

(Nd_{1-x}Er_x)₃Fe₂₅Cr_{4.0} (0 ≤ x ≤ 1.0) 化合物 的结构与磁性*

罗鸿志^{1,2)} 贾琳^{1,3)} 李养贤²⁾ 孟凡斌²⁾ 申江³⁾ 陈难先³⁾ 吴光恒¹⁾ 杨伏明¹⁾

¹⁾中国科学院物理研究所磁学国家重点实验室,北京 100080)

²⁾河北工业大学材料学院,天津 300130)

³⁾北京科技大学应用物理研究所,北京 100083)

(2004年6月14日收到,2004年10月13日收到修改稿)

合成了(Nd_{1-x}Er_x)₃Fe₂₅Cr_{4.0}(0 ≤ x ≤ 1.0)系列化合物并采用 x 射线衍射和磁测量等手段研究了它们的结构和磁性. 发现当 0 ≤ x ≤ 0.8 时化合物保持 Nd₃(Fe,Ti)₂₉ 型结构,属于单斜晶系, A2/m 空间群,当 0.8 < x ≤ 1.0 时,化合物形成一种哑铃对 Fe-Fe 无序替代 Th₂Ni₁₇ 结构, P6₃/mmc 空间群. 随着 Er 含量的增加,化合物的居里温度 T_C 和饱和磁化强度 M_s 单调下降. 当 x = 0 时, Nd₃Fe₂₅Cr_{4.0} 化合物的易磁化方向非常靠近 [040] 方向,仅略微偏离 1:5 结构的基面,但随 Er 含量的增加 (Nd_{1-x}Er_x)₃Fe₂₅Cr_{4.0} 化合物的易磁化方向从靠近 [040] 方向转向靠近 [40 $\bar{2}$] 方向,同时与 1:5 结构的基面所成的倾角也增大. 通过测量交流磁化率发现, x = 0—0.4 和 x = 1.0 的化合物在低温下出现自旋重取向. 在 x = 0—0.4 的化合物中,自旋重取向温度 T_{sr} 随 Er 含量增加单调升高. 用高达 13T 的磁场测量难磁化方向的磁化曲线发现,在 0 ≤ x ≤ 0.8 的化合物中发生了一级磁化过程 (FOMP),其临界场 B_c 随 Er 含量的增加而降低.

关键词:稀土金属间化合物,晶体结构,磁晶各向异性

PACC:6110,7530G,7530K

1. 引言

Collocott 等人^[1]于 1992 年报道一种 Nd₃(Fe, Ti)₂₉ 化合物,其后通过 x 射线衍射和中子衍射研究,发现其实际成分为 Nd₃(Fe, Ti)₂₉,属于单斜晶系, A2/m 空间群,这种结构被称为 Nd₃(Fe, Ti)₂₉ 型结构^[2-4],稀土 (R) 和过渡族金属 (T) 间化合物 R₃(T, M)₂₉ (其中 M 为稳定元素) 表现出了良好的内禀磁性,具有重要的研究价值. 到目前为止,已经合成的 R₃(T, M)₂₉ 化合物有 R = Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Tb, Dy, Ho 和 Y; T = Fe, Co; M = Ti, V, Cr, Mn, Mo, Nb, W 等^[5-14].

Nd₃(Fe, Ti)₂₉ 型结构可以看作是由菱方的 Th₂Zn₁₇ (2:17R) 和四方的 ThMn₁₂ (1:12) 结构按照 1:1 的比例交替堆叠而成^[4,45],由于 2:17 型化合物还有一种由重稀土形成的 Th₂Ni₁₇ (2:17H) 结构,因此可

以预测会有一个由 Th₂Ni₁₇ 和 ThMn₁₂ 结构按一定比例堆叠形成的新的中间相存在^[15]. 但是到目前为止,已合成的比 Er 轻的 R₃(T, M)₂₉ 化合物,如 R = Tb, Dy^[8], Ho^[14] 都保持 Nd₃(Fe, Ti)₂₉ 型结构,而 Er 或比 Er 更重的稀土元素的 3:29 型化合物尚未成功合成,因此研究 Er 或更重的稀土元素的 3:29 型化合物的形成、结构与磁性是很有意义的.

研究表明,在稀土-铁化合物中其磁晶各向异性主要由稀土次晶格和铁次晶格的各向异性之间竞争的结果决定. 通过对 Y₃(Fe, Ti)₂₉ 的研究发现其中铁次晶格的易磁化方向是沿 3:29 的 [40 $\bar{2}$] 方向^[16]. 稀土次晶格对各向异性的贡献是由晶场相互作用决定的,在 Nd₃(Fe, Ti)₂₉ 型结构中有两个不同的稀土位置,它们的二阶晶场系数 A₂₀ 的符号也不同,因此当不同 Steven 因子 α_J 的稀土原子占据不同位置时对各向异性的影响将有所不同. Sm, Tm, Er, Yb 具有正的二阶 Steven 因子,而 Pr, Nd, Tb, Dy, Ho 的

* 国家自然科学基金(批准号:TC2000067106)资助的课题.

二阶 Steven 因子为负值^[17]. 可以推断 Er 替代 Nd₃(Fe, Cr)₂₉ 中的 Nd 后将会对其磁性尤其是磁晶各向异性产生明显的影响.

本文报道了用 Er 取代 Nd 时 3:29 化合物结构和磁性的变化.

2. 实验方法

首先按名义成分 (Nd_{1-x}Er_x)₃Fe₂₅Cr_{4.0} (0 ≤ x ≤ 1.0) 配料, 所用元素的纯度均高于 99.9%, 利用电弧炉在高纯氩气保护下将原料熔炼成合金锭子, 为保证成分均匀, 所有锭子均反复熔炼四次以上. 然后将熔炼好的锭子在高纯氩气保护下分别于 1293—1373K 下退火 72h, 最后迅速水淬.

利用 x 射线衍射 (Cu K α) 和热磁分析检验样品的单相性, 并从粉末 x 射线衍射谱计算晶格常数. 室温至居里温度以上的热磁曲线通过振动样品磁强计 (VSM) 测量, 磁场强度为 0.05T. 居里温度通过作 M²-T 曲线并将 M² 外推到零得到.

为了研究化合物的磁晶各向异性, 对于室温下具有易面型磁晶各向异性的样品, 将其研磨为颗粒度小于 30 μ m 的粉末, 与环氧树脂混合后装在聚四氟乙烯管内置于约 1T 的磁场中, 使聚四氟乙烯管绕与外加磁场垂直的轴线旋转, 待完全固化后取出, 这种方法通常称为旋转取向. 此时管的轴线方向就是难磁化方向 (HMD), 易磁化方向 (EMD) 分布在垂直于轴线的平面上^[18]. 用超导量子磁强计 (SQUID Magnetometry) 或 Quantum Design 的 PPMS-14 系统测量 5K 温度下的易向和难向磁化曲线, 其最高磁场

分别达 5T 和 14T. 5K 下的饱和磁化强度 (M_s) 是基于易向磁化曲线通过作 M-1/H 曲线并把 1/H 外推到零得到的.

3. 结果与讨论

x 射线粉末衍射和热磁曲线测量表明 (Nd_{1-x}Er_x)₃Fe₂₅Cr_{4.0} 在 0 ≤ x ≤ 1.0 的范围内均可形成单相化合物, 其中当 0 ≤ x ≤ 0.8 时化合物保持 Nd₃(Fe, Ti)₂₉ 型结构, 属于单斜晶系, A 2/m 空间群, 在 0.8 < x ≤ 1.0 时 (Nd_{1-x}Er_x)₃Fe₂₅Cr_{4.0} 的衍射谱发生了显著变化. 图 1(a) 和 2(a) 分别给出了以 Nd₃Fe₂₅Cr₄ 和 Er₃Fe₂₅Cr₄ 为代表的两种不同类型结构的粉末衍射谱. 前者可以很好地用 Nd₃(Fe, Ti)₂₉ 型结构指标化, 后者则是哑铃对 Fe-Fe 无序替代 Th₂Ni₁₇ 型结构 (P6₃/mmc 空间群). 后者与 Gjoka 等人报道的 Er₃Fe_{28.5}V_{0.5} 的结构相同^[19,20]. 本文中 Er₃Fe₂₅Cr₄ 按照 3:29 的名义成分配料, x 射线衍射和磁性测量结果表明所得样品基本为单相, 仅有少量 1:12 及 α -Fe. 对退火样品作化学分析, 发现其原子比为 Er:Fe:Cr = 3.09:25.1:4, 基本与配方相同, 但扫描电镜观察发现晶界上有少许成分偏析, 见图 3. 该系列各样品的晶格常数列于表 1, 从中可以看出, 随 Er 含量的增加, 晶格常数 a, b, c 和晶胞体积 V 呈现下降的趋势, 这是由于 Er 的原子半径比 Nd 小的缘故.

在 2:17 和 3:29 型化合物中, 其稀土原子数与其他原子总数之比分别为 1:8.5 和 1:9.67, 为了研究按 3:29 名义成分配料得到的哑铃对 Fe-Fe 无序

表 1 (Nd_{1-x}Er_x)₃Fe₂₅Cr_{4.0} 系列化合物的结构与磁性参数

X	a/nm	b/nm	c/nm	V/nm ³	T _c /K	T _{sr} /K	M _s /(Am ² /kg)	B _{cr} /T
0	1.0607	0.8556	0.9717	0.8755	418	158	113.9	6.6
0.1	1.0629	0.8559	0.9686	0.8748	415	166	111.8	6.2
0.2	1.0620	0.8554	0.9683	0.8733	410	173	—	—
0.3	1.0608	0.8534	0.9698	0.8715	408	185	96.9	5.1
0.4	1.0594	0.8509	0.9691	0.8670	406	198	—	—
0.5	1.0583	0.8510	0.9680	0.8653	401	—	77.6	3.6
0.6	1.0571	0.8498	0.9672	0.8625	399	—	—	—
0.7	1.0560	0.8480	0.9646	0.8574	394	—	61.9	2.0
0.8	1.0556	0.8486	0.9655	0.8586	380	—	—	—
0.9	0.8417	0.8417	0.8336	0.5114	370	—	42.5	—
1.0	0.8392	0.8392	0.8345	0.5090	356	153	33.9	—

加 $(40\bar{2})$ $(30\bar{4})$ 衍射峰显著增强 (040) 峰强度逐渐下降, $(23\bar{1})$ 衍射峰的强度先是随着 Er 含量的增加而增加, 在 $x = 0.3$ 时达到极大值, 其后强度减小. 这种现象说明在 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_3\text{Fe}_{25}\text{Cr}_{4,0}$ 化合物中随着 Er 取代 Nd, 其各向异性的变化是很复杂的. 值得注意的是随 Er 含量的增加 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_3\text{Fe}_{25}\text{Cr}_{4,0}$ 化合物的易磁化方向从靠近 $[040]$ 方向逐渐转向靠近 $[40\bar{2}]$ 方向, 同时与 1:5 结构的基面所成倾角随之增大.

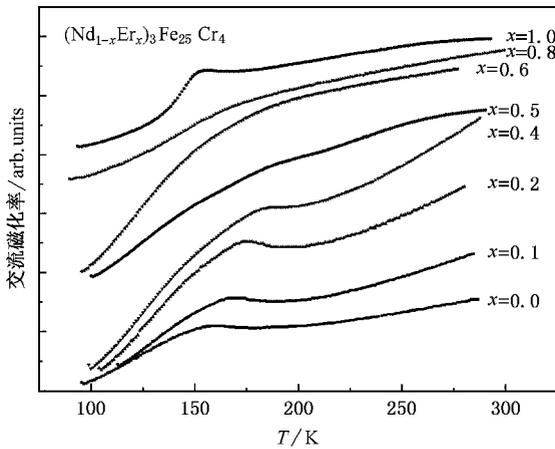


图 4 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_3\text{Fe}_{25}\text{Cr}_{4,0}$ 化合物 $0 \leq x \leq 1.0$ 的交流磁化率与温度的关系曲线

在 77K 到室温的范围内测量了 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_3\text{Fe}_{25}\text{Cr}_{4,0}$ 化合物的交流磁化率, 测量结果示于图 4. 对于 $x = 0-0.4$ 的样品, 在 150K 至 200K 温度范围的曲线呈现一个明显的反常. Morellon 等人在 $\text{Nd}_3(\text{Fe}, \text{Ti})_{29}$ 中也曾观察到类似的反常, 他们将其解释为自旋重取向^[24]. 自旋重取向温度 T_{sr} 由峰顶的位置确定, 其值见表 1. 可以看出 Er 含量从 0 增加到 0.4, 自旋重取向温度 T_{sr} 相应地从 158 K 提高到 198 K. 对于 $x = 0.5-0.8$ 的样品, 没有观察到自旋重取向现象. 从 x 射线衍射谱可以看出从 Er 含量为 0.5 开始 (040) 峰的强度开始被 $(30\bar{4})$ 峰超过. 这一成分范围内自旋重取向消失可能与易磁化方向与 1:5 结构基面的倾角增大有关. 值得注意的是, 对于 $x = 1.0$ 的样品, 从交流磁化率曲线上又观察到自旋重取向现象, 但这是发生于 $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ 结构中的, 其机理与低 Er 含量的情形不同.

图 2(b) 给出了 $\text{Er}_3\text{Fe}_{25}\text{Cr}_4$ 化合物磁场常规取向样品的 x 射线衍射谱, 从中可以看出, 只有 (300) , (600) 和 (220) 衍射峰得到加强, 其余的衍射峰消失,

表明 $\text{Er}_3\text{Fe}_{25}\text{Cr}_4$ 为易面型各向异性. 图 2(c) 给出了 $\text{Er}_3\text{Fe}_{25}\text{Cr}_4$ 化合物的磁场旋转取向样品的 x 射线衍射谱, 可以看出只有 (004) 存在, 其余衍射峰均消失, 这说明了 $\text{Er}_3\text{Fe}_{25}\text{Cr}_4$ 的难磁化方向是 $[004]$ 方向.

$(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_3\text{Fe}_{25}\text{Cr}_{4,0}$ 化合物的居里温度 T_c 列于表 1, 它与 Er 含量的变化关系见图 5(a). 可以看出, 随着 Er 含量的增加, 其居里温度呈单调下降的趋势. 在稀土过渡族金属间化合物中, 居里温度由 $T-T$, $R-T$, $R-R$ 三种交换作用决定, 其中 $T-T$ 交换作用最强, $R-T$ 交换作用次之, 而 $R-R$ 最弱, 通常可以忽略. 根据分子场模型^[25], 化合物的居里温度 T_c 可以表示为

$$T_c = \frac{1}{2} [T_T + (T_T^2 + 4T_{RT}^2)^{1/2}], \quad (1)$$

其中

$$T_T = n_{TT} N_T [4S^*(S^* + 1) \mu_B^2 / 3k_B], \quad (2)$$

$$T_{RT} = n_{RT} | \gamma | (N_T N_R)^{1/2} [\chi S^*(S^* + 1)]^{1/2} \times g_J (J_R (J_R + 1))^{1/2} \mu_B^2 / 3k_B], \quad (3)$$

式中的 $\gamma = \chi (g_J - 1) g_J$. $\chi S^*(S^* + 1)^{1/2} \mu_B$ 是 Fe 原子在顺磁状态下的有效磁矩, n_T 为一个 R 原子的最近邻 Fe 原子数, n_R 为一个 Fe 原子最近邻的 R 原子数, g_J 是稀土原子的 Lande 因子, T_T 和 T_{RT} 分别为 $T-T$ 和 $R-T$ 交换作用常数. Er 含量对居里温度的影响可以从两方面来讨论: 一方面, T_{RT}^2 正比于 R 离子的 de Gennes 因子 $G_J(J) = (g_J - 1)^2 J_R(J_R + 1)$, 而 Er 的 $G_J(J)$ 值要比 Nd 的数值大; 同时由于镧系收缩, Er 的原子半径小于 Nd, 因此 Er 含量增加会造成晶胞体积收缩, 使近邻原子数 n_T , n_R 增加, 以上两因素都会使居里温度随 Er 含量增加升高; 另一方面, n_{RT} 随着稀土元素原子序数的增大而减小. 因此, Er 含量增加导致居里温度降低是以上各因素相互竞争的结果.

$(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_3\text{Fe}_{25}\text{Cr}_{4,0}$ 化合物的饱和磁化强度 M_s 和 Er 含量的关系示于图 5(b), 从中可以看到, 随着 Er 含量的增加, 饱和磁化强度 M_s 呈下降的趋势. 这是因 Er 的磁矩与 Fe, Nd 的磁矩成反平行排列的缘故. 假设所有的磁矩都是共线的, 化合物的磁矩可以表示为

$$M_s = M_0 - 3x(\mu_{\text{Nd}} + \mu_{\text{Er}}), \quad (4)$$

其中 M_0 代表 $\text{Nd}_3\text{Fe}_{25}\text{Cr}_{4,0}$ 的饱和磁矩, μ_{Nd} , μ_{Er} 分别代表 Nd, Er 的原子磁矩. 假定 μ_{Nd} 和 μ_{Er} 取其自由离子的数值, $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_3\text{Fe}_{25}\text{Cr}_{4,0}$ 化合物饱和磁化强度

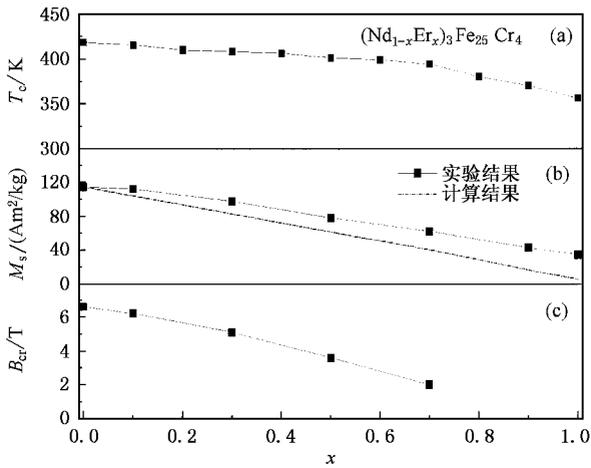


图5 $(Nd_{1-x}Er_x)_3Fe_{25}Cr_{4.0}$ 化合物 $0 \leq x \leq 1.0$ 的居里温度 T_c (a), 饱和磁化强度 M_s (b) 和 FOMP 临界场 B_{cr} (c) 与 Er 含量的关系

M_s 的数值可近似计算, 计算结果在图 5(b) 中用虚线表示. 计算值与实验值有一定偏差, 这可能是由于 Nd, Er 离子的磁矩在晶场的作用下发生改变造成的.

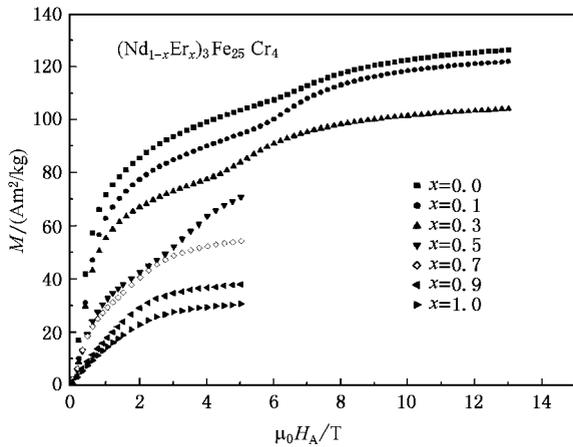


图6 $(Nd_{1-x}Er_x)_3Fe_{25}Cr_{4.0}$ 化合物的难向磁化曲线

$(Nd_{1-x}Er_x)_3Fe_{25}Cr_{4.0}$ 化合物的难向磁化曲线示于图 6. 对于 $0 \leq x \leq 0.7$ 的样品, 在磁化曲线上可以观察到一个磁化强度的跳跃. Courtois 等人在研究 $Tb_3(Fe, V)_9$ 单晶的磁化曲线时也观察到同样的现象^[26]. 这种现象称为一级磁化过程(FOMP), 它是在外加磁场作用下发生的从一个自旋相向另一个自旋相转变的磁相变. 发生一级磁化过程的临界场 B_{cr} 可以从 $dM/dH-H$ 曲线的峰值得到, 其值列于表 1. 图 5(c) 给出了 B_{cr} 随 Er 含量的变化关系, 可以看出, 临界场 B_{cr} 随 Er 的增加从 $x=0$ 时 6.6T 下降到 $x=0.7$ 时的 2.0T.

4. 结 论

研究了 $(Nd_{1-x}Er_x)_3Fe_{25}Cr_{4.0}$ 系列化合物的结构和磁性, 发现当 $0 \leq x \leq 0.8$ 时化合物保持 $Nd_3(Fe, Ti)_9$ 型结构, 属于单斜晶系, $A2/m$ 空间群, 当 $x=0$ 时, $Nd_3Fe_{25}Cr_{4.0}$ 化合物的易磁化方向非常靠近 $[040]$ 方向, 但略微偏离 $1:5$ 结构的基面, 随 Er 含量的增加 $(Nd_{1-x}Er_x)_3Fe_{25}Cr_{4.0}$ 化合物的易磁化方向从靠近 $[040]$ 方向转向靠近 $[40\bar{2}]$ 方向, 同时与 $1:5$ 结构的基面所成的倾角增大. 当 $0.8 < x \leq 1.0$ 时 $(Nd_{1-x}Er_x)_3Fe_{25}Cr_{4.0}$ 化合物转变为哑铃对 Fe-Fe 无序替代 Th_2Ni_{17} 结构, $P6_3/mmc$ 空间群, 为平面型各向异性. 随着 Er 含量的增加, 居里温度和饱和磁化强度单调下降. 交流磁化率测量表明, 在 $x=0-0.4$ 和 $x=1.0$ 的化合物中, 有自旋重取向发生. 在最高达 13T 的磁场中测量难向磁化曲线时发现, 在 $0 \leq x \leq 0.8$ 的化合物中有一级磁化过程(FOMP)发生, 其临界场 B_{cr} 随 Er 含量的增加而降低.

[1] Collocott S J, Day R K, Dunlop J B and Davis R L 1992 Proc. 7th Int. Symp. On Magnetic Anisotropy and Coercivity in Rare Earth Transition Metal Alloys(Canberra) p437
 [2] Hu Z and Yelon W B 1994 J. Appl. Phys. 76 6147
 [3] Li H S, Suharyana, Cadogan J M, Bowden G J, Xu J M, Dou S X and Liu H K 1994 J. Appl. Phys. 75 7120
 [4] Kalogirou O, Psychcharis V, Saettas L and Niarchos D 1995 J. Magn. Magn. Mater. 146 335
 [5] Yang F M, Nasunjigal B, Pan H G, Wang J L, ZHAO R W, Hu B P, Wang Y Z, Li H S and [redacted] J. Magn. Magn. Mater. 135 298

[6] Fuerst C D, Pinkerton F E and Herbst J F 1994 J. Appl. Phys. 76 6144
 [7] Cadogan J M, Li Hong-Shuo, Margarian A, Dunlop J B, Ryan D H, Collocott S J and Davis R L 1994 J. Appl. Phys. 76 6138
 [8] Han X F, Yang F M, Pan H G, Wang Y G, Wang J L, Liu H L, Tang N, Zhao R W and Li H S 1997 J. Appl. Phys. 81 7450
 [9] Ibarra M R, Morellon L, Blasco J, Pareti L, Algarabel P A, Garcia J, Albertini F and Paoluzzi A 1994 J. Phys. Condens. Matter 6 L717
 [10] Kalogirou O, Psychcharis V, Saettas L and Niarchos D 1995 J. Magn. Magn. Mater. 145 1

- [11] Huang F , Liang J K , Liu Q L , Chen X L and Huo G Y 1998 *J. Phys. Condens. Matter* **10** 9183
- [12] Liu Q L , Rao G H , Liang J K and Shen B G 2000 *J. Appl. Phys.* **87** 4241
- [13] Guo H Y , Liu B D , Tang N , Luo H Z , Li Y X , Yang F M and Wu G H 2004 *Acta Phys. Sin.* **53** 189 (in Chinese)[郭鸿勇、刘保丹、唐宁、罗鸿志、李养贤、杨伏明、吴光恒 2004 物理学报 **53** 189]
- [14] Liu B D , Li W X , Wang J L , Wu G H , Yang F M and Li Y X 2003 *J. Appl. Phys.* **93** 6927
- [15] Li H S , Cadogan J M , Davis R L , Margarian A and Dunlop J B 1994 *Solid State Commun.* **90** 487
- [16] Courtois D , Li H S and Cadogan J M 1996 *Solid State Commun.* **98** 565
- [17] Li H S , Cadogan J M , Hu B P , Yang F M , Nasunjilegal B , Margarian A and Dunlop J B 1995 *J. Magn. Magn. Mater.* **144** 1037
- [18] Wang W Q , Yan Y , Wang X Q , Wang X F , and Jin H M 2003 *Acta Phys. Sin.* **52** 641 (in Chinese)[王文全、闫羽、王向群、王学凤、金汉民 2003 物理学报 **52** 641]
- [19] Gjoka M , Dilo T , Niarchos D and Leccabue F 2003 *J. Alloys Comp.* **369** 178
- [20] Psycharis V , Gjoka M , Christides C and Niarchos D 2001 *J. Alloys Comp.* **317-318** 455
- [21] Moze , Caciuffo R , Gillon B , Calestani G , Kayzel F E and Franse J J M 1994 *Phys. Rev. B* **50** 9293
- [22] Christencen A N , Hazell R G , 1980 *Acta Chern. Scand. A* **34** 455
- [23] Givord D , Lemaire R , Moreau J M , Roudaut E 1972 *J. Less-common Met.* **29** 361
- [24] Morellon L , Pareti L , Algarabel P A , Albertini F and Ibarra M R 1994 *J. Phys. Condens. Matter* **6** L379
- [25] Belorizky E , Freymy M A , Gavigan J P , Givord D and Li H S 1987 *J. Appl. Phys.* **61** 3971
- [26] Courtois D , Li H S , Cadogan J M , Givord D and Bourgeat-Lami 1997 *IEEE Tran. Magn.* **33** 3844

Structure and magnetic properties of (Nd_{1-x}Er_x)₃Fe₂₅Cr_{4.0} compounds^{*}

Luo Hong-Zhi^{1,2)} Jia Lin^{1,3)} Li Yang-Xian²⁾ Meng Fan-Bin²⁾ Shen Jiang³⁾ Chen Nan-Xian³⁾
Wu Guang-Heng¹⁾ Yang Fu-Ming¹⁾

¹⁾State Key Laboratory of Magnetism, Institute of Physics, Chinese Academy of Science, Beijing 100080, China)

²⁾School of Material Science and Engineering, Hebei University of Technology, Tianjin 300130, China)

³⁾Institute of Physics, Beijing University of Science and Technology, Beijing 100083, China)

(Received 14 June 2004; revised manuscript received 13 October 2004)

Abstract

Structure and magnetic properties of the (Nd_{1-x}Er_x)₃Fe₂₅Cr_{4.0} ($x = 0-1.0$) compounds have been investigated by means of x-ray diffraction and magnetic measurements. It is found that the compounds with $x = 0-0.8$ crystallize in Nd₃(Fe,Ti)₂₉-type structure, $A2/m$ space group, but those with $0.8 < x \leq 1.0$ crystallize in a disordered Th₂Ni₁₇-type structure, $P6_3/mmc$ space group. Both the Curie temperature T_c and the saturation magnetization M_s of (Nd_{1-x}Er_x)₃Fe₂₅Cr_{4.0} decrease monotonically with increasing Er content. The easy magnetization direction (EMD) of the Nd₃Fe₂₅Cr_{4.0} compound is close to the [040] direction at room temperature, but makes a tilted angle with the basal plane of 1:5 structure. With increasing Er content the EMD changes to much close to the [40 $\bar{2}$] direction and the tilted angle increases. AC susceptibility measurement indicates the appearance of a spin reorientation at low temperatures for the compounds with $x = 0-0.4$ and $x = 1.0$, and the spin reorientation temperature T_{sr} increases monotonically as the Er content increases for the compounds with $x = 0-0.4$. First-order magnetization process (FOMP) is observed in the compounds with $0 \leq x \leq 0.8$ and the critical field B_{cr} of the FOMP decreases with increasing Er content from 6.6T for $x = 0$ to 2.0T for $x = 0.7$.

Keywords : rare earth transition metal compounds, crystal structure, magnetocrystalline anisotropy

PACC : 6110, 7530G, 7530K

^{*} Project supported by the National Natural Science Foundation of China. (Grant No. TG2000067106).