

## Z-type 바리움 페라이트의 상형성과 상분해

남인탁<sup>1\*</sup>, 지성훈<sup>2</sup>, 홍양기<sup>2</sup>

<sup>1</sup>강원대학교 공과대학 신소재공학과, 강원도 춘천시 효자동, 200-701

<sup>2</sup>Dept. of Electrical and Computer Engineering, Univ. of Alabama, Tuscaloosa, AL 35487-0200, USA

### 1. 서론

Magneto-dielectric  $\text{Co}_2\text{Z}$ -type hexa-ferrite ( $\text{Ba}_3\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$ )는 1-2GHz 대역에서 다른 type hexa-ferrite 보다 높은 초기 투자율을 나타내어 microwave device 와 mini-antennae로 사용하기에 적합하다고 알려져 있다 [1]. 그러나  $960^\circ\text{C}$  이하에서 행해지는 LTCC process를 위해서는 낮은 온도에서도 안정된 Z phase를 유지하는 것이 요구된다.  $\text{Co}_2\text{Z}$ -type hexa-ferrite ( $\text{Ba}_3\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$ )는  $1200^\circ\text{C}$  보다 낮은 온도에서  $\text{M}(\text{BaFe}_{12}\text{O}_{19})$ ,  $\text{Y}(\text{Ba}_2\text{Me}_2\text{Fe}_{12}\text{O}_{22})$ ;  $\text{Me}=\text{Co}, \text{Zn}$  및  $\text{W}(\text{Ba}_2\text{Me}_2\text{Fe}_{16}\text{O}_{27})$  type 의 hexa-ferrite로 분해된다고 보고되었다 [2]. 따라서 microwave devices나 antennae 로 사용되기 위해서는 단일 상을 형성하는 온도 보다 낮은 온도에서 단일 상을 유지하면서 높은 투자율을 나타내는 분말의 합성이 요구된다. 본 연구에서는 Co를 Zn로 치환한  $\text{Ba}_2\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$  분말을 공침 법으로 합성하여 합성온도보다 낮은 온도에서 열처리하여 각 온도에서의 상의 형성과 상 분해에 따른 페라이트의 구조 및 자기적 성질의 변화를 조사하였다.

### 2. 실험방법

$\text{Ba}_2\text{Co}_{1-x}\text{Zn}_x\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$  분말의 합성을 위하여 출발 물질로써  $\text{Ba}(\text{NO}_3)_2$ ,  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Co}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_2 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ 를 사용하였다. 출발물질을 몰 비를 조절하여 조성을 결정하였다. 혼합된 분말을 일반적인 공침 법으로 합성하였다. 합성된 분말은 filtering을 거쳐 6시간 동안 건조한 다음  $1350^\circ\text{C}$  에서 열처리하였다. 합성된 분말을  $900^\circ\text{C}$ ,  $1000^\circ\text{C}$  및  $1100^\circ\text{C}$ 에서 6시간을 유지하는 2단계 열처리를 행하였다. 이때 분위기는 조절하지 않았다. 합성된 분말과 2단계 열처리후의 구조와 미세구조를 XRD 와 SEM 으로 관찰하였고 자기적 성질을 VSM으로 구하였다.  $1350^\circ\text{C}$ 에서 합성된 분말을 Ar 분위기에서 온도를 증가시켰다가 다시 냉각 시키면서 상의 형성과 분해반응을 DSC를 통하여 조사하였다.

### 3. 실험결과

합성된 분말과 2단계 열처리 온도에 따른 XRD pattern 의 변화를 Fig. 1에 나타내었다.

열처리 온도가 낮아짐에 따라  $1350^\circ\text{C}$ 에서 M phase 의 intensity 가 증가하고 약한 Y peak 가 나타났지만 Z phase peak의 intensity는 유지되었다. 따라서 2단계 열처리를 통하여도 Z phase는 유지되고 있음을 알 수 있다. Fig.2에 2단계 열처리 온도에 따른 자기적 성질의 변화를 나타내었다. 열처리 온도가 낮아짐에 따라 보자력의 감소와 포화자화의 감소를 확인할 수 있었다. 그러나  $1100^\circ\text{C}$ 에서는 오히려 보자력의 증가와 포화자화 값이 증가함을 관찰 할 수 있었다. 이것은  $1350^\circ\text{C}$ 에서 완전한 Z phase 형성이 이루어지지 않았기 때문이라고 사료된다. 이것은  $900^\circ\text{C}$ 에서 M phase의 형성에도 불구하고 보자력이 감소하는 것으로부터 확인할 수 있다. Fig.3에 DSC 결과를 나타내었다. 그림에서 확인할 수 있듯이 온도의 상승에 따라  $1320^\circ\text{C}$  근방에서 강한 상변화를 관찰 할 수 있는데 이 결과로부터  $1320^\circ\text{C}$ 에서 Z phase가 형성됨을 알 수 있다. 또한 냉각중에 나타난 peak는 Z phase 의 상분해가 일어난 것으로 사료된다.

#### 4. 고찰

$Ba_2Co_{1-x}Zn_xFe_{24}O_{41}$  분말에서 2단계 열처리에 따른 자기적 성질의 변화의 결과는 상의 분해에 따른 결과이며 이 상의 분해는 Z type hexa-ferrite의 열적 안정성에 크게 영향을 미친다고 사료된다. 따라서 Z type hexa-ferrite 가 실제로 microwave device에 적용되기 위해서는 안정된 상의 형성과 분해에 대한 고려가 필요하다.

#### 5. 결론

Co를 일정량 Zn로 치환한  $Ba_2Co_{1-x}Zn_xFe_{24}O_{41}$  분말을 합성하고 합성된 분말을 2단계 열처리를 함으로써 상의 변화를 조사하였다. Z phase 는 1320°C에서 생성된다. 합성시의 불완전한 반응에 의해 낮은 온도에서도 자기적 성질이 우수한 분말을 제조할 수 있음을 알았다.

#### 6. 참고문헌

- [1] P. Lubitz and F.J. Rachford, J. Appl. Phys., **91**, 7613(2002).
- [2] M.A. Vink, Russ. J. Inorg. Chem., **10**, 1144 (1965).

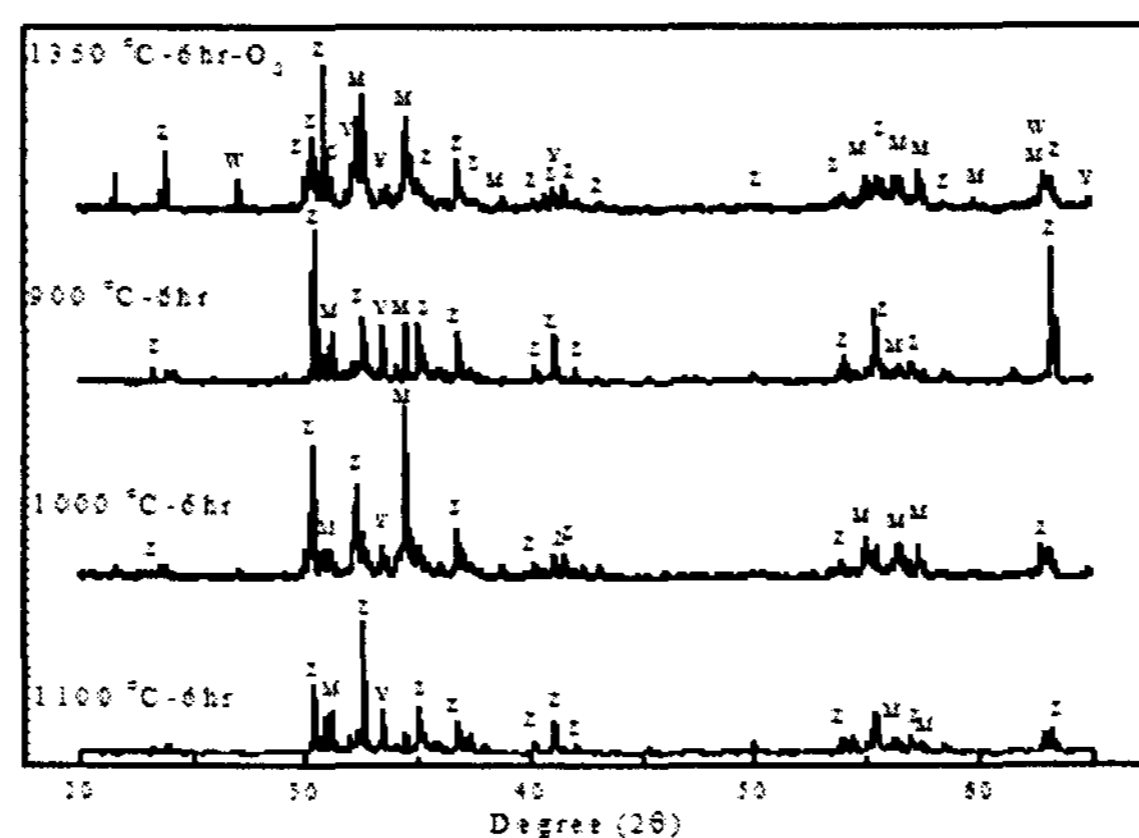


Fig. 1. XRD patterns.

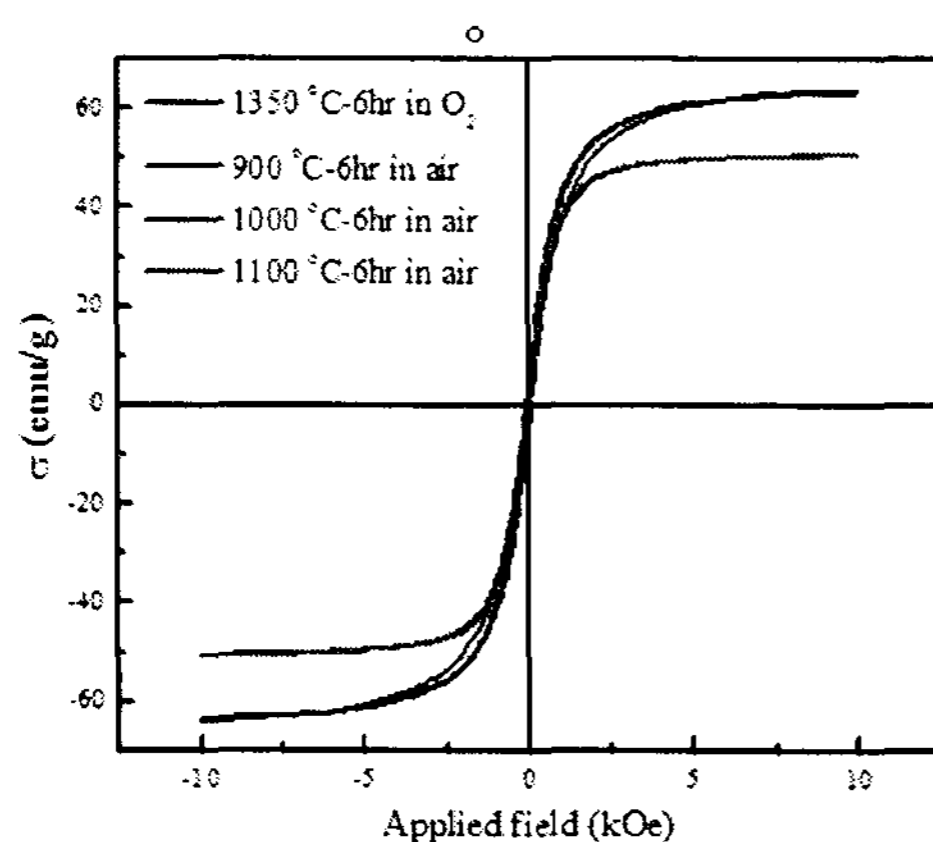


Fig. 2. Hysteresis curves.

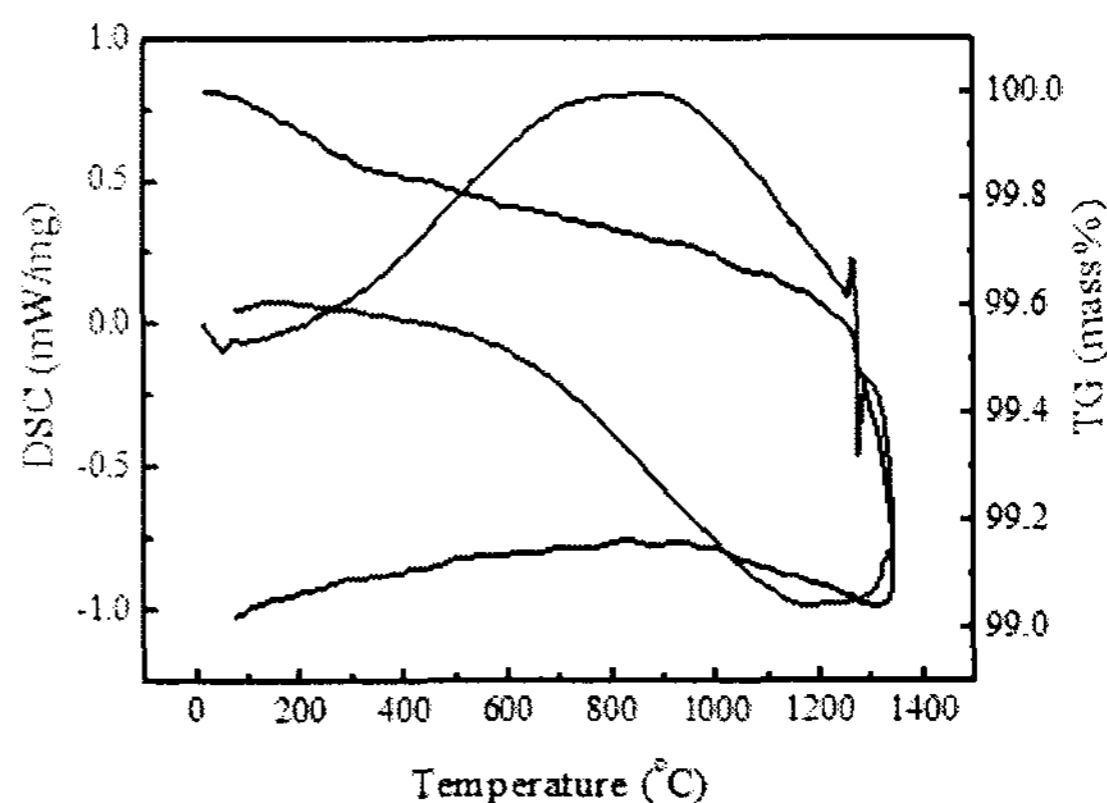


Fig. 3. DSC curves.