

УДК 669.24

**ТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЗАВИСИМОСТИ МАГНИТНОЙ
ВОСПРИИМЧИВОСТИ СОЕДИНЕНИЙ Y_2Fe_{17} , Y_6Fe_{23} , YFe_2 , $R_2Fe_{14}B$
($R=Y, Nd, Sm$), $R_3Fe_xTi_3$ ($R=Y, Gd$; $x= 34, 33, \dots, 24$)
ВБЛИЗИ ТЕМПЕРАТУРЫ КЮРИ**

А.Г. Хохолков, А.Г. Грушичев
Кафедра магнетизма

Исследованы температурные зависимости магнитной восприимчивости соединений в переменных полях. Вид температурных зависимостей магнитной восприимчивости в области перехода в парамагнитное состояние существенно различается для соединений с различными типами магнитно-кристаллической анизотропии.

Метод измерения температурных зависимостей магнитной восприимчивости в переменном поле представляет собой действенный способ для изучения магнитных материалов. С его помощью определяют фазовый состав многофазных сплавов и температуры Кюри соединений [1].

Кроме того, исследование температурных зависимостей магнитной восприимчивости может быть полезным для анализа спин-переориентационных переходов, вызванных изменением энергии анизотропии. В работе [2] с помощью такого анализа проведены исследования спин-переориентационного перехода из состояния с анизотропией типа «конус осей легкого намагничивания» в состояние с анизотропией «ось легкого намагничивания» монокристалла $Nd_2Fe_{14}B$. Подобные исследования представлены в работе [3] для монокристалла $Ho_2Fe_{14}B$.

Несомненный интерес представляет исследование перехода из состояния магнитного упорядочения в парамагнитное состояние для магнетиков с различными типами магнитно-кристаллической анизотропии. Так, исследование вида температурных зависимостей магнитной восприимчивости позволяет получать информацию о соотношении процессов вращения вектора намагниченности и смещения доменных границ [2; 3], а следовательно – динамики доменной структуры в области фазового перехода порядок – беспорядок, как для случая одноосной магнитной анизотропии, так и для различных типов многоосной анизотропии.

Для экспериментального наблюдения температурных зависимостей восприимчивости в области температуры Кюри были получены поликристаллические образцы соединений, которые условно можно разбить на три группы:

1. Поликристаллические образцы бинарных интерметаллических соединений Y_mFe_n (Y_2Fe_{17} , Y_6Fe_{23} , YFe_2). Эти соединения имеют различное кристаллографическое строение (Y_2Fe_{17} – гексагональная кристаллическая решетка, структурный тип Th_2Ni_{17} ; Y_6Fe_{23} – кубическая кристаллическая решетка, структурный тип Th_6Mn_{23} ; YFe_2 – кубическая кристаллическая

решетка, структурный тип $MgCu_2$). В магнитном отношении все эти соединения являются магнетиками с многоосной магнитокристаллической анизотропией.

2. Поликристаллические образцы соединений типа $R_2Fe_{14}B$ ($R = Y, Nd, Sm$). В отличие от соединений первой группы принадлежат к одному структурному типу (тетрагональная кристаллическая решетка), но различаются друг от друга типом магнитно-кристаллической анизотропии. Соединения с Y и Nd в рассматриваемом интервале температур являются магнетиками с анизотропией типа «ось легкого намагничивания», соединение с Sm имеет анизотропию типа «плоскость осей легкого намагничивания».

3. Поликристаллические образцы соединений $Y_3Fe_xTi_3$ и $Gd_3Fe_xTi_3$ ($x = 34, 33, \dots, 24$) представляют собой магнетики с анизотропией типа «ось легкого намагничивания» и, так же как и соединения второй группы, имеют тетрагональную структуру (тип $ThMn_{12}$) [4]. В отличие от соединений второй группы, ионный радиус немагнитных атомов (Ti) в этих соединениях больше ионного радиуса Fe .

Представленные группы соединений охватывают основные структурные типы интерметаллических соединений редкоземельных металлов с железом: бинарные соединения, а так же тройные соединения с различными немагнитными атомами.

Измерение температурных зависимостей магнитной восприимчивости проводилось в переменном магнитном поле с частотой 2 кГц и амплитудой 4 Э.

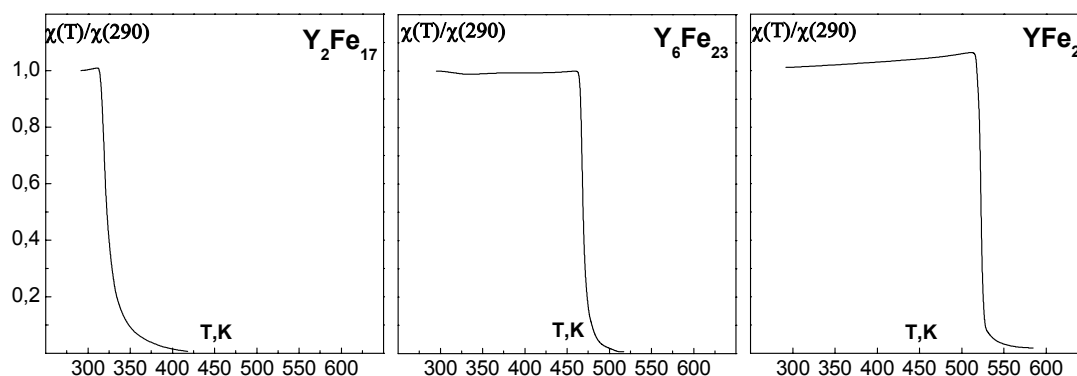


Рис. 1. Температурные зависимости магнитной восприимчивости соединений Y_2Fe_{17} , Y_6Fe_{23} и YFe_2

Температурные зависимости магнитной восприимчивости соединений Y_2Fe_{17} , Y_6Fe_{23} и YFe_2 приведены на рис. 1. Можно видеть, что с увеличением температуры магнитная восприимчивость соединений монотонно возрастает и в точке магнитного фазового перехода происходит резкое скачкообразное снижение восприимчивости.

Аналогичный вид температурной зависимости наблюдается для соединения $Sm_2Fe_{14}B$, которое является магнетиком с анизотропией типа «плоскость осей легкого намагничивания» (рис. 2).

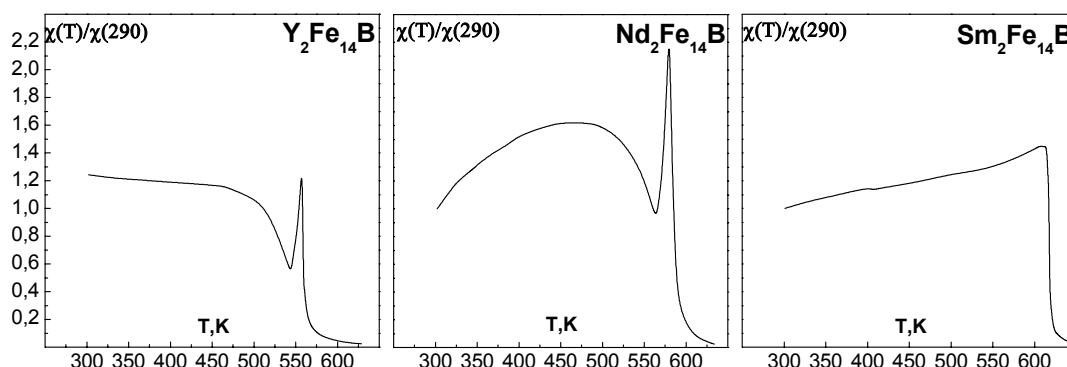


Рис. 2. Температурные зависимости магнитной восприимчивости соединений $R_2Fe_{14}B$

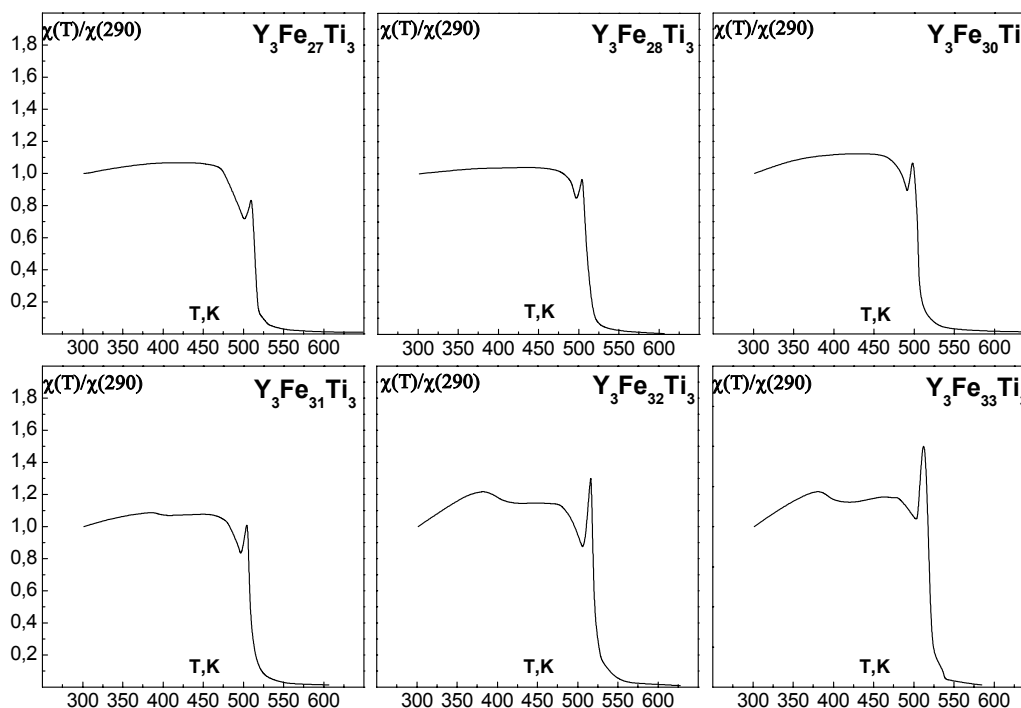


Рис. 3. Температурные зависимости магнитной восприимчивости соединений $Y_3Fe_xTi_3$

В отличие от $Sm_2Fe_{14}B$, соединения $Y_2Fe_{14}B$ и $Nd_2Fe_{14}B$ обладают одноосной магнитной анизотропией. При приближении к температуре магнитного фазового перехода их магнитная восприимчивость соединений быстро уменьшается, а в непосредственной близости от точки перехода наблюдается ее резкое возрастание. Подобным образом ведут себя соединения $Y_3Fe_xTi_3$ и $Gd_3Fe_xTi_3$ ($x = 34, 33, \dots, 24$) (рис. 3 и 4).

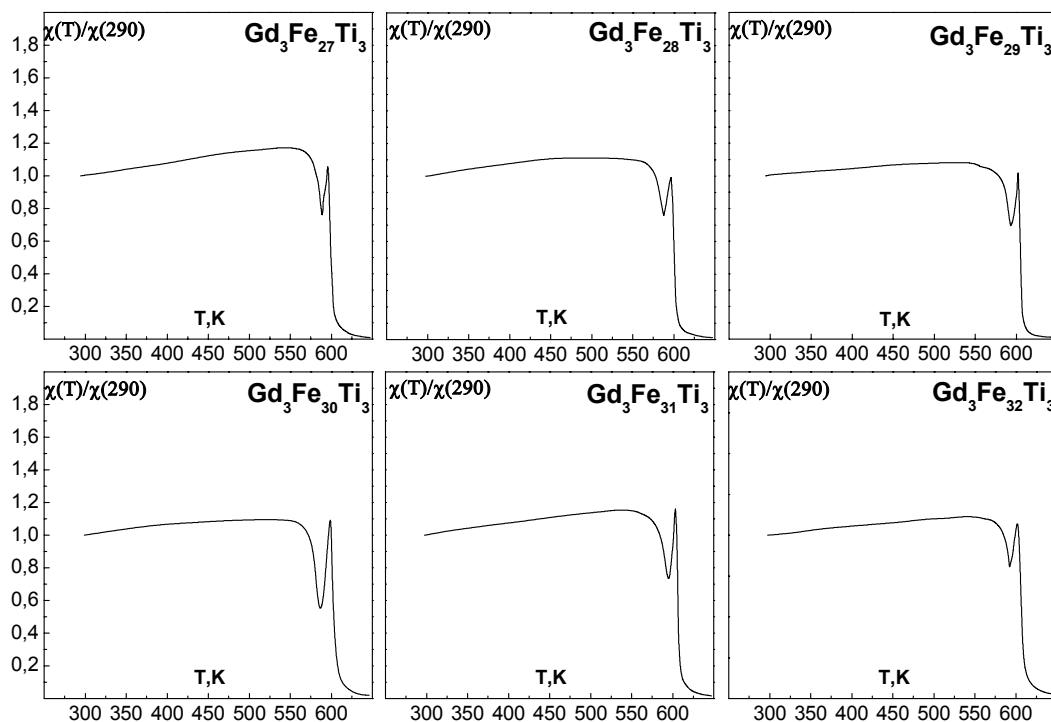


Рис. 4. Температурные зависимости магнитной восприимчивости соединений $Gd_3Fe_xTi_3$

Полученные данные позволяют говорить о том, что вид температурных зависимостей магнитной восприимчивости в области перехода в парамагнитное состояние существенно различается для соединений с многоосной и одноосной магнитно-кристаллической анизотропией и не зависит от типа кристаллической структуры. На наш взгляд, это позволяет использовать данную методику для определения типа МКА соединений.

Работа выполнена при поддержке грантов Президента РФ (проект НШ-205.2003.2), РФФИ № 02-02-16523 и программы "Университеты России" (проект УР 01.01.054).

Литература

1. Strnat K.J., Mildrum H.F. Evidence for domain wall pinning by a magnetic grain-boundary phase in sintered Nd-Fe-B based permanent magnets // J. Appl. Phys. 1988. V. 63 (8). P. 3321-3323.
2. Chen D.-X., Skumryev V., Kronmueller H. Ac susceptibility of a spherical $Nd_2Fe_{14}B$ single crystal // Phys. Rev. B. 1992. V. 46. P. 3496-3505.
3. Rillo C., Chaboy J., Navarro R., et al. Dynamical susceptibility of $Ho_2Fe_{14}B$ single crystal: Spin rotation and domain wall motions // J. Appl. Phys. 1988. V. 64. P. 5534-5536.
4. Skokov K., Grushichev A., Khokholkov A., Pastushenkov Yu., Pankratov N., Ivanova T., Nikitin S. Magnetic properties of $Gd_3Fe_xTi_3$ ($x=34, 33, \dots, 24$), $TbFe_{11}Ti$ and $TbFe_{10}Ti$ single crystals // J. Magn. Mater. 2004. V. 272-276. P. 374-375.