (ЭКЭ) в области антиферромагнитного перехода, что свидетельствует о сильной магнитоэлектрической связи и позволяет отнести его к мультикалорикам.

б. В сплаве $\text{Fe}_{48}\text{Rh}_{52}$ показано, что комбинированное воздействие магнитного поля (1 Тл) и одноосного растяжения (104 МПа) приводит к синергетическому усилению общего калорического эффекта, который не является простой суммой одиночных эффектов.

с. В композитах GSG/PVDF установлена взаимосвязь между магнитокалорическим и магнитоэлектрическим эффектами, обусловленная пирозлектрическим вкладом от полимерной матрицы.

4. Впервые предложены и экспериментально апробированы концепции использования мультикалорических материалов в нетрадиционных областях:

- a. Магнитоуправляемая доставка лекарственных средств на основе «умного» композита PNIPAM/FeRh.
- b. Управление спиновыми волнами в структуре YIG/FeRh.
- c. Создание лабораторного прототипа демонстратора МультиКЭ.

3. Методология исследования

Методологическая база работы является комплексной, современной и обоснованной. Автор применяет взаимодополняющий набор методов:

- Теоретическое моделирование: Модифицированные феноменологические модели, методы конечных элементов (COMSOL) для расчета распределения напряжений и намагниченности, DFT-расчеты для построения фазовых диаграмм.
- Экспериментальные методы: Стандартные методы (магнитометрия, калориметрия, рентгеноструктурный анализ, ИК-термография) сочетаются с оригинальными разработками: установка для измерения МультиКЭ при растяжении и магнитном поле, методика на основе «мираж-эффекта» для бесконтактного измерения МКЭ, специализированные вставки для *in situ* экспериментов.
- Технологические решения: Разработаны и адаптированы методы синтеза различных типов композитов (керамические, полимерные) с заданными типами связности (0-3, 2-2, 1-3).

Такой подход обеспечивает достоверность и воспроизводимость результатов.

4. Анализ литературных источников

Список литературы объемный (396 наименований) и репрезентативный. Автор демонстрирует глубокое понимание предметной области, умело опираясь на фундаментальные работы по калорическим эффектам [1,2,3,5], мультиферроикам [7,9] и актуальные обзоры по мультикалорике [6]. Теоретические положения и экспериментальные данные из литературы критически осмыслены и использованы как основа для собственных исследований. Сильной стороной является опора на собственные обзорные работы [A31, A33, A40, A42, A49], что говорит о глубокой интеграции автора в мировое научное сообщество по данной тематике.

5. Положительные стороны работы

Фундаментальность и системность: Работа представляет собой законченное системное исследование от теоретического моделирования и синтеза материалов до изучения их свойств и демонстрации прикладных решений.

Междисциплинарность: Исследование лежит на стыке физики конденсированного состояния, материаловедения, термодинамики и инженерии, что расширяет его значимость.

Высокая практическая направленность: Результаты имеют четкие перспективы применения в твердотельном охлаждении, биомедицине (магнитоуправляемая доставка лекарств) и магноники (управление спиновыми волнами).

Оригинальность экспериментального оборудования: Разработанные уникальные установки (напр., для комбинированного воздействия полей) являются значительным вкладом в инструментальную базу исследований.

Публикационная активность и признание: Результаты опубликованы в 49 высококлассных работах (в т.ч. в журналах Q1-Q2), докладывались на 32 международных конференциях. Наукометрические показатели автора ($h=17$) подтверждают востребованность исследований.

6. Замечания и рекомендации

Несмотря на высочайший уровень работы, можно выделить несколько моментов, которые могли бы быть освещены в автореферате более подробно:

1. Вопросы стабильности и долговечности: Для прикладных применений (особенно в холодильной технике и биомедицине) критическим являются вопросы циклической стабильности материалов, усталости при многократном фазовом переходе, возможной деградации композитов. В автореферате эти аспекты затронуты кратко (напр., упомянуто исследование деградации в Fe48Rh52(A46)), но не вынесены в качестве отдельной задачи или объекта обсуждения.

2. Ограничения предлагаемых решений: Недостаточно подробно обсуждаются ограничения и перспективы предлагаемых подходов. Например, для композитов актуальны вопросы качества межфазных границ, воспроизводимости свойств от образца к образцу, сложности масштабирования технологии синтеза.

Рекомендации: Данные аспекты рекомендуется более полно осветить в ходе защиты и учесть в планировании дальнейших исследований.

7. Выводы

Автореферат диссертации в полной мере отражает актуальность и новизну защищаемых положений, что подтверждается его содержанием, основными результатами, а также публикациями по теме диссертации. Уровень признания полученных результатов подтверждается также высоким уровнем цитирования работ по теме диссертации.

Автореферат диссертации отвечает требованиям, установленным Московским государственным университетом имени М.В. Ломоносова к работам подобного рода. Содержание диссертации соответствует специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений (по физико-математическим наукам), а также критериям, определенным пп. 2.1–2.5 Положения о присуждении ученых степеней в Московском государственном университете имени М.В. Ломоносова, а также оформлен согласно приложениям №5, 6 Положения о диссертационном совете Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова.

Таким образом, соискатель Амиров Абдулкарим Абдулнатинович заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 1.3.12. Физика магнитных явлений.

Согласен на обработку персональных данных.

Проректор Сахалинского
государственного университета
доктор физико-математических
(специальность 01.04.07. Физика
конденсированного состояния)

Огнев Алексей Вячеславович

«16» сентября 2025 г.
Почтовый адрес: 693000, Южно-Сахалинск,
пр. Коммунистический, д. 33
Тел.: 8(4242) 452305
e-mail: ognev_av@sakhgu.ru

Подпись Огнева А.В. заверяю