

ВЛИЯНИЕ ВОДОРОДА НА МАГНИТОКРИСТАЛЛИЧЕСКУЮ АНИЗОТРОПИЮ МОНОКРИСТАЛЛА $\text{TbFe}_6\text{Co}_5\text{Ti}$

Панкратов Н.Ю.^{1,4*}, Никитин С.А.¹, Скоков К.П.², Iwasieczko W.³, Телегина И.В.¹, Drulis Н.³, Зубенко В.В.¹, Пастушенков Ю.Г.², Gutfleisch O.⁴, Handstein A.⁴, Müller K.-H.⁴

¹ – Физический факультет, МГУ им. М.В.Ломоносова, 119992, Москва, Россия

² - Физический факультет, Тверской Государственный Университет, 170002, Тверь, Россия

³ - Trzebiatowski Institute of Low Temperature and Structure Research, 1410, Wrocław, Poland

⁴ - Leibniz Institute for Solid State and Materials Research Dresden, Institute for Metallic Materials, P.O.B. 270116, D-01171, Dresden, Germany

* E-mail: pankratov@phys.msu.ru; Fax +7(095)9394902

Введение

В последние годы уделяется большое внимание исследованию редкоземельных интерметаллических соединений RFe_{11}Ti с высоким содержанием железа [1-2]. Эти соединения обладают тетрагональной кристаллической решеткой типа ThMn_{12} с пространственной группой I4/mmm . Элементарная ячейка содержит 26 атомов. Редкоземельный атом занимает одну высокосимметричную позицию (2a), а атомы железа и титан три неэквивалентных позиции (8i, 8j, и 8f). В соединениях RFe_{11}Ti наблюдаются высокие температуры Кюри (T_C) (выше 600 K). Некоторые из этих соединений обладают высокой магнитокристаллической анизотропией (МКА) и могут быть использованы как материалы для производства постоянных магнитов.

Замещение железа на кобальт приводит к увеличению температуры Кюри и изменению МКА 3d-подрешетки [3-4]. В соединении $\text{TbFe}_{11}\text{Ti}$ ось легкого намагничивания ориентирована вдоль кристаллографического направления [100] при температуре 4,2 K [3]. С возрастанием температуры происходит переход первого рода (СПП) при температуре 325 K, при котором ось легкого намагничивания переориентируется вдоль направления [001]. Введение атомов водорода в кристаллическую решетку соединения $\text{TbFe}_{11}\text{Ti}$ увеличивает область плоскостной анизотропии вплоть до температуры Кюри [5]. Замещение атомов железа кобальтом приводит к уменьшению температуры СПП [4]. Целью данной работы является исследование намагниченности и МКА соединений $\text{TbFe}_6\text{Co}_5\text{Ti}$ и их гидридов. В отличие от предыдущих работ мы провели исследования монокристаллов гидридов.

Результаты и обсуждения

Детали приготовления монокристаллов исходных соединений были описаны ранее [4]. Гидриды интерметаллических соединений

были синтезированы в камере реактора высокого давления. Предварительно образцы были активированы в течение 4 часов при температуре 670 K в вакууме $4 \cdot 10^{-4}$ Pa. При этой температуре особо чистый водород, полученный разложением LaNi_5H_6 , подавался в камеру с давлением 1.2 МПа. Для лучшей гомогенизации образцы медленно (примерно 4 K в час) охлаждались до комнатной температуры. Содержание водорода в полученных образцах было определено по изменению давления водорода.

Намагниченность измерялась на SQUID-магнетометре в температурном диапазоне 5-300 K в магнитном поле до 50 kOe.

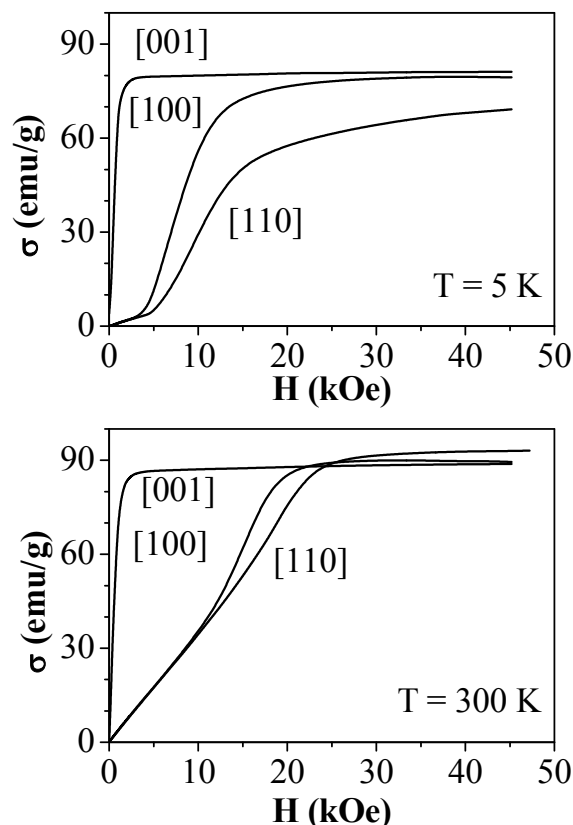


Рис. 1. Кривые намагничивания монокристалла $\text{TbFe}_6\text{Co}_5\text{Ti}$ при температуре 5 и 300 K вдоль главных кристаллографических направлений.

Состав	σ_s (emu/g)		$K_1 \cdot 10^{-7}$ (erg/cm ³)		$K_2 \cdot 10^{-7}$ (erg/cm ³)	
	5 K	300 K	5 K	300 K	5 K	300 K
TbFe ₆ Co ₅ Ti	81	88	2.95	0.74	-2.88	-0.43
TbFe ₆ Co ₅ TiH	73.7	85.1	-1.83	-0.24	0.73	0.09

Полученные порошковые дифрактограммы показали, что соединения обладают кристаллической структурой типа ThMn₁₂, которая сохраняется при гидрировании. Гидрирование увеличивает параметры решетки, что приводит к изотропному увеличению атомного объема.

На рис. 1 и 2 изображены изотермы намагниченности соединения TbFe₆Co₅Ti и его гидроксида при температуре 5 К и 300 К. В отличие от TbFe₁₁Ti, монокристалл TbFe₆Co₅Ti показывает одноосную анизотропию во всем интервале температур от 4.2 К до температуры Кюри. Это показывает что замещение железа кобальтом подавляет плоскостную анизотропию при концентрации Со х = 5.

Кривые намагниченности монокристалла TbFe₆Co₅Ti вдоль кристаллографических направлений [110] и [100] в базисной плоскости (Рис. 1) показывают резкий скачок при температурах ниже 300 К в поле H_{кр}. Эти переходы являются переходами первого рода, индуцированными магнитным полем (FOMP) [6]. Они могут быть объяснены

необратимым вращением магнитного момента в поле H_{кр}. В таблице представлены константы анизотропии, рассчитанные из экспериментальных кривых намагничивания по теории Асти [6].

Гидрирование индуцирует плоскостную анизотропию в TbFe₆Co₅TiH (Рис. 2). Осью легкого намагничивания становится [100]. Из таблицы видно, что константа анизотропии изменяет знак при гидрировании. Полученные результаты показывают, что в соединении TbFe₆Co₅Ti гидрирование изменяет магнитные свойства как подрешетки Tb, так и 3d-подрешетки [7].

МКА зависит от величины кристаллического поля в позиции РЗ иона. Внедрение атомов водорода в позиции 2b, соседние с РЗ атомами, сильно изменяет кристаллическое поле. Внедрение атомов водорода ведет к увеличению температурного диапазона, в котором легкоплоскостная анизотропия редкоземельной подрешетки превосходит анизотропию 3d-подрешетки.

Работа поддержана грантом РФФИ № 05-02-16361 и Федеральной программой поддержки ведущих научных школ НШ-205.2003.2.

Литература

1. J.M.D. Coey, Rare-earth Iron Permanent Magnets, Clarendon Press, Oxford, 1996.
2. W. Suski, in: Handbook on the Physics and Chemistry of Rare Earths, vol. 22, ed. By K.A. Gschneidner, Jr. and L.R. Eyring, Elsevier Science, Amsterdam, 1996, pp. 143-294.
3. I.S. Tereshina, S.A. Nikitin, I.V. Telegina, V.V. Zubenko, Yu.G. Pastushenkov, K.P. Skokov, J.Alloys Comp. 1999; 283; 45-48.
4. T.I. Ivanova, Yu.G. Pastushenkov, K.P. Skokov, I.V. Telegina, I.A. Tskhadadze, J.Alloys Comp. 1998; 280; 20-25.
5. S.A. Nikitin, I.S. Tereshina, V.N. Verbetsky, A.A. Salamova, J.Alloys Comp. 2001; 316; 46-50.
6. G. Asti and F. Bolzoni, J. Magn. Magn. Mater. 1980; 20; 29.
7. E. Tereshina, S.A. Nikitin, K.P. Skokov, T. Palewski, L. Folcik, H. Drulis, International symposium on metal-hydrogen systems: fundamentals and applications, Abstracts book, Cracow, Poland, 2004; 156.

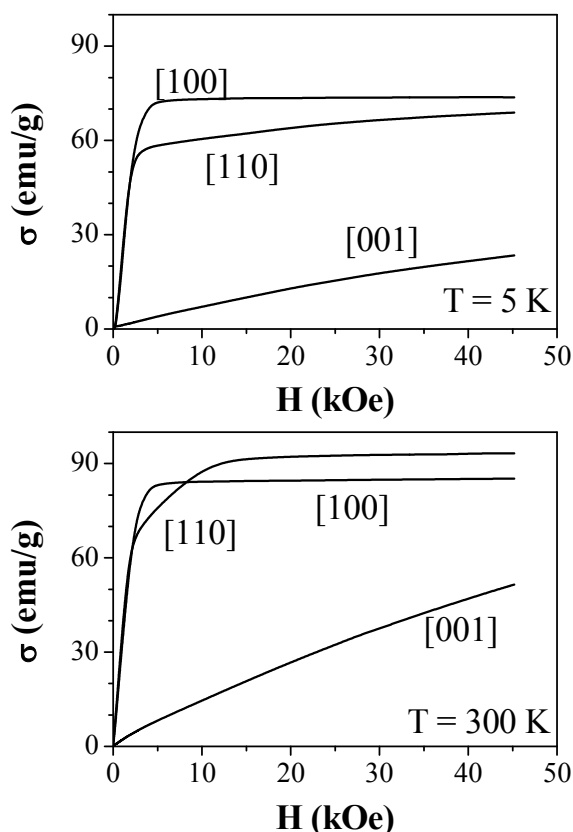


Рис. 2. Кривые намагничивания гидроксида монокристалла TbFe₆Co₅TiH вдоль главных кристаллографических направлений.