

$(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 的结构转变与磁性*

刘宝玉¹⁾ 刘国栋²⁾ 吴光恒^{2)†} 杨伏明²⁾

¹⁾ 辽宁石油化工大学机械分院, 抚顺 113001)

²⁾ 中国科学院物理研究所磁学国家重点实验室, 北京 100080)

(2003 年 8 月 29 日收到, 2003 年 9 月 19 日收到修改稿)

利用电弧熔炼制备了 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ ($x = 0-1.0$) 化合物样品. 通过 x 射线衍射分析和磁性测量研究了 Er 替代 $\text{Nd}_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 中的 Nd 时对化合物结构和磁性的影响. 研究表明, 低 Er 含量 ($x < 0.4$), 化合物为 $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ 型结构; 高 Er 含量时 ($x > 0.5$), 化合物转变为 $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ 结构. Er 含量为 $x = 0.4$ 和 0.5 时, 两种结构共存. 两种结构的晶胞参数 a , c 和晶胞体积 V 随着 Er 含量的增加都呈现递减的趋势. 随着 Er 含量的增加 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物的居里温度和饱和磁化强度都单调下降. $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物的室温各向异性由低 Er 含量时的易锥型转变为高 Er 含量时的易轴型. $x = 0-0.5$ 的化合物在温度升高时发生自旋重取向转变, 自旋重取向温度 T_{sr} 随 Er 含量的增加而减小.

关键词: $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$, 结构转变, 磁性

PACC: 6110, 8230B, 7530G, 7530K

构和磁性的变化规律.

1. 引 言

随着高温永磁材料研究的不断进展, $\text{Sm}_2\text{Co}_{17}$ 及其替代化合物 $\text{Sm}_2\text{Co}_{17-x}M_x$ ($M = \text{Mn}, \text{Cr}, \text{Ti}$ 等) 由于具有高居里温度, 高饱和磁化强度和强室温单轴各向异性而受到广泛关注^[1-5]. 近来, 人们将研究延伸到其他的稀土 Co 基 $R_2\text{Co}_{17-x}M_x$ 化合物 ($R = \text{Nd}, \text{Pr}, \text{Gd}, \text{Tb}, \text{Dy}, \text{Ho}, \text{Er}$ 和 $\text{Y}, M = \text{Ga}, \text{Al}, \text{Si}, \text{V}, \text{Ti}, \text{Cr}, \text{Mn}$ 等)^[6-12]. 由于 2:17 型化合物的晶体结构与稀土元素有关, 轻稀土和重稀土分别结晶为 $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ 和 $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ 型结构, 因此稀土元素之间的替代将对化合物结构和磁性产生影响. Lu 等^[13] 曾报道过在 $(\text{Sm}, \text{Y})_2\text{Fe}_{17}\text{Ny}$ 化合物中用非磁性的 Y 原子替代 Sm 原子引起了化合物结构和磁晶各向异性的改变. 为了进一步理解稀土元素替代对化合物结构和磁晶各向异性的影响, 我们选择 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物, 研究了用具有正的二阶 Stevens 因子 α_J 的 Er 原子替代具有负的二阶 Stevens 因子的 Nd 原子时化合物结

2. 实验方法

首先将纯度为 99.9% 的 Nd, Er, Co, V 按名义成分 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ ($x = 0-1.0$) 配料, 然后利用电弧炉在高纯流动氩气保护下熔炼成合金锭子. 为了保证合金成分均匀性, 每个合金锭子至少炼 4 次. 考虑到稀土元素 Nd 和 Er 在熔炼和后续退火过程中的挥发, 在配料时稀土元素按其质量的 4% 过量加入. 将熔炼好的合金锭子放入高纯氩气保护的石英管中, 在 1353 K 下退火 72 h, 然后水淬.

利用 x 射线粉末衍射 (XRD) 研究样品的结构和相组成, 利用振动样品磁强计 (VSM) 和超导量子磁强计 (SQUID) 分别测量样品的热磁曲线和低温 (5 K) 磁化曲线. 居里温度是通过作 M^2-T 曲线并将 M^2 外推到零而得到的. 饱和磁化强度 M_s 可以从基于易向磁化曲线所作的 $M-B^{-1/2}$ 图并将 $B^{-1/2}$ 外推到零得到^[14]. 通过测量取向样品的 XRD 谱可以研究样

* 国家自然科学基金 (批准号: G2000067106) 资助的课题.

† 通信联系人. 电话: 010-82649247.

品的室温磁晶各向异性.取向样品的制备方法是先将样品研磨成颗粒度约为 $30\mu\text{m}$ 的粉末,与环氧树脂均匀混合后倒入 $\phi 10 \times 1$ 的圆柱形铜容器里,置于磁场强度高达 1 T 的磁场中并保持磁场方向与圆柱底面垂直,静置 6 h 以上以达到完全固化.

3. 结果与讨论

3.1. $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 的结构

x 射线衍射和热磁分析表明,所有的 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ ($x = 0-1.0$) 化合物都是单相.在低 Er 含量的情况下,化合物为 $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ 型结构,随着 Er 含量的增加,当 $x > 0.5$ 时,化合物的结构转变为 $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ 型.在 $x = 0.4$ 和 0.5 时,两种结构共存.作为一个例子,图 1(a) 和 (d) 分别给出了 $\text{Nd}_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 和 $(\text{Nd}_{0.4}\text{Er}_{0.6})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物混乱取向粉末的 x 射线衍射谱.可以看出,两个化合物可以分别用 $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ 和 $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ 两种结构来指标化.由于 2:17 型化合物对于轻稀土元素和重稀土元素分别具有 $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ 和 $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ 两种不同的晶体结构,因此不难理解在 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物中随 Er 含量改变而出现的结构转变.图 2 所示的是 $(\text{Nd}_{0.5}\text{Er}_{0.5})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物的混乱取向样品的 x 射线衍射谱,可以清楚地看出,在 $(\text{Nd}_{0.5}\text{Er}_{0.5})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 中 $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ 和 $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ 结构共存,并且以 $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ 型结构为主(如图 2 中菱形点所示).图 2 中的插图是该化合物在 0.05 T 磁场下测得的热磁曲线.可以很清楚地看出,与 $\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$ 和 $\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$ 两种结构相对应,热磁曲线上存在两个台阶(图 2 中箭头所示),表明它们具有不同的居里温度. $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物的晶胞参数列于表 1. 其中 $x = 0.4$ 时只列出了主相的晶胞参数,副相因含量较低其晶胞参数难于准确确定,故未列出.图 5(a) 所示的是晶胞体积 V 随 Er 含量的变化关系.可以看出,两种结构的晶胞体积 V 都随着 Er 含量的增加而单调降低,这是因为 Er 的原子半径比 Nd 的原子半径小的缘故,反映了镧系收缩的规律.

3.2. $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 的磁性

图 1(b) 是 $\text{Nd}_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物的常规磁场取向样品的 x 射线衍射谱.从图 1(b) 中可以看出,与 $\text{Nd}_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 的混乱取向样品的 x 射线衍射谱相比,

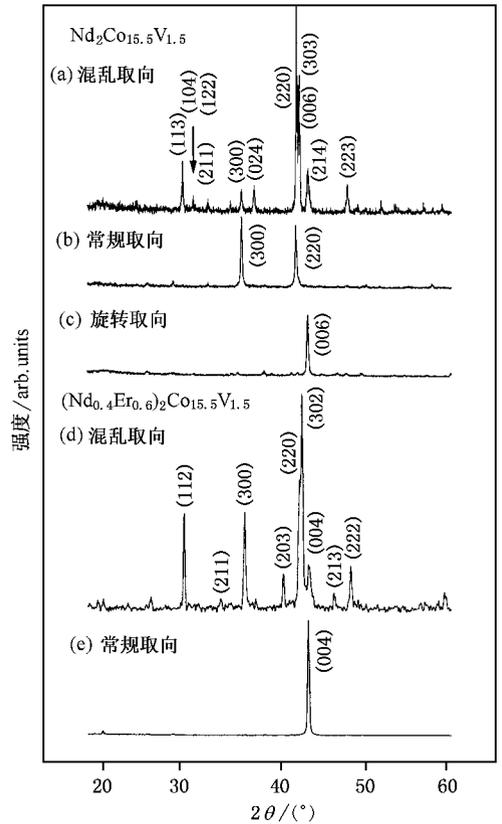


图 1 $\text{Nd}_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 和 $(\text{Nd}_{0.4}\text{Er}_{0.6})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 的混乱取向粉末样品 (a) (d), 磁场常规取向样品 (b) (e) 和旋转取向样品 (c) 的 x 射线衍射谱

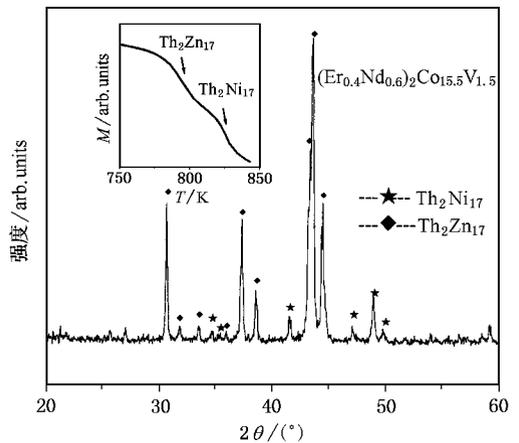


图 2 $(\text{Nd}_{0.5}\text{Er}_{0.5})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物的混乱取向样品的 x 射线衍射谱(插图为该样品在 0.05 T 磁场中测量的热磁曲线)

经过常规磁场取向以后,只有(300)和(220)两个衍射峰保留且强度明显增加,而其他衍射峰变得很弱或者消失.这说明 $\text{Nd}_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物在室温不是单轴各向异性.图 1(c) 是 $\text{Nd}_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 的旋转磁场取向

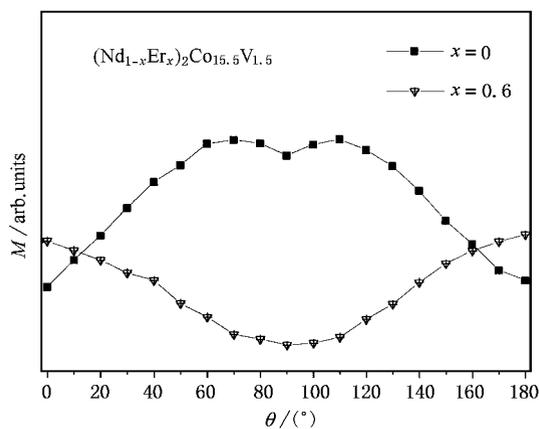


图3 $\text{Nd}_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 和 $(\text{Nd}_{0.4}\text{Er}_{0.6})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 取向样品的磁化强度和外加磁场方向与取向方向之间的夹角 θ 的关系曲线

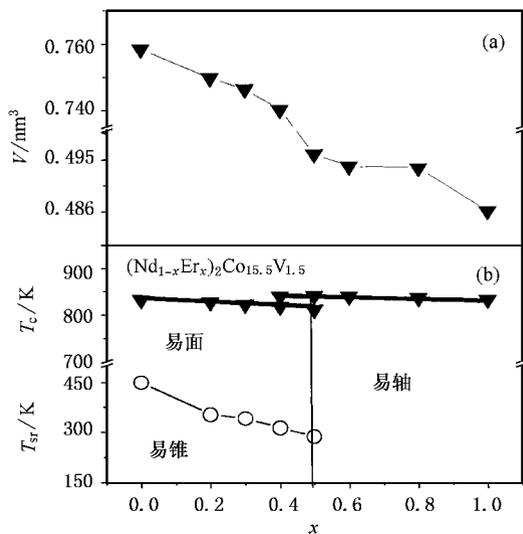


图5 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物的晶胞体积 V 随 Er 含量的变化关系 (a) 与磁相图 (b)

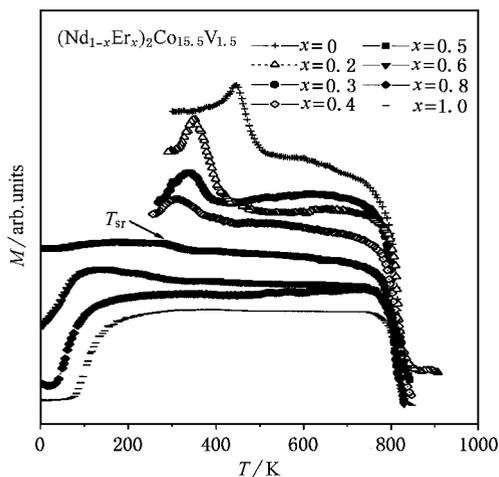


图4 $(\text{Nd}_x\text{Er}_{1-x})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物在 0.05T 磁场中测量的热磁曲线

样品的 x 射线衍射谱,可以看出,旋转取向以后只有一个衍射峰(006)保留下来,并且强度显著增强.这说明,化合物的难磁化方向就是沿着[006]方向.图1(e)是 $(\text{Nd}_{0.4}\text{Er}_{0.6})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 的常规磁场取向样品的 x 射线衍射谱.与 $\text{Nd}_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 常规取向的 x 射线衍射谱相比,可以看出 $(\text{Nd}_{0.4}\text{Er}_{0.6})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 在常规取向以后只有一个衍射峰(004)保留下来并且强度显著增强.这说明当 Er 含量增加到一定程度时,化合物的室温各向异性由非单轴型转变为易轴型.为了进一步探明化合物的各向异性性质,我们在室温测量了不同成分样品的磁化强度 M 和外磁场方向与取向方向之间夹角 θ 的关系曲线(外磁场强度为 0.5T).一般说来,对于各向异性为易面型和易轴型的样品,其 $M-\theta$ 关系曲线在 $0-180^\circ$ 之间分别有一

个极大值或极小值.而对于易锥型样品,其 $M-\theta$ 关系曲线在 $0-180^\circ$ 之间有两个极大值.从图3所示的 $\text{Nd}_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 和 $(\text{Nd}_{0.4}\text{Er}_{0.6})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 在室温下的 $M-\theta$ 关系曲线可以看出,在 $\text{Nd}_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 的 $M-\theta$ 关系曲线上从 0 到 180° 之间有两个极大值,这说明 $\text{Nd}_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物在室温是易锥型各向异性.而在 $(\text{Nd}_{0.4}\text{Er}_{0.6})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 的室温 $M-\theta$ 关系曲线上在 0 到 180° 之间只有一个极小值,这说明 $(\text{Nd}_{0.4}\text{Er}_{0.6})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 在室温是易轴型.由此可以得出,随着 Er 含量的增加,化合物的室温各向异性从低 Er 含量的易锥型转变为高 Er 含量时的易轴型.转角实验的结果与从前述 XRD 观察到的结果是一致的.

图4表示 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物在 0.05 T 的磁场中所测量的热磁曲线,测量温度从 5 K 到居里温度以上.居里温度与 Er 含量的关系示于图5(b)中,可以看出,在两种结构中居里温度都随 Er 含量的增加而减小.从图4可以看出,对于 $x=0$ 到 $x=0.4$ 的化合物其热磁曲线上在某一个温度出现尖峰.对于 $x=0.5$ 的化合物,其尖峰不明显.对于 $x>0.5$ 的化合物,没有尖峰出现.这些尖峰对应于自旋重取向,如同在某些其他的 Gd 基或 Er 基化合物中所观测到的一样^[15,16].尖峰位置所对应的温度即自旋重取向温度 T_{sr} .

T_{sr} 与 Er 含量的关系也示于图5(b)中.可以看出, T_{sr} 随 Er 含量的增加从 $x=0$ 时的 448 K 降到 $x=0.5$ 时的 286 K.自旋重取向是温度关系不同的两

个次晶格各向异性互相竞争的结果.图 5(b)给出了 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物的磁相图.可以看出,当 $x \leq 0.5$ 时,随着温度降低 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物的各向异性从自旋重取向温度以上的易面型转变为自旋重取向温度以下的易锥型.当 $x \geq 0.5$ 时, $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 的各向异性在居里温度以下的整个温度范围内均为易轴型.在一级近似下,稀土次晶格对磁晶各向异性的贡献可用各向异性常数 $K_1(R)$ 来描述

$$K_1(R) = -3/2\alpha_J r^2 O_{20} A_{20}, \quad (1)$$

R 代表 Nd 和 Er, α_J 是二阶 Stevens 因子, r^2 是 4f 壳层的平均半径, O_{20} 是二阶 Stevens 算符的量子力学期望值的热平均, A_{20} 是二阶晶场系数,它与化合物的晶体结构和成分有关.在 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物中, Nd 的 $\alpha_J < 0$, Er 的 $\alpha_J > 0$, 对于目前所研究的化合物系列 A_{20} 都是负的^[17].因此,根据(1)式可以得出 $K_1(\text{Nd}) < 0$ 和 $K_1(\text{Er}) > 0$.这说明如果只考虑最低阶各向异性常数 $K_1(R)$ 的贡献,则 Nd 和 Er 次晶格分别倾向于易面型和易轴型各向异性.这样就不难理解为什么 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物发生从低 Er 含量的易锥型各向异性向高 Er 含量的易轴型各向异性转变.值得注意的是,在低 Er 含量时,从室温易锥到高温易面的自旋重取向温度并不随 Er 含量的增加而升高.相反,自旋重取向温度随 Er 含量的增加而降低.这一矛盾的产生可能是由于在上述讨论中忽略了作用于 Er 离子的晶场高次项的结果^[18].

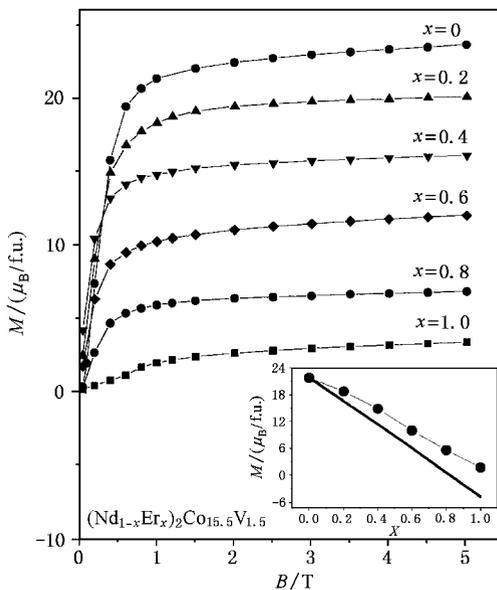


图 6 $(\text{Nd}_x\text{Er}_{1-x})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物在 5K 测量的磁化曲线(插图为饱和磁化强度的试验值(●—●)和计算值(—)与 Er 含量的关系)

图 6 是 $(\text{Nd}_x\text{Er}_{1-x})_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物在 5 K 时的磁化曲线.饱和磁化强度的值列于表 1 中.可以看出,饱和磁化强度随着 Er 含量的增加单调下降,这是由于 Er 次晶格的磁矩与 Nd 和 Co 次晶格的磁矩之间的反平行耦合造成的.如果假设稀土磁矩完全平行于或反平行于过渡族金属原子磁矩,那么 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 化合物的饱和磁化强度可以用简单的稀释模型按下式进行计算:

$$M_s = M_0 - 2x(\mu_{\text{Nd}} + \mu_{\text{Er}}), \quad (2)$$

表 1 $(\text{Nd}_{1-x}\text{Er}_x)_2\text{Co}_{15.5}\text{V}_{1.5}$ 的结构和磁性参数

x	a/nm	c/nm	V/nm^3	T_c/K	T_{sr}/K	$M_s^{\text{cal}} 5\text{K}$ ($\mu_B/\text{f. u.}$)	$M_s^{\text{exp}} 5\text{K}$ ($\mu_B/\text{f. u.}$)	结 构
0.0	0.8438	1.2290	0.7585	833	448	21.8	21.8	$\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$
0.2	0.8409	1.2243	0.7498	828	352	16.6	18.8	$\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$
0.3	0.8395	1.2235	0.7465	822	340	—	—	$\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$
0.4	0.8371	1.2199	0.7403	818	312	11.4	14.9	$\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$
	—	—	—	840	—	—	—	$\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$
0.5	0.8377	0.8162	0.4960	841	286	—	—	$\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$
	0.8356	1.2145	0.7368	811	—	—	—	$\text{Th}_2\text{Zn}_{17}$
0.6	0.8353	0.8173	0.4939	840	—	6.2	10.1	$\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$
0.8	0.8348	0.8178	0.4936	836	—	0.6	5.7	$\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$
1.0	0.8303	0.8144	0.4862	833	—	-4.6	1.9	$\text{Th}_2\text{Ni}_{17}$

其中 M_0 代表 Nd₂Co_{15.5}V_{1.5} 一个分子单元的饱和磁矩, μ_{Nd} 和 μ_{Er} 分别是 Nd 离子和 Er 离子的磁矩. 如果将 μ_{Nd} 和 μ_{Er} 分别取为自由离子的值 3.62 和 9.59 μ_{B} , 那么 (Nd_{1-x}Er_x)₂Co_{15.5}V_{1.5} 的磁化强度值就可以通过 (2) 式来求得. 图 6 中的插图是 (Nd_xEr_{1-x})₂Co_{15.5}V_{1.5} 的饱和磁化强度的实验值和计算值随 Er 含量的变化关系. 饱和磁化强度的计算值与实验值之间的差别可能是由于 Nd, Er 磁矩由于受到晶场作用的影响而偏离自由离子磁矩的缘故.

4. 结 论

通过 x 射线衍射和磁性测量研究了 (Nd_{1-x}

Er_x)₂Co_{15.5}V_{1.5} 中 Er 替代 Nd 对化合物结构和磁性影响. 研究结果表明: 在 (Nd_{1-x}Er_x)₂Co_{15.5}V_{1.5} 中随着 Er 对 Nd 的替代, 化合物的结构由低 Er 含量 ($x < 0.4$) 时的 Th₂Zn₁₇ 型结构转变为高 Er 含量 ($x > 0.5$) 时的 Th₂Ni₁₇ 型结构; Er 含量在 $x = 0.4$ 和 0.5 时, 两种结构共存. 随着 Er 含量的增加, 两种结构的晶胞参数 a , c 和晶胞体积 V 都呈现一种递减的趋势. (Nd_{1-x}Er_x)₂Co_{15.5}V_{1.5} 化合物的居里温度随 Er 含量的增加而单调下降. Er 替代 Nd 还导致了 (Nd_{1-x}Er_x)₂Co_{15.5}V_{1.5} 化合物的室温各向异性由低 Er 含量 ($x < 0.4$) 时的易锥型转变为高 Er 含量 ($x > 0.5$) 时的易轴型, 在 $x = 0-0.5$ 的样品随温度的升高发生自旋重取向转变, 自旋重取向温度 T_{sr} 随 Er 含量的增加单调下降.

- [1] Tang W, Zhang Y and Hadjipanayis G C 2000 *Appl. Phys. Lett.* **77** 421
- [2] Kou X C, Zhao T S, Grössinger R and de Boer F R 1992 *Phys. Rev. B* **46** 6225
- [3] Yan A, Bollero A, Gutfleisch O and Müller K H 2002 *J. Appl. Phys.* **91** 2192
- [4] O'Sullivan J, Rao X L and Coey J M D 1997 *J. Appl. Phys.* **81** 5124
- [5] Nagel H 1976 *AIP Conf.* **29** 603
- [6] Wang W Q, Wang J L, Tang N, Bao F Q, Wu G H, Yang F M and Jin H M 2001 *Acta Metallurgica Sinica* **37** 415
- [7] Liang B, Shen B G, Wang F W, Zhao T S, Cheng Z H, Zhang S Y, Gong H Y and Zhan W S 1997 *J. Appl. Phys.* **82** 3452
- [8] Cheng Z H, Shen B G, Zhang J X, Liang B, Guo H Q and Kronmüller H 1997 *Appl. Phys. Lett.* **70** 3647
- [9] Sun Z G, Zhang H W, Wang J Y and Shen B G 1999 *Appl. Phys. Lett.* **75** 3850
- [10] Satyanayana M V, Fujii H and Wallace W E 1984 *J. Magn. Magn. Mater.* **40** 241
- [11] Giovanelli L, Moze O, Kockelmann W A, de Groot C H, de Boer F R and Buschow K H J 1998 *Mater. Sci. Forum* **278** 537
- [12] Zhang L, Liang Y N, Zeng D C, Klaasse J C, Brück C, Liu Z Y, de Boer F R and Buschow K H J 2000 *Physica B* **291** 110
- [13] Lu Y, Tegus O, Li Q A, Tang N, Yu M J, Zhao R W, Kuang J P, Yang F M, Zhou G F, Li X and de Boer F R 1992 *Physica B.* **177** 243
- [14] Wang W Q *et al* 2003 *Acta. Phys. Sin.* **52** 647 (in Chinese) 王文全等 2003 物理学报 **52** 647]
- [15] Liu B D, Li Y X, Li W X, Liu H Y, Wu G H, Yang F M and de Boer F R 2002 *Physica B* **319** 28
- [16] Tang W, Zhao Z G, Brück E, de Boer F R, Buschow K H J, Wang J L, Yang F M 1999 *J. Phys.: Condens. Matter.* **11** 5855
- [17] Franse J J M and Radwanski R J 1993 *Handbook of Magnetic Materials*, ed. Buschow K H J (North-Holland, Amsterdam) p307
- [18] Hu B P, Li H S, Coey J D M and Gavigan J P 1990 *Phys. Rev. B* **41** 2221

Structure transition and magnetic properties of (Nd_{1-x}Er_x)₂Co_{15.5}V_{1.5} compounds^{*}

Liu Bao-Yu¹⁾ Liu Guo-Dong²⁾ Wu Guang-Heng²⁾ Yang Fu-Ming²⁾

¹⁾ College of Mechanical Engineering, Liaoning University of
Petroleum and Chemical Technology, Fushun 113001, China)

²⁾ State Key Laboratory of Magnetism, Institute of Physics,
Chinese Academy of Sciences, Beijing 100080, China)

(Received 29 August 2003; revised manuscript received 19 September 2003)

Abstract

Structure and magnetic properties of (Nd_{1-x}Er_x)₂Co_{15.5}V_{1.5} compounds have been investigated by means of x-ray diffraction and magnetic measurements. The results obtained show that the (Nd_{1-x}Er_x)₂Co_{15.5}V_{1.5} compounds crystallize in the Th₂Zn₁₇ type structure for lower Er content ($x < 0.4$) and Th₂Ni₁₇ type structure for higher Er content ($x > 0.5$). The two structures coexist in the samples with $x = 0.4$ and 0.5 . The lattice constants a and c , and the unit cell volume V show a decreasing tendency with increasing Er content in both structures. With increasing Er content, at room temperature, the anisotropy of the (Nd_{1-x}Er_x)₂Co_{15.5}V_{1.5} compounds changes from the easy-cone type for low Er content ($x < 0.4$) to the easy axis type for higher Er content ($x > 0.5$). The spin reorientation transition is observed for the compounds with $x = 0.0$ — 0.5 , and the spin reorientation temperature T_{sr} shows a decreasing tendency with increasing Er content. In addition, the Curie temperature T_C and saturation magnetization M_s also decrease monotonically with the Er substitution for Nd in (Nd_{1-x}Er_x)₂Co_{15.5}V_{1.5} compounds.

Keywords: (Nd_{1-x}Er_x)₂Co_{15.5}V_{1.5}, structure transition, magnetic properties

PACC: 6110, 8230B, 7530G, 7530K

^{*} Project supported by the National Natural Science Foundation of China (Grant No. G2000067106).