

# T-DMB 대역 자성안테나용 Ba<sub>3</sub>Co<sub>1.5</sub>Zn<sub>0.4</sub>Cu<sub>0.1</sub>Fe<sub>24</sub>O<sub>41</sub> 물질의 고주파수 특성 연구

이찬혁\*, 조광래, 김현규, 김삼진, 김철성  
국민대학교 물리학과

## 1. 서론

Co<sup>2+</sup>가 치환된 Z-type hexaferrite (Ba<sub>3</sub>Co<sub>2</sub>Fe<sub>24</sub>O<sub>41</sub>)는 T-DMB 통신용으로 사용되는 200 MHz 영역에서 자성 안테나용 소재로 연구되고 있다. 투자율( $\mu$ )과 유전율( $\epsilon$ )을 동시에 지니는 안테나 소재는  $\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\mu\epsilon}}$  식에 따라서 소형화가 가능하며[1],  $\mu$ 와  $\epsilon$ 의 비율이 1에 근접할수록  $Z_m = \sqrt{\frac{\mu_0\mu_r}{\epsilon_0\epsilon_r}} = Z_0\sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}}$  식에 따라서 임피던스 차이에 의한 방사손실이 감소한다[2]. 또한 전자기파를 수신 및 송신하는 안테나 소재이기 때문에 자성소재를 사용할 경우, 낮은 투자손실( $\tan\delta_\mu = \frac{\mu''}{\mu'} \leq 0.1$ )이 동시에 요구된다[1]. 따라서 본 연구에서는 200 MHz 영역에서 투자율을 향상 시키기 위하여 Zn와 Cu를 치환한 Ba<sub>3</sub>Co<sub>1.5</sub>Zn<sub>0.4</sub>Cu<sub>0.1</sub>Fe<sub>24</sub>O<sub>41</sub> 시료를 직접합성법으로 제조하고, X-선 회절기, 진동시료형 자화율측정기, 회로망 분석기(network analyzer)를 사용하여 결정학적 구조, 자기적 특성 및 고주파수 특성을 분석하였다.

## 2. 실험방법

Ba<sub>3</sub>Co<sub>1.5</sub>Zn<sub>0.4</sub>Cu<sub>0.1</sub>Fe<sub>24</sub>O<sub>41</sub> 시료는 습식 분쇄를 이용한 직접합성법으로 제조하였다. 시작원료로 BaCO<sub>3</sub>, Co<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, ZnO, CuO,  $\alpha$ -Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 사용하였고, Ball mill을 이용하여 균일하게 습식 분쇄하였다. 하소는 1000 °C에서 3 시간 열처리 후에 추가분쇄를 거쳐 다시 1200 °C에서 3시간 열처리하는 추가 하소 방식(2-calcination; 2C)과 1000 °C에서 3 시간 유지 후 1200 °C로 승온하여 3시간 동안 유지하는 계단식 하소 방식(step calcination; SC)의 두 가지 방식으로 진행하였다. 하소한 시료를 PVA와 혼합하여 분쇄한 후, 회로망 분석기 측정을 위한 toroidal 형태(외경 7 mm, 내경 3.04 mm) 및 X-선 회절기, 진동시료형 자화율측정기 측정을 위한 cylinder 형태로 성형하여 다양한 온도에서 소결하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

X-선 회절 분석 결과, 2C와 SC 방식으로 제조된 Ba<sub>3</sub>Co<sub>1.5</sub>Zn<sub>0.4</sub>Cu<sub>0.1</sub>Fe<sub>24</sub>O<sub>41</sub> 시료들은 *P6<sub>3</sub>/mmc* 공간군의 hexagonal 구조로 확인되었으며, 격자상수는 모두 각각  $a_0$ 는 5.882 Å,  $c_0$ 는 52.301 Å로 분석되었다. Fig. 1에 제시된 VSM 측정 결과, 시료들의 포화 자화( $M_s$ )와 보자력( $H_c$ )은 각각 2C 방식의 경우는 271.8 emu/cm<sup>3</sup>, 32.4 Oe로, SC 방식은 264.8 emu/cm<sup>3</sup>, 24.4 Oe로 측정되었다. 1125 °C로 소결하였을 경우, 시료들은 가장 우수한 고주파수 특성을 나타내었으며 이를 Fig. 2에 나타내었다. 2C 방식으로 1150 °C로 소결한 시료는 200 MHz 영역에서 각각  $\mu = 10.2$ ,  $\tan \delta_\mu = 0.07$ ,  $\epsilon = 13.5$ ,  $\tan \delta_\epsilon = 0.020$ 의 특성으로 측정되었다. SC 방식으로 1150 °C로 소결한 시료는 200 MHz 영역에서 각각  $\mu = 12.2$ ,  $\tan \delta_\mu = 0.05$ ,  $\epsilon = 13.3$ ,  $\tan \delta_\epsilon = 0.020$ 의 상대적으로 향상된 특성으로 측정되었으며, T-DMB 안테나 응용할 경우 기존 크기의 0.07 배로 소형화가 가능하며 공기

에 가까운 임피던스  $Z_m = 361 \Omega$  값으로 분석되었다. 이러한 결과는 입자 크기가 증가함에 따른  $H_c$ 의 감소로 인한 hysteresis 손실의 감소와 투자율 향상에 의한 것으로 판단된다. 따라서 상대적으로 열처리를 간소화한 SC 방식을 통하여, 투자율 향상과 투자손실 감소를 동시에 만족하고 T-DMB 대역 자성안테나 소재로써 응용성을 높였다.

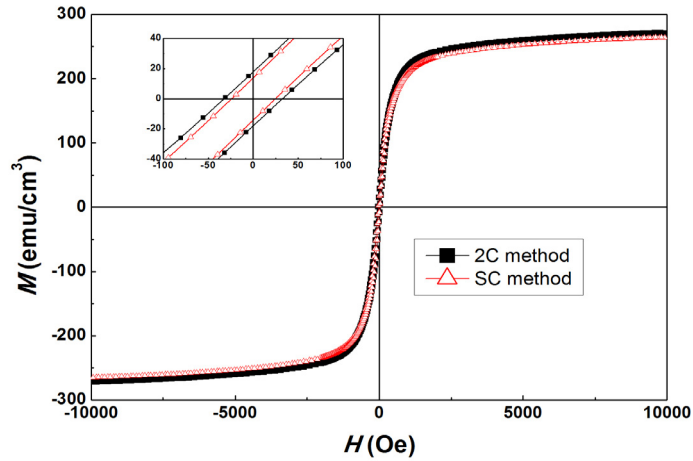


Fig. 1. Hysteresis loops for  $\text{Ba}_3\text{Co}_{1.5}\text{Zn}_{0.4}\text{Cu}_{0.1}\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$  samples.

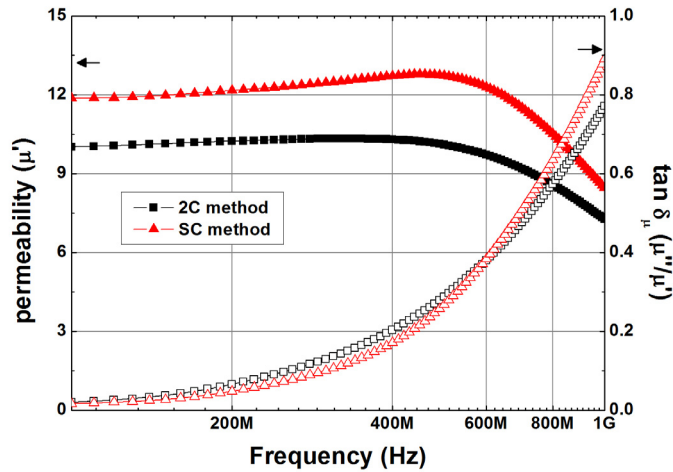


Fig. 2. Frequency dependence of permeability  $\mu'$ , magnetic loss  $\tan \delta_\mu$  for  $\text{Ba}_3\text{Co}_{1.5}\text{Zn}_{0.4}\text{Cu}_{0.1}\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$  samples sintered at  $1150 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## 참고문헌

- [1] J. Lee et al., J. Appl. Phys. **109**, 07E530 (2011).
- [2] A. P. Daigle et al., J. Magn. Magn. Mater. **324**, 3719 (2012).