第30卷 第5期 物 理 学 报 Vol. 30, No. 5
1981年5月 ACTA PHYSICA SINICA May, 1981

包钴型 γ-Fe_2O_3 磁粉矫顽力的研究

罗河烈 孙 克 冯远冰 龚 伟 章志英
(中国科学院物理研究所)
1980年8月25日收到

提 要

包钴型 γ-Fe_2O_3 磁粉分为包钴 γ-Fe_2O_3 (简记为 Co-γ-Fe_2O_3) 和包钴包亚铁 γ-Fe_2O_3 (简记为 CoFe-γ-Fe_2O_3) 两种. 它们的矫顽力可比 γ-Fe_2O_3 磁粉的提高 100 至 400 Oe 左右. 本工作对这两种磁粉矫顽力增大的原因作了探讨, 认为它们矫顽力增大的机制不同: Co-γ-Fe_2O_3 矫顽力增大是由于表面包覆一层 $Co(OH)_2$ 使表面各向异性增大. 而 CoFe-γ-Fe_2O_3 则是由于表面包覆的是钴铁氧体, γ-Fe_2O_3 与钴铁氧体之间发生耦合作用, 使矫顽力增大.

引 言

为了满足对磁记录密度不断提高的要求, 近年来出现了 Co-γ-Fe_2O_3[1] 和 CoFe-γ-Fe_2O_3[2] 两种磁粉, 它们的矫顽力可比原 γ-Fe_2O_3 磁粉的提高 100 至 400 Oe 左右, 剩磁和矫顽力随温度及时间的变化小, 制成磁带的性能可与 CrO_2 的媲美, 是新型的高密度磁记录材料[1].

我们以前曾对这两种磁粉矫顽力增大的原因进行过初步探讨[3,4]. 本工作进一步了解: Co-γ-Fe_2O_3 和 CoFe-γ-Fe_2O_3 矫顽力增大的原因不同. 前者由于 γ-Fe_2O_3 表面包覆一层 $Co(OH)_2$ 而增加了表面各向异性. 后者则由于 γ-Fe_2O_3 表面包覆钴铁氧体; 它们之间发生耦合作用而使矫顽力增大.

实 验 方 法

所用 γ-Fe_2O_3 原粉的长轴在 0.2—0.7μm; 长轴与短轴之比在 6:1—10:1 之间, 矫顽力 H_c = 415Oe.

Co-γ-Fe_2O_3, CoFe-γ-Fe_2O_3 和钴铁氧体共沉淀(简记为 CoFe) 磁粉的工艺条件和以前的相同[3,4].

用振动样品磁强计测量样品的矫顽力 H_c 和单位质量的磁矩.

用转矩仪按 Flanders and Strikman[5] 的方法测量磁粉的有效各向异性场 H_k 的大小及其分布.

用透射电子显微镜观察磁粉的晶形; X光衍射分析相结构; 穆斯鲍尔谱确定 CoFe-γ-Fe_2O_3 表面层的成分等.

实 验 结 果

1. Co-γ-Fe_2O_3 和 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉的矫顽力与其外层厚度的关系

我们在 γ-Fe_2O_3 磁粉上包覆不同厚度的钴铁氧体但保持 Co^{++}/Fe^{++} 的比值为 0.53 不变. 例如: E_1 号样品 Co^{++}/γ-Fe_2O_3 = 1.6wt.%; Fe^{++}/γ-Fe_2O_3 = 3wt.%; E_2 号样品 Co^{++}/γ-Fe_2O_3 = 3.2%; Fe^{++}/γ-Fe_2O_3 = 6%;余类推. 经X光衍射判明(见后)CoFe-γ-Fe_2O_3 外层是钴铁氧体. 设 γ-Fe_2O_3 的比表面积为 $1\times10^5 cm^2/g$; 经简易计算可求得不同 Co^{++} 和 Fe^{++} 数量所对应的钴铁氧体外层厚度. 表 1 给出包覆不同厚度钴铁氧体的 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉的性能.

表 1　包覆不同厚度钴铁氧体的 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉的性能

样　品	反应成份 (wt.%)		相应的外延钴铁氧体厚度 (Å)	矫顽力 H_c(Oe)		σ_s (emu/g)	相应外延钴铁氧体的矫顽力 H_c(Oe)
	Co^{++}/γ-Fe_2O_3	Fe^{++}/γ-Fe_2O_3		−196℃	13℃		
E_0	0	0	0	470	415	77.0	0
E_1	1.6	3	16		440	77.0	1250
E_2	3.2	6	32	720	475	78.0	1200
E_3	4.8	9	48		560	78.0	1280
E_4	6.4	12	64	1100	590	80	1320
E_5	8	15	80		600	80	1250
E_7	11.2	21	112	1300	660	80	1310
E_9	12.8	24	144		750	81	1350
E_{11}	17.6	33	176	1700	800		1350

图 1 中曲线 1 和 4 分别是 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉的 H_c 和 σ_s 随包覆钴铁氧体厚度的变化; 曲线 1 和 2 分别是在 13℃ 和 −196℃ 温度下测得的 H_c 随包覆层厚度的变化; 曲线 3 是由相应比例 CoFe (其 $H_c\sim1200$ Oe) 和 γ-Fe_2O_3 磁粉混合组成的磁粉的矫顽力随 CoFe 磁粉数量的变化.

由曲线 1 和 3 可以看到 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉的矫顽力 H_c 随钴铁氧体包覆层厚度的增加成正比地增大;由钴铁氧体和 γ-Fe_2O_3 混合成的磁粉的矫顽力虽亦随钴铁氧体的数量增加而增大,但增大的数值较小; 例如: E_{11} 样品的 H_c = 800 Oe, 而相应比例的混合磁粉的 H_c 只有 500 Oe. 从曲线 4 可见这种磁粉的 σ_s 随外层钴铁氧体厚度的增加而增加.

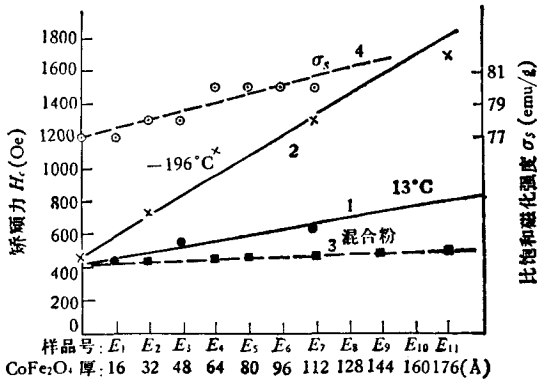

图 1　CoFe-γ-Fe_2O_3 的矫顽力 H_c 和 σ_s 随其包覆层厚度的变化
曲线 1, 2, 3 表示 H_c 的曲线;曲线 4 表示 σ_s 的曲线

图 2 是 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉的 H_c

和 σ_s 随包钴量的变化曲线；H_c 随含钴量增大而迅速增加，但自 $Co^{++}/\gamma\text{-}Fe_2O_3 = 2wt.\%$ 以后就趋于一定值．σ_s 则随钴量增大而线性下降．从这一点可以知道 Co^{++} 离子可能形成了非铁磁性的化合物．后经X射线衍射证明：当包钴量大于2%时，$Co\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 的衍射线除 $\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 的以外还出现 $Co(OH)_2$ 谱线，说明它外面包覆的是 $Co(OH)_2$．

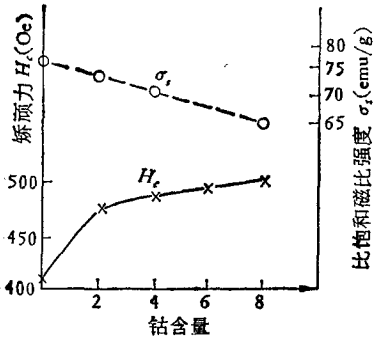

图 2

2. 不同温度处理对矫顽力的影响

将不同含钴量的 $Co\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 和 $CoFe\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 磁粉在氮气中经不同温度处理一小时，处理前后矫顽力的变化如表2．两种磁粉经400℃处理后矫顽力皆上升；含钴量愈多，上升愈高．说明两种磁粉的钴离子未退火前都处在 $\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 磁粉的表面，经400℃以上退火处理后，钴离子扩散到 $\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 的内部．使它变成了掺钴 $\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 磁粉，矫顽力增大．

表2 $CoFe\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 和 $Co\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 样品的矫顽力经不同温度处理后的变化

化学成份		处理条件 / 样品 / H_c(Oe)	空气或氮气中处理一小时					
$Co^{++}/\gamma\text{-}Fe_2O_3$	$Fe^{++}/\gamma\text{-}Fe_2O_3$		未处理	200℃	300℃	400℃	500℃	600℃
8%	15%	D_s	710	608	545	833	920	1300
5%	0	$B_{28(5)}$	445	440	405	525	735	1060
$Co^{++}\sim 35\%$	$Fe^{++}\sim 65\%$	E_{15}^{*}	1850	(200℃) 1650	(280℃) 1150	(390℃) 1550	(500℃) 1200	(600℃) 870

* E_{15} 样品是 CoFe 共沉淀磁粉，其分子式为 $Co_{1.04}Fe_{1.96}O_4$．

3. $CoFe\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 包覆层的化学成分及状态

用X射线衍射的方法可以求出 $\gamma\text{-}Fe_2O_3$，$CoFe\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 和 CoFe 三种磁粉的衍射线条．$\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 和 CoFe 共沉淀磁粉衍射线条的位置有接近的亦有不接近的．而 $CoFe\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 的衍射线条则为 $\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 和 CoFe 共沉淀两种磁粉衍射线条的综合，并在两组衍射线条位置接近的地方出现加宽的线条，这实际是 $\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 和 CoFe 磁粉的衍射线条的叠合．

图3给出 $\gamma\text{-}Fe_2O_3$，CoFe 共沉淀和 $CoFe\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 三种磁粉在衍射角 $2\theta = 75°$ 附近的一组X射线衍射峰．其中曲线4是 $CoFe\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 磁粉经稀盐酸泡洗掉部分 Co^{++} 以后的衍射峰．从图3中可以看到曲线3峰恰处于曲线1和2峰叠合处，且半峰宽较曲线1和2为宽；当 $CoFe\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 磁粉洗去部分 Co^{++} 后，半峰宽变窄．这说明 $CoFe\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 是由 $\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 和 CoFe 共同组成的混合物．

为了观察包覆在 $\gamma\text{-}Fe_2O_3$ 表面钴铁氧体的状态，我们拍摄了 $CoFe\text{-}\gamma\text{-}Fe_2O_3(E_9)$ 磁粉的电子显微镜照片（图4）．

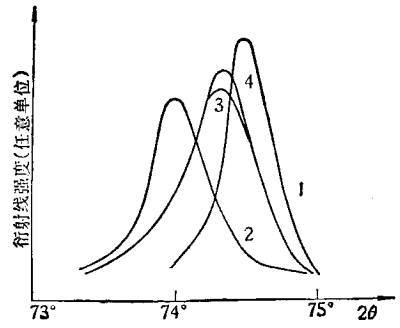

图 3　几种磁粉的 X 射线衍射峰

曲线 1 为 γ-Fe_2O_3，半峰宽 8 格；曲线 2 为 A_{236} (CoFe 共沉淀)，半峰宽 9 格；曲线 3 为 A_{14} ($CoFe$-γ-Fe_2O_3)，半峰宽 11 格；曲线 4 为 A_{14} (洗后)，半峰宽 10 格；每 20 格等于 1°

图 4　$CoFe$-γ-Fe_2O_3 磁粉 (E_3) 电子显微镜照片 (×8 万倍)

从图 4 可见包覆在 γ-Fe_2O_3 外面的钴铁氧体是以微晶粒形式“堆”在上面的，大部分晶粒小于 100 Å；部分大于 500 Å，有少量钴铁氧体则单独存在.

4. 有效各向异性场 H_k 及转动磁滞积分

按照 Flanders 等人[5]的方法，我们测量了 γ-Fe_2O_3，$CoFe$-γ-Fe_2O_3 和 Co-γ-Fe_2O_3 等磁粉的“有效”各向异性场 H_k 的大小及其分布.

样品制备、测量和计算方法见文献 [4]. 这里只将结果列于图 5. 纵座标是转矩的偏转数；横座标是磁化电流大小，经转换可求出磁场数值.

从图 5 可以清楚地看到 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉的曲线形状和 γ-Fe_2O_3 原粉的非常相似，除纵座标数值较高外，转矩变为零的场皆在 2600 Oe 附近. 图 5 中 Co-1 和 Co-2 的 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉分别含 Co 量为 2% 和 4%. 这说明 Co-γ-Fe_2O_3 所增加的是单轴各向异性. 但 $CoFe$-γ-Fe_2O_3 磁粉的转矩曲线和原粉的相比，差别较大；不仅转矩的峰值增大，且随外层包覆钴铁氧体的数量增大愈向高磁场方向位移. 转矩变为零的磁场亦随钴铁氧体数

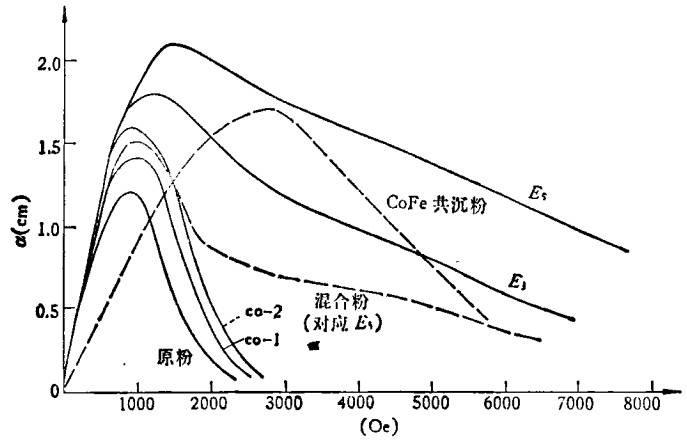

图 5　用转矩法测量磁粉颗粒的“有效”各向异性场 H_k　转矩法测量了各类磁粉的分散性 K 值(饱和场 5 A 转角 10℃)

量增多愈移向高场方向. E_5的转矩曲线明显比混合磁粉 (γ-Fe_2O_3 和 E_5 磁粉混合而成) 的高.

图 5 同时引入 CoFe 共沉淀磁粉(虚线)的转矩曲线. 我们知道, Flanders 等人[5]测各向异性场分布方法的前提是被测样品要具有单轴各向异性, CoFe 磁粉主要具有晶体各向异性,但引入它的转矩曲线会帮助我们分析 CoFe-γ-Fe_2O_3转矩曲线: 可以看出它们增加了晶体各向异性的部分.

参照 CoFe 和 CoFe-γ-Fe_2O_3 的转矩曲线, CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉较原料可能添加了晶体各向异性和其它的相互作用,暂用有效各向异性一词表示,经过计算,求出几种磁粉的平均"有效"各向异性场 $\bar{H}_k$ 如表 3 所示.

表 3 几种磁粉的平均"有效"各向异性场 $\bar{H}_k$

磁粉名称	原粉 γ-Fe_2O_3	Co-1	Co-2	E_1	E_3	E_5	混合粉(对应 E_5)
H_k(Oe)	1568	1727	1746	2948	5072	6234	4677

从表 3 看出: 1) Co-γ-Fe_2O_3 磁粉有效各向异性场 $\bar{H}_k$ 比原粉约增加 160 Oe, 不随外层钴量增加而增加. 2) CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉的有效各向异性场 $\bar{H}_k$ 比原粉增加约 1380 Oe 以上, 随外层钴铁氧体厚度的增加而增加 (可参阅表 3 中 E_1, E_3, E_5 的值). 3) CoFe-γ-Fe_2O_3 有效各向异性场 $\bar{H}_k$ 较混合粉 (CoFe 含量与E_5的相等)的高 1557 Oe.

为了进一步研究 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉有效各向异性场增加的原因, 我们在不同外场下测量由原粉和 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉在相同工艺条件下制成的磁带的转矩曲线, 然后求出它们的转动磁滞积分及单轴各向异性常数 K_u 值. 结果见表 4.

表 4 γ-Fe_2O_3 和 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁带的一些数据

样 品	I_r/I_s	矫顽力 Hc(Oe)	单轴各向异性常数 K_u(erg/cm³)	转动磁滞积分 $I=\int(W_r/I_s)d(1/H)$
γ-Fe_2O_3 磁带	0.77	425	2.96×10^4	1.55
CoFe-γ-Fe_2O_3 磁带	0.70	770	3.22×10^4	1.50

由表 4 可见: 1) CoFe-γ-Fe_2O_3 磁带的 K_u 值与 γ-Fe_2O_3 磁带的较接近, 只高约 10%. 2) 两种磁带的转动磁滞积分数值相同,说明它们的反磁化机构都属球链不均匀反磁化模型[6].

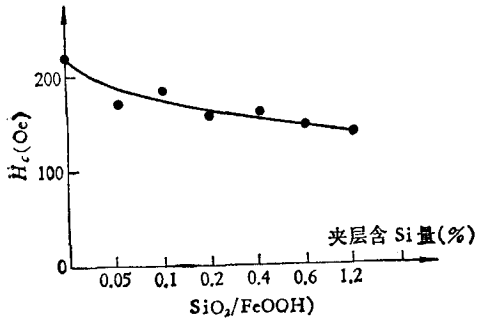

图 6

此外, 我们在 γ-Fe_2O_3 上包上不同厚度的SiO_2, 然后再包钴铁氧体;这样就可以得到附有不同厚度 SiO_2 夹层的 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉, 图 6 是这种粉的矫顽力与 γ-Fe_2O_3 矫顽力的差值随 SiO_2 量的变化. 可见增加量随 SiO_2 夹层量(夹层厚度)的增加而近似线性地

减小．夹层含 SiO_2 量与 FeOOH 比值为 1.2% 时，SiO_2 夹层厚度约为 12 Å．

结 果 讨 论

1. Co-γ-Fe_2O_3 和 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉表面的化学成分和钴离子的状态

1）Co-γ-Fe_2O_3 磁粉的表面包覆的是 $Co(OH)_2$，当 Co 含量超过 2% 时，$Co(OH)_2$ 除包覆在 γ-Fe_2O_3 表面外，还可能以单独形式存在．

2）CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉表面包覆的是钴铁氧体，从穆斯鲍尔谱分析，外层钴铁氧体还可分成内场为 H_i = 518.33 和 533.63 kOe 的两套晶格[11]．

Co-γ-Fe_2O_3 和 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉经稀酸泡洗部分钴离子后，矫顽力都会下降．从表 2 可以看到这两种磁粉经 400℃ 以上温度退火后，矫顽力皆比未处理前的增大，说明钴离子处在磁粉的表面．

2. Co-γ-Fe_2O_3 和 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉矫顽力增加的原因

从图 1 和 2 可见 Co-γ-Fe_2O_3 和 CoFe-γ-Fe_2O_3 两种磁粉的矫顽力都随钴离子含量的增大而增大；前者的矫顽力在钴含量大于 2%(wt) 以后即趋于一定值，后者则随含钴量增大而线性增加，说明两者矫顽力增加的原因不同．

Tokuoka[7] 等人和我们[2] 都认为钴离子引起 γ-Fe_2O_3 表面各向异性的增加是 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉矫顽力比 γ-Fe_2O_3 原粉增大的原因，因为这可以解释 CoFe-γ-Fe_2O_3 矫顽力增大自钴含量达 2% 后即趋于一定值．

Tokuoka[7] 等人还提出：Co-γ-Fe_2O_3 表面的 Co^{++} 离子位于 γ-Fe_2O_3 表面的 B 位，表面层"实际"形成钴铁氧体而使表面各向异性增加，但这种说法可能证据不足，原因如下：

1）Co-γ-Fe_2O_3 表面形成的是 $Co(OH)_2$，它是六角结构，Co^{++} 离子不应与 γ-Fe_2O_3 的 B 位都符合．

2）钴铁氧体的 σ_s 比 γ-Fe_2O_3 的高，如形成钴铁氧体，Co-γ-Fe_2O_3 的 σ_s 值不应较 γ-Fe_2O_3 的降低，但从图 2 可知，当 Co^{++}/γ-Fe_2O_3 = 2% 时，Co-γ-Fe_2O_3 的 σ_s 已较 γ-Fe_2O_3 的下降 3% 左右．

3）按 Tokuoka 等人的方法估计 Co-γ-Fe_2O_3 磁粉较 γ-Fe_2O_3 增加的单轴各向异性常数 $K_u \sim 1 \times 10^5 erg/cm^3$：比他们所估计的 $1 \times 10^6 erg/cm^3$ 小一个数量级．

因此我们认为，$Co(OH)_2$ 在 γ-Fe_2O_3 表面为何使表面各向异性增大还需进一步探讨．

Sueyoshi 等人[2]的工作只说明 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉矫顽力比 γ-Fe_2O_3 增大是由于外层包覆了一层钴铁氧体，但并未说明其原因．

从表 4 可知，CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉的 K_u 值只比 γ-Fe_2O_3 粉的约高 2600 ergs/cm³．而钴铁氧体的晶体各向异性常数 $K_1 \sim 1 \times 10^6$ ergs/cm³．如果 γ-Fe_2O_3 磁粉晶轴沿其长轴有择优取向，而钴铁氧体又是在 γ-Fe_2O_3 表面外延生长[8]，则只需 3% 左右的取向度就可使 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉的 K_u 值提高 2600 erg/cm³．由此可见二者必居其一：或者 γ-Fe_2O_3 粉晶轴沿其长轴择优取向差；或者钴铁氧体在 γ-Fe_2O_3 表面不是外延生长．

由表 3 可知，CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉的有效各向异性场 $\bar{H}_k$ 较相应比例的 CoFe 和 γ-

Fe_2O_3 混合磁粉的提高 1557 Oe，说明包覆在 γ-Fe_2O_3 表面的钴铁氧体与 γ-Fe_2O_3 之间存在相互作用；如果两者间加上 SiO_2 夹层，则这种相互作用随 SiO_2 夹层加厚而减弱；使中间夹有 SiO_2 的 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉矫顽力增大部分变小（见图 6）. 因此这种相互耦合的性质与 Bryere[9] 等人在耦合的金属铁磁薄膜所观察到的相似.

表 4 列出 CoFe-γ-Fe_2O_3 和 γ-Fe_2O_3 两种粉的转动磁滞积分 I 都在 $\sim$ 1.5. 这说明 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉内外层在这种耦合作用下以整体形式反磁化，因此其矫顽力由形状和晶体各向异性两项组成[10]：

$$H_c = \alpha M + \beta(k/M), \tag{1}$$

其中 α 和 β 是常数；M 为磁化强度.

由于 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉由 γ-Fe_2O_3 和外层的钴铁氧体所组成；包覆在外层的钴铁氧体变厚时，内部 γ-Fe_2O_3 磁粉的形状和晶体各向异性是不变的，但（1）式中的晶体各向异性项会逐渐增大，故 CoFe-γ-Fe_2O_3 的矫顽力亦逐渐增加，这样便可以解释图 1 的 CoFe-γ-Fe_2O_3 磁粉的矫顽力随外层钴铁氧体厚度增加而线性增大的现象. 利用（1）式和表 1 中 E_1 等所包覆钴氧铁体厚度的数据，计算出表 1 中 CoFe-γ-Fe_2O_3 外层的矫顽力 $H_c \sim$ 1200 Oe；与相同条件下制备的 CoFe 矫顽力接近.

在 CoFe 和 γ-Fe_2O_3 混合磁粉情况下，由于它们之间的距离较直接包覆的大，耦合作用变弱；矫顽力由两种粉的退磁曲线以及相互比例所决定，故比相应的 CoFe-γ-Fe_2O_3 的矫顽力小（见图 1）.

本工作的 X 光衍射数据由本所的宁太山、肖楠、赵雅琴同志提供，特此致谢.

参 考 文 献

[1] Y. Imaka, S. Umeki, Y. Kubota and Y. Tokuoka, *IEEE T. on MAG.*, **MAG-14**(1978), 649.
[2] T. Sueyoshi, J. Hirata, M. Amemiya, F. Hayema and M. Kishimoto, *J. Appl. Phys.*, **50**(1979), 450.
[3] H. L. Lo and W. Gung, *J. Appl. Phys.*, **50**(1979), 2414.
[4] 罗河烈等，物理学报，**28**(1979)，534.
[5] P. J. Flanders and S. Strikman, *J. Appl. Phys.*, **38**(1962), 216.
[6] I. S. Jacobs and C. P. Bean, *Phys. Rev.*, **100**(1955), 1067.
[7] Y. Tokuoka, S. Umeki and Y. Imaka, *J. de Physique Colloque* cl. suppl. au n°4. 38(1977), cl-337.
[8] 角谷贤二等，粉体粉末冶金协会，昭和 53 年. 春季大会講演概要集，130 页.
[9] J. C. Bryere, O. Massenet, R. Montnairy et L. Néel, *C. R. Acad. Sc. Paris*, **258**(1964), 841.
[10] D. F. Eagle and J. C. Mallinson, *J. Appl. Phys.*, **38**(1967), 995.
[11] 李士等，物理学报，**30**(1981)，120.

A STUDY ON THE COERCIVITY OF Co-ABSORBED γ-Fe_2O_3 POWDER

LUO HE-LIE　SUN KE　FENG YAN-BIN　GONG WEI　ZHANG ZHI-JING

(Institute of Physics, Academia Sinica)

ABSTRACT

Co-absorbed γ-Fe_2O_3 magnetic powder is divided into two sorts: Co-doped γ-Fe_2O_3 (known as Co-γ-Fe_2O_3) and Co-ferrite epitaxial γ-Fe_2O_3 (known as CoFe-γ-Fe_2O_3). The coercivity of Co-absorbed γ-Fe_2O_3 is 100 to 400 (Oe) greater than the coercivity of γ-Fe_2O_3.

The causes of the increasing coercivity of Co-absorbed γ-Fe_2O_3 were studied. The mechanism of increasing coercivity is different between the two sorts of powder: $Co(OH)_2$ formed on the surface of γ-Fe_2O_3 raised its surface anisotrpy and the coercivity of Co-γ-Fe_2O_3 is increased. The cause of increasing coercivity of CoFe-γ-Fe_2O_3 is the coupling effect between the Co-ferrite epitaxial layer and γ-Fe_2O_3.