

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации **Паукова М.А.**

«Магнитные и магнитотепловые свойства гидрированных материалов на основе редкоземельных металлов»,

представленной на соискание ученой степени

кандидата физико-математических наук

по специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений

Диссертация посвящена актуальной теме исследования влияния внедрения атомов водорода на кристаллическую структуру, магнитные и магнитотепловые свойства монокристаллических и/или порошковых следующих функциональных материалов: гадолиний в различном структурном состоянии и его твердые растворы  $\alpha$ -GdH<sub>x</sub>, интерметаллические соединения TmFe<sub>11</sub>Ti, Tm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub> и (R,Nd)<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B (R = Pr, Ho, Er и Tm) и их гидриды TmFe<sub>11</sub>TiH<sub>x</sub>, Tm<sub>2</sub>Fe<sub>17</sub>H<sub>x</sub> и (R,Nd)<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>BH<sub>x</sub>, где  $0 \leq x \leq 5.5$ . Большой интерес к таким материалам вызван их практически важными характеристиками, такими, как высокие значения магнитокристаллической анизотропии, магнитострикции и магнитокалорического эффекта. Материалы с большим содержанием железа используются в качестве постоянных магнитов с рекордными магнитными характеристиками. В настоящее время в мире весьма популярна идея создания бытовых магнитных рефрижераторов, использующих магнитокалорический эффект, благодаря их высокой эффективности, безопасности, простоте устройства и экологичности, по сравнению с парокомпрессионными. Перспективными материалами для этого являются сплавы с редкоземельными компонентами, в частности, гадолинием, который уже используется в магнитных рефрижераторах. Очевидно, что в мире идет поиск материалов с приемлемым магнитокалорическим эффектом и с минимальным содержанием дорогостоящего редкоземельного металла, к примеру, сплавов с большим содержанием железа.

Несмотря на обилие литературы по данной теме, автору удалось получить новые результаты благодаря использованию ряда новых составов, монокристаллических образцов, гидрирования до максимальных содержаний водорода, высоких магнитных полей до 80 Тл.

Содержанием диссертации является полный цикл экспериментальных работ, состоящий из приготовления монокристаллических образцов, их гидрирования с сохранением монокристаллической структуры, исследования кристаллической и микроструктур, измерения полевых и температурных зависимостей намагниченности в полях до 60 - 80 Тл, измерения магнитокалорического эффекта прямым методом, измерения полевых и температурных зависимостей магнитострикции тензометрическим методом. Теоретическое описание полевых зависимостей намагниченности соединений R-Fe было выполнено в рамках теории одноионной анизотропии и теории молекулярного поля.

В результате большой проделанной работы были установлены новые результаты, имеющие важное научно-практическое значение. Отметим некоторые:

- 1) В монокристалле гидрида гадолиния  $\alpha\text{-GdH}_{0.15}$  обнаружена анизотропия магнитокалорического эффекта с понижением его величины вдоль оси  $c$ , что важно при эксплуатации гадолиния в водородсодержащих средах в качестве рабочего тела магнитных рефрижераторов.
- 2) Уточнены значения параметров кристаллического и обменного полей для  $\text{TmFe}_{11}\text{Ti}$ ,  $\text{Tm}_2\text{Fe}_{17}$ ,  $(\text{R},\text{Nd})_2\text{Fe}_{14}\text{B}$  ( $\text{R} = \text{Pr}, \text{Ho}, \text{Er}$  и  $\text{Tm}$ ) и их гидридов, которые могут быть полезны при прогнозировании свойств новых магнитных материалов на основе РЗМ с большим содержанием железа.
- 3) Установлена нестабильность гидрида  $\text{Tm}_2\text{Fe}_{17}\text{H}_{5.5}$  с течением времени из-за спонтанного ухода водорода спустя год из тетраэдрических пустот при сохранении его в октаэдрических междоузлиях.
- 4) Установлено изменение типа магнитной анизотропии с легкоосного в соединении  $\text{Tm}_2\text{Fe}_{17}$  на легкоплоскостной в его гидриде  $\text{Tm}_2\text{Fe}_{17}\text{H}_{5.5}$ .

Материалы диссертационной работы опубликованы в 13 статьях в российских и зарубежных рецензируемых журналах, входящих в перечень ВАК, и в 15 публикациях в сборниках материалов и тезисах докладов всероссийских и международных конференций.

Автор хорошо знаком с положением дел в данной отрасли, грамотно формулирует цель и задачи работы и анализирует полученные результаты. Не вызывает сомнений, что Пауков М.А. является сформировавшимся научным работником и достоин присуждения ему степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация соответствует специальности 01.04.11 – Физика магнитных явлений.

Диссертационная работа соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней.

Кучин Анатолий Георгиевич

доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник,  
ФГБУН Институт физики металлов имени М.Н. Михеева УрО РАН,  
ведущий научный сотрудник лаборатории ферромагнитных сплавов.

620108, Россия, г. Екатеринбург, ул. Софьи Ковалевской, д. 18.

тел. (343)3783558

[kuchin@imp.uran.ru](mailto:kuchin@imp.uran.ru)

19.12.2019