

Sr이 치환된 Z-type hexaferrite의 고주파수 특성 연구

김현규*, 이찬혁, 조광래, 심인보, 김철성

국민대학교 물리학과

1. 서론

Z-type hexaferrite는 T-DMB, 디지털방송, LTE 통신에 사용되는 100 MHz에서 1 GHz까지의 영역에서 높은 투자율(μ)과 낮은 투자손실($\tan\delta_\mu = \frac{\mu''}{\mu'}$)을 보이는 우수한 자성소재이며, 이를 이용한 안테나 소자 연구가 활발하게 진행되고 있다. 안테나 크기는 파장에 비례하기 때문에, 투자율과 유전율(ϵ)을 동시에 지니는 안테나 소재는 $\lambda = \frac{\lambda_0}{\sqrt{\mu\epsilon}}$ 식에 따라서 소형화가 가능하며, $bandwidth \approx \frac{4\sqrt{\mu}t/\lambda_0}{\sqrt{2\epsilon}}$ 식에 따라서 유전율에 의한 대역폭 감소를 해결할 수 있다[1, 2]. 전자기파를 수신 및 송신하는 안테나 소재의 경우, 낮은 투자손실($\tan\delta_\mu \leq 0.1$)이 만족되어야 하기 때문에 높은 자기이방성으로 우수한 투자손실을 갖는 Co^{2+} 이 치환된 Z-type hexaferrite($Ba_3Co_2Fe_{24}O_{41}$)를 기반으로 연구하였다[1]. 본 연구에서는 고주파수 특성을 향상시키기 위하여 Sr이 치환된 $Ba_{3-x}Sr_xCo_2Fe_{24}O_{41}$ ($x = 0, 1.5$) 시료를 직접합성법으로 제조하고, X-선 회절기, 진동시료형 자화율측정기, 회로망 분석기(network analyzer)를 사용하여 결정학적 구조, 자기적 특성 및 고주파수 특성을 분석하였다.

2. 실험방법

$Ba_{3-x}Sr_xCo_2Fe_{24}O_{41}$ ($x = 0, 1.5$) 시료는 습식 분쇄를 이용한 직접합성법으로 제조하였다. 시작원료로 $BaCO_3$, $SrCO_3$, Co_3O_4 , $\alpha-Fe_2O_3$ 를 사용하였고, Ball mill을 이용하여 균일하게 습식 분쇄하였다. 혼합물을 1250 °C에서 3시간 동안 하소하였고 하소한 시료를 PVA와 혼합하여 분쇄하였다. 분쇄된 시료는 회로망 분석기 측정을 위한 toroidal 형태(외경 7 mm, 내경 3.04 mm)와 X-선 회절기, 진동시료형 자화율측정기 측정을 위한 cylinder 형태로 각각 성형하여 다양한 온도에서 소결하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Fig. 1에 나타난 X-선 회절 분석 결과, 다양한 조건에서 제조된 $Ba_{3-x}Sr_xCo_2Fe_{24}O_{41}$ ($x = 0, 1.5$) 시료들은 $P6_3/mmc$ 공간군의 hexagonal 구조로 확인되었으며, Sr이 치환됨에 따라 격자상수는 각각 a_0 는 5.882에서 5.873 Å로, c_0 는 52.309에서 52.164 Å로 감소하였다. VSM 측정 결과, Sr 치환됨에 따라서 시료들의 포화 자화(M_s)와 보자력(H_C) 모두 각각 261.0에서 241.0 emu/cm³로, 52.7에서 24.4 Oe로 감소하였다. 1125 °C로 소결하였을 경우, 시료들은 가장 우수한 고주파수 특성을 나타내었으며 이를 Fig. 2에 나타내었다. 1125 °C로 소결한 $Ba_3Co_2Fe_{24}O_{41}$ 시료는 540 MHz까지 $\tan\delta_\mu \leq 0.1$ 의 낮은 투자손실을 유지하였으며, 각각 $\mu = 7.5$, $\epsilon = 15.1$, $\tan\delta_\epsilon = 0.009$ 의 특성으로 측정되었다. 1125 °C로 소결한 $Ba_3Co_2Fe_{24}O_{41}$ 시료의 경우, 620 MHz까지 $\tan\delta_\mu \leq 0.1$ 의 낮은 투자손실을 유지하였으며, 각각 $\mu = 8.6$, $\epsilon = 12.4$, $\tan\delta_\epsilon = 0.009$ 의 특성으로 측정되었다. 따라서 $Ba_3Co_2Fe_{24}O_{41}$ 구성에 Sr을 치환($x = 1.5$)함으로써 사용주파수 영역을 향상시키고, 투자율 향상과 투자손실 감소를 동시에 만족하는 우수한 고주파수 특성을 확인하였다.

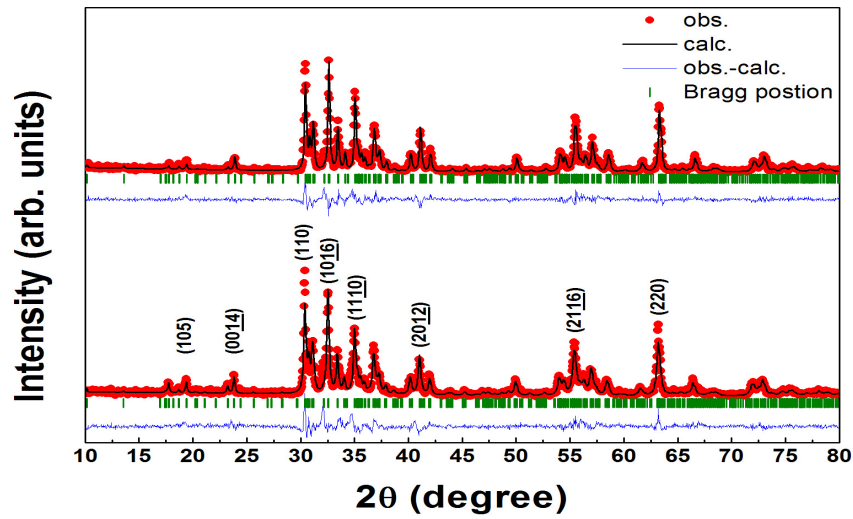


Fig. 1. Refined XRD pattern for $\text{Ba}_{3-x}\text{Sr}_x\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$ ($x = 0, 1.5$) samples.

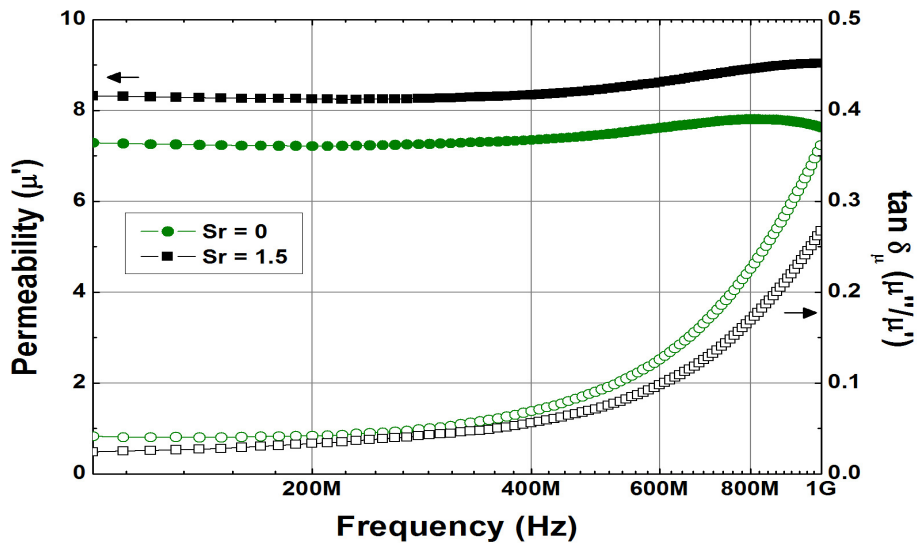


Fig. 2. Frequency dependence of permeability μ , magnetic loss $\tan \delta_\mu$ for $\text{Ba}_{3-x}\text{Sr}_x\text{Co}_2\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$ ($x = 0, 1.5$) samples sintered at 1125°C .

참고문헌

- [1] L. Zhang et al., IEEE Trans. Magn. **47**, 2149 (2011).
- [2] H. C. Hansen and M. Burke, Microwave Opt. Technol. Lett. **26**, 75 (2000).