

# 고밀도 자기기록용 Ba-Ferrite 분말의 자기적 물성과 입자특성에 미치는 $\text{Co}^{+2}$ 와 $\text{Ti}^{+4}$ 의 효과

홍양기 · 박상준 · 정홍식

동양화학공업(주) 중앙연구소

인천광역시 남구 학익동 587-102, 402-040

(1995년 7월 13일 받음, 1995년 8월 7일 최종수정본 받음)

Ba-Ferrite의 높은 보자력을 제어할 목적으로  $\text{Fe}^{+3}$ 의 일부를 2가 이온과 4가 혹은 5가 이온인 dopants로 치환할 때 치환이온의 종류와 그 치환량에 따라 자기적 물성과 입자특성은 매우 다르게 나타난다.

$\text{Co}^{+2}$ 의 치환은 magneto-plumbite 구조중 R-block내 치환과 과잉의 S-block 생성을 촉진시켜 Ba-Ferrite의 높은 보자력을 효과적으로 감소시키고 더 높은 포화자화값을 나타내지만, 입자크기 및 그 분포 뿐만 아니라 보자력의 분포도도 불균일하게 만드는 단점이 있다.  $\text{Ti}^{+4}$ 의 치환은 포화자화값을 감소시키지만 보자력의 감소에도 상당한 영향을 미치고 있다. 또한  $\text{Ti}^{+4}$ 는 비정질체내에서 핵생성 촉진제로서 입자크기 및 판상비를 효과적으로 감소시키며,  $\text{Co}^{+2}$ 에 의한 과잉의 S-block의 생성량을 줄여 자기적 물성을 균일하게 하는 작용을 하고 있다.

따라서 2가 이온과 4가 이온의 치환량 결정은 더 높은 포화자화값을 얻기 위해 과잉의 2가 이온을 사용한다거나 원자가 보상을 위해 동등량으로 치환하기보다는 자기적 물성과 입자특성을 고려하여 최적화되어야 한다.

## I. 서 론

최근 고밀도 자기기록용으로 개발되고 있는 페리 산화물 자성체인 Ba-Ferrite는  $0.1\ \mu\text{m}$  이하의 초미립자이며, 주로 결정자기방성을 제어하기 때문에 보자력( $H_c$ )가 500~4000Oe인 넓은 범위의 자성체를 쉽게 제조할 수 있고 그 보자력 분포도 또한 침상형 기록매체에 비해 매우 좁다. 또한 단과장에서의 재생출력이 높은 특징을 가지고 있지만 낮은 포화자화값( $\sigma_s$ ) 때문에 장과장에서의 재생출력이 낮은 단점<sup>1)</sup>을 가지고 있다. 이러한 단점을 해결하기 위해 Ba-Ferrite 분말 자체의  $\sigma_s$ 을 높이는 방법<sup>2)</sup>, Ba-Ferrite와  $\text{Co}\cdot\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 의 혼합분말을 사용하는 방법 및 tape 제조시 표면에는 Ba-Ferrite 층을 내부에는  $\text{Co}\cdot\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ 층으로 이중코팅하는 방법<sup>3)</sup>이 현재 연구되고 있다.

고밀도 자기기록용 Ba-Ferrite는 2가와 4가 혹은 5가 이온인 dopants로  $\text{Fe}^{+3}$  이온의 일부를 치환하여 사용하는 자기헤드에 적합한 값으로  $H_c$ 를 조절하는데 사용되는 dopants 종류와 치환량 및 제조법에 따라 분말의 입자특성 및 자기적 물성은 크게 달라지게 된다.  $0.1\ \mu\text{m}$  이하의 초립자를 얻기 위해 알려진 제조법<sup>4)</sup>으로는 유리-재결정화법과 수열합성법이 있지만, 본 연구에서는 유리-재결정화법에 의해 분말을 제조하였다.

분말의 낮은  $\sigma_s$ 를 높이기 위해 dopants의 종류와 치환량을 제어하는 방법<sup>5~7)</sup>과 높은  $\sigma_s$ 를 나타내는 spinel ferrite를 Ba-Ferrite 분말의 표면에 피착시켜 복합화하

는 방법<sup>8~9)</sup>이 현재 사용되고 있다. 전자의 경우 magneto-plumbite 구조내의 5개 자리중 자기모멘트 방향이 down인  $4f_W$  자리를 선호하는  $\text{Zn}^{+2}$ 를 사용하여  $\sigma_s$ 를 올리는 방법<sup>5)</sup>, 구조내 자기모멘트 방향이 up인 자리에 치환되는 4가 혹은 5가 이온의 치환량을 줄이는 방법<sup>6)</sup> 및 과잉의 2가 이온을 치환시켜 과잉의 spinel block을 magneto-plumbite 구조내로 삽입시키는 방법<sup>7)</sup> 등이 보고되고 있다. 그러나 치환에 의해 과량의 dopants 사용으로 더 높은  $\sigma_s$ 를 얻을 수는 있지만, 입자 특성과 자기적 물성이 불균일해지거나 보자력 온도계수( $\Delta H_c / \Delta T$ )가  $+3\ \text{Oe}/^\circ\text{C}$  이상으로 되는 단점이 있다. 따라서 사용되는 2가와 4가 이온의 dopants가 각각 입자특성과 자기적 물성에 어떠한 영향을 미치는지를 정확히 알아야만 고밀도 자기기록용에 적합한 물성의 재료설계가 가능하게 된다. 또한 후자의 경우는 더 높은  $\sigma_s$ 와  $\Delta H_c / \Delta T$ 를 향상시킬 수 있지만  $0.1\ \mu\text{m}$  이하의 초미립자 Ba-Ferrite 표면에 유리되는 것 없이 spinel ferrite를 균일하게 피착시켜야 하는 문제점을 가지고 있다.

본 연구의 목적은 2가와 4가 이온의 dopants 중 가장 효과적인 것으로 알려진  $\text{Co}^{+2}-\text{Ti}^{+4}$ 계로 한정하여 이들 dopants가 Ba-Ferrite의 자기적 물성과 입자 특성에 미치는 영향을 밝히는데 있다.

## II. 실험방법

Ba-Ferrite 분말의 일반식은  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Co}_x\text{O}_{19}$ ,

BaFe<sub>12-y</sub>Ti<sub>y</sub>O<sub>19</sub>, BaFe<sub>11-z</sub>Co<sub>1</sub>Ti<sub>z</sub>O<sub>19</sub>로 하였고, dopants인 Co<sup>+2</sup>와 Ti<sup>+4</sup>의 X, Y, Z 값을 변화시켜 유리-재결정화법에 의해 분말을 제조하였다.

입자특성인 입자의 형태, 크기 및 판상비는 TEM으로 관찰하였으며, 분말의 비표면적은 BET법에 의해 측정하였다. 자기적 물성인 보자력(H<sub>c</sub>), 보자력 분포도, 포화자화값(σ<sub>s</sub>) 및 보자력 온도계수(ΔH<sub>c</sub>/ΔT)는 VSM으로 측정하였고, ΔH<sub>c</sub>/ΔT의 측정온도 범위는 20~60℃로 하였다. 또한 분말의 보자력 분포도는 dM/dH vs. H 곡선의 형태와 반치폭(ΔH)을 측정함으로써 균일한 치환의 정도를 판별하였다. 생성물질의 결정상 동정은 XRD로, 유리질로부터의 결정상 생성온도 및 열출입은 DTA로 측정하였다.

### III. 실험결과 및 고찰

Fig. 1은 일반식 BaFe<sub>12-x</sub>Co<sub>x</sub>O<sub>19</sub>, BaFe<sub>12-y</sub>Ti<sub>y</sub>O<sub>19</sub>, BaFe<sub>11-z</sub>Co<sub>1</sub>Ti<sub>z</sub>O<sub>19</sub>에서 Co<sup>+2</sup>와 Ti<sup>+4</sup>양을 변화시켜 제조한 Ba-Ferrite 분말의 H<sub>c</sub>와 σ<sub>s</sub>의 변화를 나타낸 것이다. Ba-Ferrite의 H<sub>c</sub>는 Co<sup>+2</sup>나 Ti<sup>+4</sup> 치환량의 증가에 따라 감소되고 있으며, Co<sup>+2</sup> 경우가 Ti<sup>+4</sup>보다 더 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 또한 dopants인 Co<sup>+2</sup>와 Ti<sup>+4</sup>가 Fe<sup>+3</sup>를 치환하는 정도에 따라 Ba-Ferrite의 H<sub>c</sub>를 매우 폭 넓게 제어할 수 있음을 확인할 수 있다. Ba-Ferrite의 높은 H<sub>c</sub>는 Ba 이온이 존재하는 R-block내 2b와 12k 자리 Fe<sup>+3</sup> 이온들의 주된 기여로 큰 결정자기 이방성을 갖기 때문이다. Ba-Ferrite 구조내의 Co<sup>+2</sup>와 Ti<sup>+4</sup> 치환에 따른 H<sub>c</sub>가 감소하는 원인은 Co<sup>+2</sup> 이온이 큰 결정자기이방성을 가지며<sup>10)</sup>, Co<sup>+2</sup>와 Ti<sup>+4</sup>이 magneto-plumbite 구조내 Fe<sup>+3</sup> 이온들의 5개 자리 중 12k와 2b 및 4fIV에 주로 치환되어 결정자기이방성을 크게 감소시키기 때문<sup>11)~13)</sup>인 것으로 알려져 있다. BaFe<sub>12-x</sub>Co<sub>x</sub>O<sub>19</sub>에서 Co<sup>+2</sup>의 치환량 X가 증가함에 따라 σ<sub>s</sub>는 증가하고 있지만, BaFe<sub>12-y</sub>Ti<sub>y</sub>O<sub>19</sub>의 경우 Ti<sup>+4</sup>의 치환량 Y를 증가시키면 반대로 감소하는 대조적인 현상을 나타내고 있다. 이것은 Co<sup>+2</sup>만을 치환한 것에 Ti<sup>+4</sup> 치환량을 증가시킨 경우인 BaFe<sub>11-z</sub>Co<sub>1</sub>Ti<sub>z</sub>O<sub>19</sub>에서도 그대로 나타나고 있다. Ti<sup>+4</sup> 치환량을 증가시키기에 따라 σ<sub>s</sub>가 감소하는 것은 자기모멘트 방향이 up인 12k 자리에 비자성체 이온인 Ti<sup>+4</sup>의 치환량이 증가되기 때문인 것으로 생각된다.

Fig. 2는 BaFe<sub>11-z</sub>Co<sub>1</sub>Ti<sub>z</sub>O<sub>19</sub>에 Ti<sup>+4</sup>의 치환량을 증가시키기에 따라 얻어진 분말의 XRD 분석 결과이다. Ti<sup>+4</sup>의 치환량 Z가 증가함에 따라 Ba-Ferrite의 주피크인 (114)와 (203)의 사이에 spinel 상의 주 피크가 감소되

는 것으로부터 Ti<sup>+4</sup>가 spinel 상을 감소시키고 있음을 알 수 있다. 여기서 생성되는 spinel 상의 양은 Co<sup>+2</sup>를 많이 사용할수록 증가하고 Ti<sup>+4</sup>를 많이 사용할수록 감소된다. spinel 상이 magneto-plumbite 구조내 과잉으로 형성되는 것인지 혹은 유리된 상태로 존재하는 것인지를 알아보기 위하여 가장 많은 spinel 상을 가지고 있는 BaFe<sub>11</sub>Co<sub>1</sub>O<sub>19</sub> 입자 개개에 대해 TEM으로 EDS 분석을 행하였다. 그 결과 유리되어 있는 CoFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>보다는 대부분 구조내 과잉의 S-block을 함유한 BaFe<sub>12-x</sub>Co<sub>x</sub>O<sub>19</sub>의 X값이 다른 상태로 존재하고 있었다. 따라서 Ti<sup>+4</sup>는 Co<sup>+2</sup>에 의해 magneto-plumbite 구조내 과잉으로

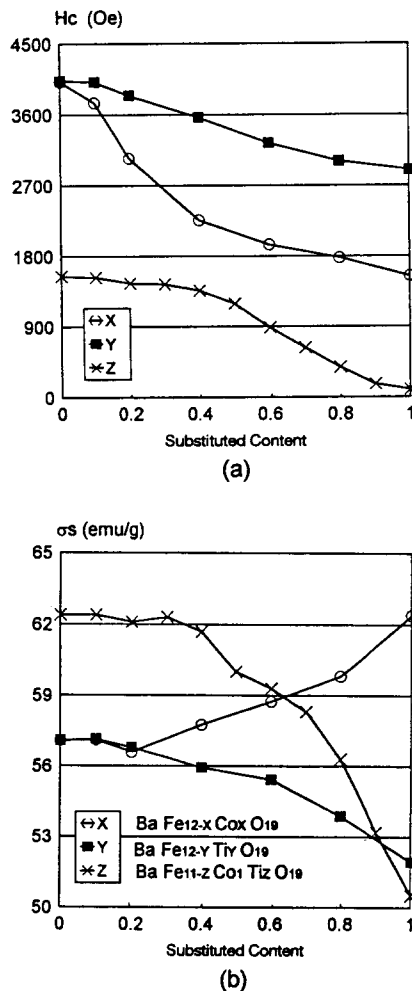


Fig 1. Change in coercivity and specific saturation magnetization of substituted Ba-Ferrite with substituted content of Co<sup>+2</sup> or Ti<sup>+4</sup>.

생성된 spinel block (S-block)을 감소시켜 안정한 magneto-plumbite 구조를 갖는 Ba-Ferrite 입자를 형성시키는 역할을 하는 것으로 판단된다.

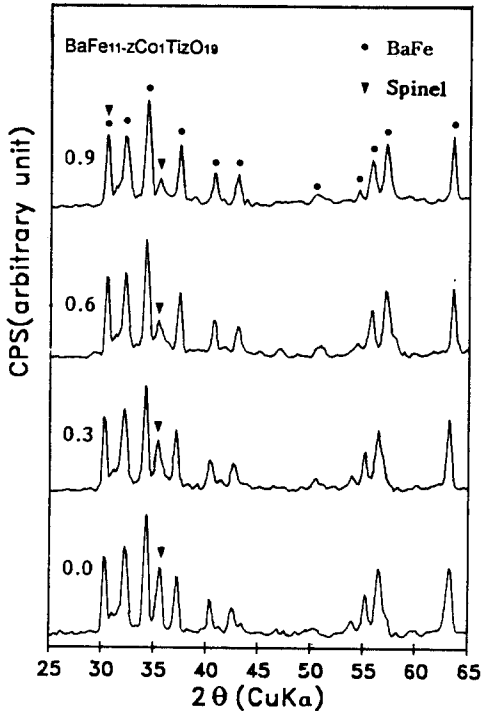


Fig 2. XRD patterns of  $\text{BaFe}_{11-z}\text{Co}_1\text{Ti}_z\text{O}_{19}$  with substituted  $\text{Ti}^{+4}$ .

Fig. 3은  $\text{BaFe}_{11-z}\text{Co}_1\text{Ti}_z\text{O}_{19}$ 에  $\text{Ti}^{+4}$ 의 치환량  $Z$ 를 증가시키에 따라 얻어진 분말의  $\Delta H_c / \Delta T$ 를 20~60℃의 온도범위에서 측정된 결과이다.  $\text{Ti}^{+4}$ 의 치환량이 증가함에 따라 분말의  $\Delta H_c / \Delta T$ 는 증가하다가  $Z=0.7$  이후에서 감소하고 있다.  $\text{Ti}^{+4}$ 의 치환량이 증가함에 따라 분말의  $\Delta H_c / \Delta T$ 가 증가하는 것은 spinel 상의 감소와 관계하며, 이것은 magneto-plumbite 구조내의 S-block은  $\Delta H_c / \Delta T$ 가 negative로 R-block은 positive로 나타난다는 보고<sup>9)</sup>와도 잘 일치하고 있다.  $\Delta H_c / \Delta T$ 가 증가 후 다시 감소하는 이유는 분명하진 않지만,  $\text{Ti}^{+4}$ 의 첨가시 입자크기가 급격히 감소되기 때문에 입자의 결정화 정도가 감소되기 때문인 것으로 생각된다.

사용하는 dopants가 magneto-plumbite 구조내에 균일하게 치환되고 있는가를 판별하기 위해 분말의 보자력 분포도를 파악할 수 있는  $dM/dH$  vs.  $H$  곡선을 측정하였다.  $dM/dH$  vs.  $H$  곡선으로부터 보자력 분포도

를 측정하는 방법과 이 측정방법에 대한 유효성은 앞서

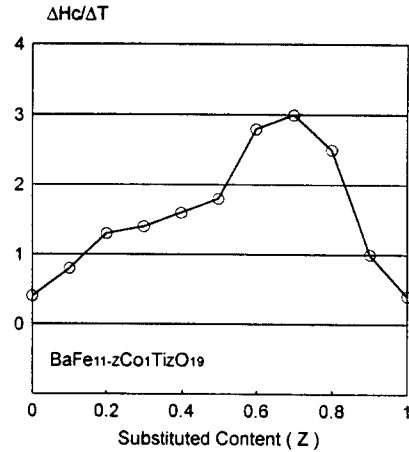


Fig 3. Change in cocrcivity temperature coefficient of  $\text{BaFe}_{11-z}\text{Co}_1\text{Ti}_z\text{O}_{19}$  with substituted  $\text{Ti}^{+4}$ .

보고<sup>14)</sup>된 바와 같다. Fig. 4는 일반식  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Co}_x\text{O}_{19}$ ,  $\text{BaFe}_{12-y}\text{Ti}_y\text{O}_{19}$ ,  $\text{BaFe}_{11-z}\text{Co}_1\text{Ti}_z\text{O}_{19}$ 에서  $\text{Co}^{+2}$ 와  $\text{Ti}^{+4}$  양을 변화시켜 제조한 Ba-Ferrite 분말의  $dM/dH$  vs.  $H$  곡선을 측정된 결과이다. Fig. 4(a)의 경우  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Co}_x\text{O}_{19}$ 에  $\text{Co}^{+2}$ 의 치환량을 증가함에 따라 순수한 Ba-Ferrite 피크 높이는 줄어들고 보다 낮은  $H_c$ 를 갖는 상의 피크 높이가 증가하고 있다. 보다 낮은  $H_c$ 를 갖는 상은  $\text{Co}^{+2}$ 에 의해 생성된 과잉의 spinel 상과 관계가 있음을 Fig. 2의 XRD 측정결과로부터 알 수 있다.  $\text{Co}^{+2}$ 의 치환은 magneto-plumbite 구조내에 과잉의 spinel 상을 형성하여 더 높은  $\sigma_s$ 와  $\Delta H_c / \Delta T$ 를 작게 하지만,  $\text{Co}^{+2}$  이온이 Ba-Ferrite 입자 개개에 대해 불균일하게 치환되어 보자력 분포도를 넓어지게 함을 알 수 있다.  $\text{Ti}^{+4}$ 만 치환한 Fig. 4(b)의 경우  $\text{Co}^{+2}$  치환의 경우와는 달리 매우 날카로운 단일피크만 나타내며 그 위치가 더 낮은 쪽으로 이동하고 있다. 따라서  $\text{Ti}^{+4}$ 의 치환은  $\sigma_s$ 를 감소시키고  $\Delta H_c / \Delta T$ 를 크게 하지만, 보자력 분포도를 좁게 하는 역할을 하고 있음을 알 수 있다. 이 결과는  $\text{Co}^{+2}$ 에  $\text{Ti}^{+4}$ 의 치환량은 증가시킨 Fig. 4(c)의 경우에서도 잘 반영되어  $\text{Co}^{+2}$ 와  $\text{Ti}^{+4}$ 의 역할이 상호보완적인 관계임을 보여준다. Fig. 5는 이 분말에 대한  $dM/dH$  vs.  $H$  곡선의 최대피크의 반치폭 ( $\Delta H$ )을 측정된 결과로  $\Delta H$ 가 작을수록 자화반전이 더욱 급속히 일어남을 의미한다.  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Co}_x\text{O}_{19}$ 의 경우  $X=0.4$ 까지  $\Delta H$ 가 증가하다가 그 이후 다시 감소하고 있다.  $\Delta H$ 가 증가

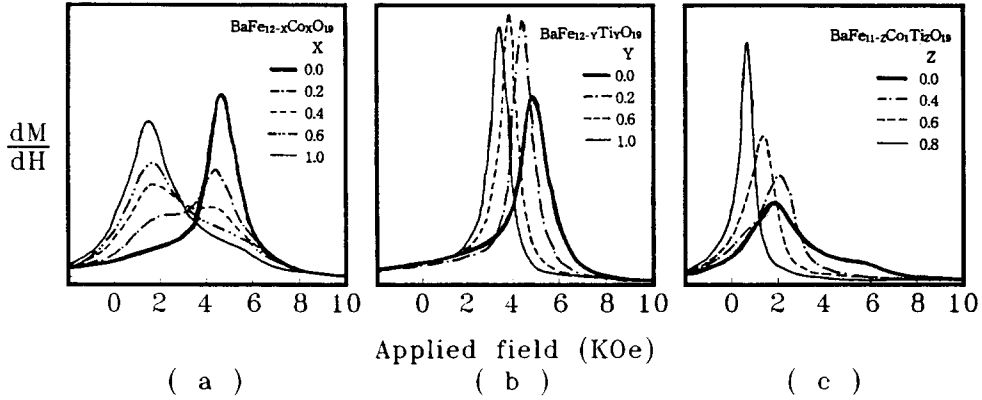


Fig 4. Change in  $dM/dH$  vs.  $H$  curves of substituted Ba-Ferrite with substituted content of  $Co^{+2}$  or  $Ti^{+4}$ .

하다가 다시 감소하는 것은 초기에는 고보자력상의 기여도가 우세하다가  $Co^{+2}$  치환량  $X=0.4$  이후부터는 spinel 상이 불균일 혼입된 저보자력상의 기여도가 우세해지기 때문이다.  $Ti^{+4}$ 만 치환하는  $BaFe_{12-y}Ti_yO_{19}$ 의 경우  $\Delta H$ 는  $Y=0.1$  이후에 거의 일정한 값을 나타내고 있다. 이것은  $Co^{+2}$ 가 없을때  $Ti^{+4}$  치환량이  $Y=0.1$  정도면 분말의 보자력 균일성을 충분히 확보할 수 있음을 의미한다. 또한  $Co^{+2}$ 가 1인  $BaFe_{11-z}Co_1Ti_zO_{19}$ 에서도  $Ti^{+4}$  치환량을 증가시키에 따라 역시  $\Delta H$ 는 감소하고 있다. 이것으로부터  $Co^{+2}$ 의 치환량이 증가될 때 보자력 균일성을 확보하기 위해서는  $Ti^{+4}$ 의 치환량도 증가시켜야 함을 알 수 있었다.

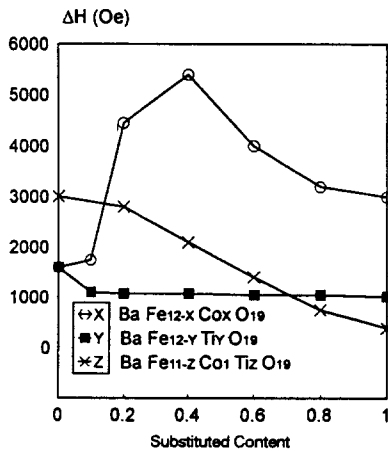


Fig 5. Change in full width half maximum ( $\Delta H$ ) of  $dM/dH$  vs.  $H$  curve of substituted Ba-Ferrite with substituted content of  $Co^{+2}$  or  $Ti^{+4}$ .

Fig. 6은  $Ti^{+4}$ 가 비정질체내에서 결정상의 생성에 미치는 영향을 알아보기 위해 측정된 DTA 결과이다. 유리

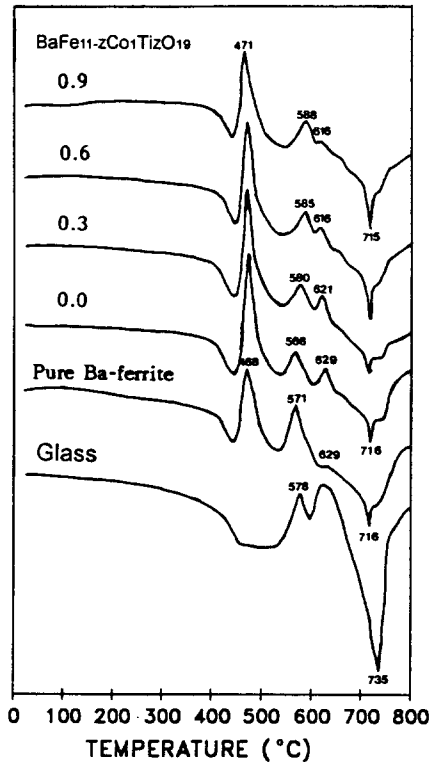


Fig 6. DTA curves of amorphous materials with  $BaFe_{11-z}Co_1Ti_zO_{19}$  composition.

질의 결과로부터 580 °C와 730 °C 부근의 발열과 흡열피크

는 각각 유리질의 결정핵 생성과 용융점을 나타낸다. 순수한 Ba-Ferrite의 경우 470°C 부근의 큰 발열피크가 나타나는 것으로 부터 Ba-Ferrite의 결정핵 생성이 유리질의 핵생성보다 앞서서 이루어짐을 알 수 있다. 630°C 부근의 3차 발열피크는 spinel의 핵생성 온도로 보고<sup>15)</sup>되어 있으며,  $\text{Ti}^{+4}$  치환량을 증가시키에 따라 3차 발열피크가 감소하는 것으로 보아  $\text{Ti}^{+4}$ 가 spinel 상의 생성을 억제하는데 효과가 있음을 이 열분석 결과에서도 알 수 있다.

비정질체내에서의  $\text{Ti}^{+4}$ 가 Ba-Ferrite의 입자크기와 판상비에 미치는 영향을 알아보기 위하여 동일한 열처리 조건하에서 얻은  $\text{BaFe}_{11-z}\text{Co}_1\text{Ti}_z\text{O}_{19}$  분말을 TEM으로 관찰한 결과를 Fig. 7에 나타내었다.  $\text{Co}^{+2}$ 만 치환한

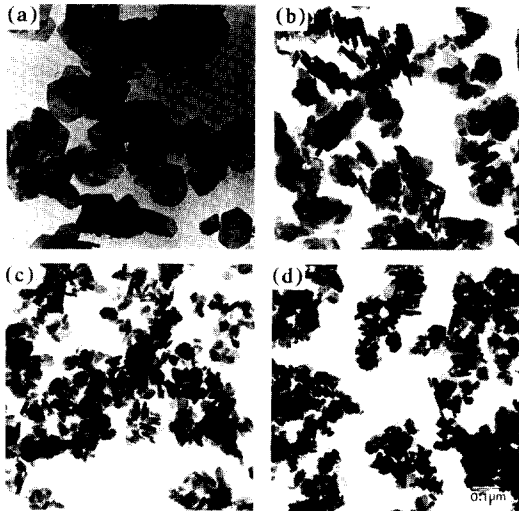


Fig. 7. TEM micrographs of  $\text{BaFe}_{11-z}\text{Co}_1\text{Ti}_z\text{O}_{19}$  particles with substituted  $\text{Ti}^{+4}$  a)  $Z=0.0$ , b)  $Z=0.3$ , c)  $Z=0.6$ , d)  $Z=0.9$

$Z=0$ 인 경우 입자의 형태가 불균일하고, 입자크기가 0.1  $\mu\text{m}$  이상으로 커지게 된다. 여기에  $\text{Ti}^{+4}$  치환량을 증가시키에 따라 입자크기 및 판상비는 크게 감소되며 그 분포도 균일해졌다. 이 결과로부터  $\text{Ti}^{+4}$  치환량을 제어함으로써 고밀도 자기기록용으로 적합한 입자 크기와 판상비의 제어가 가능함을 알 수 있다. Fig. 8은 TEM으로 사진으로부터 측정된 입자크기와 판상비 및 분말의 비표면적을 나타낸 것이다. 입자크기는  $\text{Ti}^{+4}$  치환량  $Z=0.6$ 까지는 크게 감소하고  $Z=0.6$  이상에서는 완만하게 감소되며, 판상비의 경우는  $Z=0.4$ 까지 크게 감소되고 그 이

후에서는 약간씩 감소하고 있다. 이 때 분말의 비표면적은 서서히 증가하다가 일정한 값으로 유지되고 있다. 이는 비정질체내에서  $\text{Ti}^{+4}$ 가 핵생성 촉진제로 작용하여 분말의 입자특성인 입자크기, 판상비 및 비표면적을 효과적으로 제어하고 있다는 것을 의미한다. 따라서  $\text{Ti}^{+4}$ 는  $\text{Co}^{+2}$ 에 의한 과잉의 S-block의 생성량을 줄여 자기적 물성의 균일성을 향상시킬 뿐만아니라 비정질체내에서 핵생성 촉진제로 작용하여 입자특성도 우수하게 하고 있음을 알 수 있다.

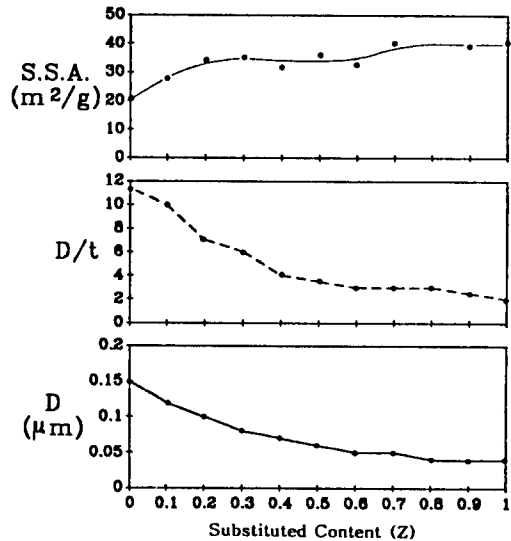


Fig 8. Effects of substituted  $\text{Ti}^{+4}$  on the particle characteristics of  $\text{BaFe}_{11-z}\text{Co}_1\text{Ti}_z\text{O}_{19}$ ; specific surface area (S. S. A), aspect ratio ( $D/t$ ) and particle diameter ( $D$ ).

#### IV. 결 론

$\text{Co}^{+2}$ 의 치환은 magneto-plumbite 구조중 R-block 내 치환과 과잉의 S-block 생성을 촉진시켜 Ba-Ferrite의 높은 보자력을 효과적으로 감소시키고 더 높은 포화자화값을 나타내지만, 입자크기 및 그 분포 뿐만아니라 보자력 분포도를 불균일하게 하는 단점이 있다.  $\text{Ti}^{+4}$ 는 비정질체내에서 핵생성 촉진제로 작용하여 입자크기 및 판상비를 효과적으로 감소시킨다. 또한 포화자화값은 감소시키지만  $\text{Co}^{+2}$ 에 의한 S-block 생성량을 줄여 자기적 물성의 균일성을 높이는 역할을 행하고 있다. 따라서 2가 이온과 4가 이온의 치환량 결정은 더 높은 포화자화값을

얻기 위해 과잉의 2가 이온을 사용한다거나 원자가 보상을 위해 동등량으로 치환하기보다는 자기적 물성과 입자 특성을 고려하여 최적화되어야 함을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- [ 1 ] T. Fujiwara, IEEE Trans. Magn., MAG-23, 3125(1987).
- [ 2 ] H. Yokoyama, T. Ido, M. Isshiki, K. Kurata and T. Fukaya, IEEE Trans. Magn., MAG-28, 2391(1992).
- [ 3 ] T. Miyosh and M. Fujiyama, U. S. Patent, No. 4643941, Fuji Photo Film Co. Ltd., (1987).
- [ 4 ] T. Ido, *에レクト로닉 세라믹스*, 16(73), 49 (1985).
- [ 5 ] E. Ogawa and O. Kubo, J. Mag. Soc. Jap., 15, 681(1991).
- [ 6 ] T. Fugimoto, T. Kimura, K. Ohdan and K. Haneda, *日本應用磁氣學會誌*, 14(2), 81(1990).
- [ 7 ] M. Malassis, H. Zagnazi, P. Poix, C. Chaumont, and J. C. Bernier, J. Mat. Sci., 27, 876(1992).
- [ 8 ] H. Sadamura, N. Sugita, M. Maekawa and N. Nagai, J. Appl. Phys., 7(10), 5559(1994).
- [ 9 ] N. Aoki, *セラミックス*, 26(3), 195(1991).
- [10] H. Yokoyama, O. Kubo, T. Ido and S. Kurisu, *日本應用磁氣學會誌*, 13(3), 487(1989).
- [11] X. Z. Zhou, A. H. Morish, Z. W. Li and Y. K. Hong, IEEE Trans. Magn., MAG-27, 4654 (1991).
- [12] Q. A. Pankhurst, D. H. Jones, A. H. Morrish, X. Z. Zhou and A. R. Corradi, Processing ICF-5 1989 India, Trans Tech Publications Ltd., Acdermannsdorf, switzerland, 1990, P323.
- [13] X. Z. Zhou, A. H. Morrish, Z. Yang and H. X. Zeng, J. Appl. Phys., 75(10), 5556(1994).
- [14] 홍 양기, 박 상준, 정 홍식, *한국자기학회지*, 5(3), 216(1995).
- [15] M. Sugimoto, *에レクト로닉 세라믹스*, 16(73), 9(1985).

## The Effects of Substituted $\text{Co}^{+2}$ and $\text{Ti}^{+4}$ Cations on Magnetic Properties and Particle Characteristics of Ba-Ferrite Powder for Use in High Density Magnetic Recording

Y. K. Hong, S. J. Park and H. S. Jung

*Research Center, Oriental Chemical Industries*

*587-102, Hakik-Dong, Nam-Ku, Inchon, Korea*

(Received 13 July 1995, in final form 7 August 1995)

The sites for  $\text{Fe}^{+3}$  are partly substituted by  $\text{Co}^{+2}$  and  $\text{Ti}^{+4}$  cations to control coercivity of Ba-ferrite particles for use in high density magnetic recording. The substituted  $\text{Co}^{+2}$  cation has very much different effects on magnetic properties and particle characteristics from that  $\text{Ti}^{+4}$  cation has. The decrease in the coercivity with the  $\text{Co}^{+2}$  substitution is attributed to the formation of excessive spinel-block(S-block) in pure Ba-ferrite crystal, while saturation magnetization is increased and the distributions of coercivity and particle size become broad. The substitution with the  $\text{Ti}^{+4}$  decreases the sauration magnetization, but has less effect on a change in coercivity than the  $\text{Co}^{+2}$ . The  $\text{Ti}^{+4}$  acts as a nucleation agent in amorphous phase of formulated compound, and consequently particle size and aspect ratio are decreased. Furthermore, the enhancement of substitution of the  $\text{Co}^{+2}$  for the  $\text{Fe}^{+3}$  sites in rhombohedral-block(R-block) by the  $\text{Ti}^{+4}$  retards the nucleation of spinel phase of Ba-ferrite, which results in uniform magnetic properties of Ba-ferrite particles. It is suggested that the contents of the cations to be substituted for the  $\text{Fe}^{+3}$  sites are optimized on the bases of magnetic properties and particle characteristics rather than on the base of electrical charge balance.