

ОТЗЫВ

официального оппонента д.ф.-м.н. Ю.Г. Пастушенкова на диссертацию Пелевина Ивана Алексеевича "Влияние элементов внедрения на структуру и магнитные свойства редкоземельных соединений с высоким содержанием железа", представленную на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

В последнее годы прослеживается большая активность в исследовании физических свойств и явлений в магнитных материалах, содержащих f и d ионы, особенно редкоземельных интерметаллических соединений с высоким содержанием 3d элементов. Исследования данных материалов представляют большой интерес для фундаментальной физики, поскольку способствуют выяснению природы формирования обнаруженных в них ярких и разнообразных физических свойств. Так соединения ряда $R_2Fe_{14}V$ стали в последние десятилетия основой для получения постоянных магнитов с экстремально высоким энергетическим произведением до 60 МГс·Э. Именно эти магниты используются сегодня для наиболее перспективных применений. Несмотря на то, что соединения $R_2Fe_{14}V$ и постоянные магниты на их основе известны и интенсивно исследуются более 30 лет, попытки найти более эффективный магнитотвердый материал до настоящего времени не увенчались успехом. Это привело к активизации исследований уже известных магнитотвердых материалов с использованием уникальных возможностей появившихся в последние годы новых методов получения объектов исследования и анализа их структурных и магнитных характеристик. Кроме того, в конце 2009 года, геополитические процессы привели к международной стратегической нехватке редкоземельных металлов, что повысило интерес к материалам с малым содержанием редкоземельных компонентов и, в частности, безредкоземельным магнитным материалам, в которых высокая анизотропия создается без участия редкоземельных компонентов.

В связи с этим тема диссертационной работы Пелевина И.А., посвященной комплексному исследованию влияния элементов внедрения на структуру и магнитные свойства редкоземельных соединений с высоким содержанием железа, несомненно является актуальной.

Диссертация Пелевина И.А. состоит из введения, пяти глав, основных результатов и выводов, списка цитируемой литературы. В трех главах изложены оригинальные результаты.

Во введении ясно и четко формулируются решаемые в диссертационной работе задачи и научные результаты, которые выносятся на защиту.

Первая глава является литературным обзором. Следует отметить, что обзор очень полный, приведены данные о кристаллической структуре редкоземельных интерметаллидов с высоким содержанием железа и атомами внедрения, обменных взаимодействиях и магнитокристаллической анизотропии. В частности, систематизированы данные о намагниченности R-Fe соединений в сильных магнитных полях. Обзор свидетельствует о глубоком изучении и понимании Пелевиным И.А. состояния изучаемых проблем.

Во второй главе дано описание техники приготовления образцов, их гидрирования и азотирования, аппаратуры и методов, использованных для их аттестации и анализа физических свойств. Перечислены классы интерметаллических соединений ($R(Fe,T)_{12}$, R_2Fe_{17} , $R_2Fe_{14}B$), ставших объектами исследования в данной работе.

В третьей главе представлены результаты комплексного исследования магнитных характеристик и кристаллической структуры соединений $R(Fe,T)_{12}-(H,N)$, где $R=Tb, Dy, Ho, Er, Tm$, $T=Al, Ti$.

Четвертая глава посвящена анализу экспериментальных результатов, полученных в результате исследования полевых и температурных зависимостей намагниченности интерметаллических соединений R_2Fe_{17} ($R=Tb, Dy, Ho, Er, Tm$), их гидридов и нитридов.

В пятой главе приводятся данные исследования структуры и магнитных свойств соединений $R_2Fe_{14}B-H$, где $R=Nd, Ho, Er$.

В заключении сформулированы основные результаты и выводы работы.

Научная новизна диссертационной работы Пелевина И.А. определяется тем, что при ее выполнении использованы новые экспериментальные возможности, применены новые методики измерений и получения гидридов. Так в работе впервые выполнены магнитные измерения соединений $R(Fe,T)_{12}$, R_2Fe_{17} , $R_2Fe_{14}B$ в сверхсильных магнитных полях до 60 Тл, применен принципиально новый метод высокотемпературных измерений намагниченности гидридов, позволяющий поддерживать постоянной концентрацию водорода в соединениях при высоких температурах, и решена задача получения гидрированных образцов в монокристаллическом состоянии.

Это, в частности, позволило практически все исследования выполнить на монокристаллических образцах и получить новые достоверные научные данные, среди которых в качестве наиболее интересных следует выделить следующие:

- Впервые среди гидридов соединений R_2Fe_{17} обнаружен состав $Tb_2Fe_{17}H_3$ с одноосной магнитной анизотропией при комнатной температуре. Ранее был известен такой случай только для нитрида $Sm_2Fe_{17}N_3$. Получение данного результата связано с решением проблемы синтеза однофазных образцов.

- По результатам высокополевых исследований на монокристаллических образцах соединений $RFe_{11}Ti$ уточнены параметры кристаллического поля данных соединений и выполнено моделирование кривых намагничивания в полях до 200 Тл с выходом на полное насыщение, соответствующее индуцированному полем ферромагнитному состоянию.

- Показано, что внедрение атомов водорода в кристаллическую решетку соединений $Nd_2Fe_{14}B$ и $Er_2Fe_{14}B$ может приводить к изменению температур магнитных фазовых переходов, величины и типа МКЭ.

- Данные высокотемпературных исследований гидридов, полученные на специальном оборудовании при непрерывном контроле давления водорода, позволившие уточнить температуры Кюри и СПП.

Работа Пелевина И.А. имеет также высокую практическую значимость. В частности, обнаружение магнитной одноосности в одном из гидридов соединений R_2Fe_{17} (соединении $Tb_2Fe_{17}H_3$) позволяет рассчитывать на положительное решение проблемы поиска новых составов для постоянных магнитов. Данные теоретических расчетов параметров кристаллического поля и обменного параметра в рассмотренных соединениях полезны для моделирования магнитных свойств и поиска новых составов с заданными свойствами. Весьма полезны для практики и данные о влиянии внедрения водорода в соединение $Nd_2Fe_{14}B$. Это обусловлено тем обстоятельством, что водородная обработка сплавов используется при производстве постоянных магнитов на базе данного интерметаллического соединения.

Полученные результаты представляют значительный интерес для широкого круга научных работников, в частности, в следующих организациях: МГУ им. М.В. Ломоносова, Институте общей физики им. А.М. Прохорова РАН, Институте спектроскопии РАН, Институте физики им. Л.В. Киренского СО РАН и др.

Достоверность полученных результатов подтверждается использованием современной экспериментальной базы ведущих научных центров, апробированных теоретических моделей и согласием полученных результатов с экспериментальными данными.

Как и всякое большое исследование, диссертация Пелевина И.А. не лишена недостатков. В качестве замечаний можно отметить следующие:

1. Серьезным достижением в работе является получение монокристаллических образцов гидридов исследуемых соединений. Вместе с тем в работе, на наш взгляд, уделяется недостаточно внимания описанию методики получения и аттестации монокристаллов. Было бы полезно указать размер и форму образцов, а также степень их совершенства.
2. Все рассмотренные в работе системы интерметаллических соединений относятся к уже известным или перспективным для получения постоянных магнитов. Поэтому было бы интересным привести в работе данные по влиянию гидрирования и азотирования на гистерезисные свойства изучаемых материалов. Особенно интересным было бы исследовать гистерезисные свойства в сверхсильных магнитных полях.
3. Ряд результатов, приведенных в работе, впервые получен с использованием сверхвысоких импульсных магнитных полей. Следовало бы сопоставить данные, полученные при измерениях в статическом и импульсном режимах в диапазоне полей, доступном для статических измерений.
4. В автореферате указано, что характеристики соединения $\text{SmFe}_{11}\text{TiN}_3$ превосходят характеристики соединения $\text{Nd}_2\text{Fe}_{14}\text{B}$, что не совсем верно.
5. Работа не лишена опечаток и отдельных стилистических неточностей. В частности, на странице 73 отсутствует рисунок 37.

Отмеченные недостатки не снижают общей высокой оценки диссертации работы Пелевина И.А.

Диссертация представляет собой законченное квалификационное исследование. Автором сделан существенный вклад в физику интерметаллидов с элементами внедрения.

Работа прошла хорошую апробацию. Основные результаты диссертации доложены на отечественных и международных конференциях, опубликованы в 6 статьях в российских журналах, входящих в перечень ВАК, и в 6 статьях в зарубежных журналах. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Считаю, что диссертационная работа Пелевина И.А. "Влияние элементов внедрения на структуру и магнитные свойства редкоземельных соединений с высоким содержанием железа" отвечает всем требованиям пунктов 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым ВАК РФ к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук (Постановление Правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842 с изменениями от 21.04.2016 г. № 335), а ее автор Пелевин Иван Алексеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.04.07 – физика конденсированного состояния.

Официальный оппонент
заведующий кафедрой физики
конденсированного состояния ФГБОУ ВО
«Тверской государственной университет»
д.ф.-м.н., профессор

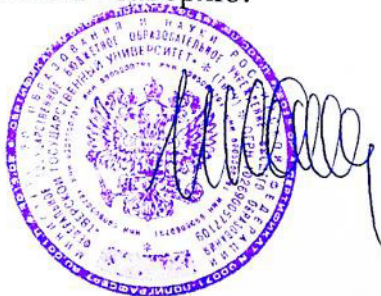
Пастушенков Юрий
Григорьевич

14.09.2017 г.

170100, г. Тверь, ул. Желябова, д.33;
<http://university.tversu.ru>, <http://твгу.рф>;
тел.: (4822) 32-15-50;
e-mail: pastushenkov.yg@tversu.ru

Подпись проф. Пастушенкова Ю.Г. заверяю.

Проектор по НИД, д.т.н.



Каплунов И.А.