

BaFe<sub>12-x</sub>Al<sub>x</sub>O<sub>19</sub>의 compensation 효과에 대한 연구

국민대학교 물리학과 최동혁, 김삼진, 심인보, 김철성

(The studies of compensation effect for BaFe<sub>12-x</sub>Al<sub>x</sub>O<sub>19</sub>)

Kookmin Univ. Dong Hyeok Choi, Sam jin Kim, In-Bo Shim, and Chul Sung Kim

## 1. 서 론

일반적으로 보상효과(compensation effect)란 결정구조 내 부격자 사이에서 온도에 따라 자화 거동의 차이에 의해서 나타나고, 이에 따라 온도가 증가함에 따라 보상점에서 자화값이 증가하는 현상이 특이하게 나타나며, 보상효과가 나타날 수 있는 대표적인 물질로서 스피넬 페라이트(spinel ferrite; TMFe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, TM: transition metal)나 가넷(garnet; ReFe<sub>5</sub>O<sub>12</sub>, Re: Rear-earth)에서 보고되고 있다[1]. 바륨페라이트는 육방정형 ferri 자성 물질로서 unit cell 내부에 5개의 Fe-sublattice를 가지며, 각각 4f<sub>2</sub>, 2a, 4f<sub>1</sub>, 12k, 2b 이다. 본 연구에서는 순수한 바륨페라이트에서는 보상효과가 나타나지 않으나 Al이 Fe-sublattice에 치환이 됨에 따라 보상효과를 발견하였고, 이에 따른 결정학적 및 자기적 특성에 관한 연구를 수행하였다.

## 2. 실험방법

시료 합성은 졸겔법으로 합성하였으며, 건조하여 얻은 시료를 400 °C에서 하소하였고, 최종적으로 950 °C에서 소결하여 분말 상태의 시료를 얻었으며, Al은 Fe 자리에 0, 1, 2, 3, 4까지 치환하여 각각의 시료를 얻었다. 합성된 시료의 결정학적 특성을 확인하기 위하여 X-선 회절실험(XRD)을 수행하였으며, 진동 시료형 자화율 측정기(VSM)을 통하여 자기적 특성 및 온도에 따른 자화 거동을 확인하였다. 또한 미시자성의 특성을 연구하기 위하여 뫼스bauer 분광실험을 수행하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

BaFe<sub>12-x</sub>Al<sub>x</sub>O<sub>19</sub> (Al=0,1,2,3,4)의 결정학적 특성을 알아보기 위하여 x-선 회절실험 결과 불순물의 2차 상이 없는 순수한 단일상의 육방정계 바륨페라이트 구조임을 확인하였고, 치환량이 증가함에 따라 격자상수는 감소함을 알 수 있었다. 또한 VSM을 통하여 온도에 따른 자화 거동을 확인하였다. 그림 1에서는 BaFe<sub>9</sub>Al<sub>3</sub>O<sub>19</sub> 와 BaFe<sub>8</sub>Al<sub>4</sub>O<sub>19</sub> 시료에 대하여 온도에 따른 자화값의 거동을 나타낸 VSM moment-temperature(M-T) curve를 측정한 결과이다. 측정 결과, 일반적으로 나타나는 바륨페라이트의 M-T curve에서 나타나지 않으며 보상점 이상의 온도에서 자화값이 증가하는 자화 역전의 결과를 얻을 수 있었다. 이러한 결과는 BaFe<sub>10</sub>Al<sub>2</sub>O<sub>19</sub> 시료에서부터 나타나며, 그 결과 및 자기적 특

성을 table 1에 제시하였다. 이러한 결과를 통하여 1 Tesla의 외부 자기장을 인가한 상태에서 M-T curve를 측정한 결과는 온도에 따라 자화 역전이 일어나지 않음을 볼 수 있었는데, 이는 spin rotation의 영향으로 나타나는 현상이 아님을 알 수 있었고, 또한 DSC/TGA 실험결과를 통하여서는 결정학적 상전이가 없음을 확인하였다. 피스바우어 실험을 행하여 본 결과 바륨페라이트의 5개의 sublattice 중 자기이방성 상수  $K_1$  값이  $0.51 \text{ cm}^{-1}/\text{ion}$  을 가지고 octahedral 구조이며 2개의 down spin을 가지는  $4f_2$  site가 보상점 및 보상효과를 보이는 구간에서 급격히 감소함을 알 수 있었다. 이러한 결과로 볼 때 Al이 치환됨에 따른 결정학적 distortion으로  $4f_2$  site 의 특정한 온도 구간에서 급격한 상자성 거동으로 인하여 Al이 치환된 바륨페라이트의 보상효과가 일어남을 알 수가 있었다.

Table 1. Magnetization  $M_S$ , coercivity  $H_C$ , anisotropy field  $H_A$ , anisotropy constant  $K_1$ , curie temperature ( $T_C$ ), compensation temperature  $T_{\text{comp}}$  of  $\text{BaFe}_{12-x}\text{Al}_x\text{O}_{19}$  powders.

x	$M_S$ (emu/g)	$H_C$ (kOe)	$K_1$ ( $10^6 \text{ erg/cm}^3$ )	$H_A$ (kOe)	$T_C$ (K)	$T_{\text{comp}}$ (K)
0.0	58.4	5,041	2.58	15.8	780	-
1.0	44.3	7,562	2.86	21.2	700	-
2.0	30.2	8,726	3.03	28.8	690	530
3.0	9.5	7,170	0.75	28.2	625	490
4.0	4.8	6,906	0.39	28.0	600	450

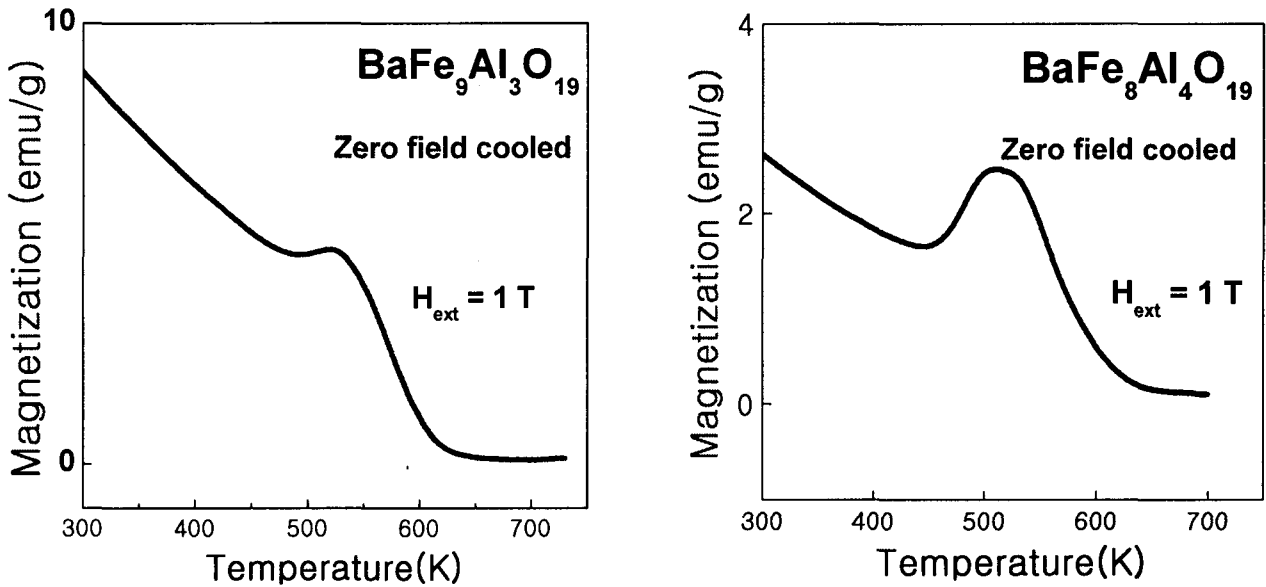


그림 1. VSM M-T curve data for  $\text{BaFe}_9\text{Al}_3\text{O}_{19}$  and  $\text{BaFe}_8\text{Al}_4\text{O}_{19}$ .

참고문헌

[1] Sh. M. Aliev, I. K. Kamilov, and E. V. Savina, Phys. Solid State 36, 290 (1994)