

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу **Чжан Виктории Борисовны** *«Исследование структуры и магнитокалорических свойств гадолиния, тербия, диспрозия после гидрирования и редкоземельных фаз Лавеса»*, представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

Актуальность темы

Современные компрессионные холодильные машины прошли путь совершенствования длительностью более века и по своей эффективности практически достигли теоретического предела холодильного коэффициента. Наиболее перспективной ветвью дальнейшего развития холодильных машин принято считать так называемое магнитное охлаждение, заключающееся в применении магнитокалорического эффекта. Очень много внимания исследователей обращено на магнитокалорический эффект, методы его исследования, возможные варианты увеличения адиабатического изменения температуры магнетика вблизи фазового перехода при изменении внешнего магнитного поля. Этому эффекту посвящены не только отдельные секции на конференциях, но и целые конференции. С каждым годом экспоненциально возрастает количество статей по этой проблеме в рецензируемых изданиях, но, несмотря на это ни одной промышленно выпускаемой холодильной машины до сих пор не существует по разным причинам, включая отсутствие материала с оптимальными технологическими характеристиками. Именно изучению материалов с магнитокалорическим эффектом, на примере не только некоторых чистых тяжелых редкоземельных металлов (ТРЗМ), но и их гидрированных образцов, а также соединений типа RT_2 на основе ТРЗМ со структурой фаз Лавеса посвящена диссертация Чжан Виктории Борисовны. Поэтому актуальность выбранной темы не вызывает сомнений.

Научная новизна

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения и списка цитированной литературы.

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, приведена общая характеристика работы, сформулированы цель и задачи работы, а также основные положения, выносимые на защиту.

В первой главе рассмотрены структурные, электронные, электрические, магнитные и термодинамические свойства ТРЗМ и некоторых их соединений со структурой фаз Лавеса, приведена информация о видах фазовых переходов и методах их описания. Во второй главе подробно изложено приготовление объектов исследования и используемые экспериментальные методики.

Оригинальные результаты представлены в главах 3 – 5. Известно, что получение и исследование свойств чистых веществ и влияние примесей на изучаемые свойства является актуальной задачей как с точки зрения химии и физики, так и фундаментальной метрологии. Распад СССР привел к разрушению цепочки производства чистых и высокочистых РЗМ. В настоящее время основная часть РЗМ в России импортируется из Китая и оценка чистоты металлов затруднена. Применение дистилляции исследуемых ТРЗМ и выплавка сплавов на их основе, а также использование различных методов определения магнитотепловых свойств позволяет рекомендовать полученные в работе экспериментальные результаты как наиболее точные при расчете и разработке потенциальных технических устройств, в основе работы которых будет использован магнитокалорический эффект. В диссертации получены нетривиальные результаты, среди которых особо хочется отметить следующие: гидрирование дистиллированного гадолиния приводит к увеличению температуры Кюри, расширению рабочего интервала температур при неизменной величине адиабатического изменения температуры в процессе намагничивания и/или размагничивания и, соответственно, к увеличению хладоемкости. Кроме того, детально исследовано влияние примеси водорода на магнитокалорические свойства дистиллированного тербия и диспрозия, и построены концентрационные зависимости температур магнитных фазовых переходов от содержания водорода в образцах. Исследован широкий класс материалов со структурой фаз Лавеса, со сложными замещениями в редкоземельной и кобальтовой подрешетке и установлены закономерности влияния таких замещений на температуру Кюри, величину магнитострикции и магнитокалорического эффекта.

Достоинством представленной работы является применение комплексного подхода к исследованию, а главное, использование прямых и косвенных методов при оценке численных значений характеристик магнитокалорического эффекта и хорошее соответствие результатов, полученных этими методами.

Достоверность полученных результатов

Достоверность полученных в диссертационной работе результатов определяется использованием надежных прямых и косвенных экспериментальных методов, воспроизводимостью и повторяемостью результатов, качественным и количественным согласием полученных экспериментальных результатов с результатами расчетов «из

первых принципов», а также совпадением с экспериментальными данными, полученными другими исследователями.

Практическая ценность полученных результатов

Результаты, полученные автором, могут быть использованы при выборе рабочего тела технических устройств, основанных на магнитокалорическом эффекте.

Оценка содержания диссертации и её соответствия требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней

Диссертация содержит значительный объем экспериментального материала. Некоторые исследованные явления корректно объяснены с точки зрения электронной структуры исследованных соединений.

Принципиальных возражений по диссертации нет, но имеются следующие замечания.

1. В работе не содержатся полные экспериментальные сведения о химическом составе исследуемых образцов.
2. Использование сканирующей электронной микроскопии позволило бы получить более достоверную информацию о структуре исследуемых материалов, чем применение атомно-силовой микроскопии. Так утверждение автора о соответствии размера наблюдаемых неровностей рельефа поверхности размеру кристаллитов спорно. Размеры кристаллитов можно было бы дополнительно определить из уширения рефлексов на дифрактограммах.
3. В разделе 3.4 приводится очень интересный результат, показывающий анизотропность адиабатического изменения температуры при намагничивании/размагничивании образцов гадолиния, но не приводится подробного объяснения причин полученного результата. При попытке объяснения этого результата приводится оценка разности энергий анизотропии в разных образцах гадолиния, но оказывается непонятным для какого вида анизотропии и каких внешних условий проведена оценка. В этом же разделе указано, что «Анизотропия свойств дистиллированного гадолиния также отражается и на поведении теплоемкости...». Непонятно каким образом магнитокристаллическая анизотропия и/или анизотропия формы может влиять на значение скалярной физической величины, тем более в парамагнитной области.
4. Было бы очень полезно исследовать влияние циклирования процессов намагничивания и размагничивания на временную стабильность гидридов гадолиния и дать оценку возможности их практического применения.
5. Текст диссертации несвободен от орфографических ошибок и стилистических неточностей, содержит жаргонизмы. Автор использует такие выражения как: «высокое магнитное насыщение», «величина эффекта», «измерение МКЭ», «температурах

близких к магнитным переходам», «этот параметр измеряет», «терромагнитный анализ» и др.

Указанные вопросы и замечания не снижают общего положительного впечатления от работы, свидетельствующей о высокой профессиональной квалификации соискателя и ее широкой научной эрудиции.

Диссертация Чжан Викторией Борисовны представляет собой законченный научный труд, написанный соискателем самостоятельно хорошим языком на современном научном уровне. Автореферат соответствует материалу диссертации и полностью отражает ее результаты и выводы.

Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния п. 3, п. 5. Основные результаты диссертации опубликованы в ведущих рецензируемых российских и зарубежных журналах.

По объему выполненных исследований, актуальности решаемых задач, научной новизне и практической значимости полученных результатов, диссертация Чжан Викторией Борисовны, представленная на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, соответствует установленным требованиям ВАК к кандидатским диссертациям, а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по этой специальности.

Кандидат физико-математических наук, доцент
доцент кафедры магнетизма и магнитных
наноматериалов Института естественных наук
и математики ФГАОУ ВО «УрФУ имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина»



Алексей Сергеевич Волегов

«24» мая 2017 года

Адрес: Кафедра магнетизма и магнитных наноматериалов, Институт естественных наук и математики, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б. Н. Ельцина», 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19

Телефон: (343) 261-68-23

e-mail: Alexey.Volegov@urfu.ru

Подпись

А.С. Волегова

Заверяю

