

Zn가 치환된 Z-type hexaferrite의 고주파 특성 연구

임정태*, 신길수, 김대진, 류대형, 이지수, 김철성

국민대학교 물리학과

1. 서론

최근 무선통신기기의 발달로 인하여 고주파 대역에서의 RF 소재에 관한 연구가 활발히 진행 중에 있으며, 이들 소재의 고효율, 소형화, 광대역화를 위해 투자율과 유전율을 동시에 가지는 자성물질이 각광 받고 있다 [1]. 특히, Z-type hexaferrite는 spinel ferrite보다 높은 자기 이방성에 의해 수백 MHz대역에서 우수한 특성을 보인다. 따라서, 본 연구에서는 직접합성법으로 제조된 $Ba_3Co_{2-x}Zn_xFe_{24}O_{41}$ ($x = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$) 시료의 결정학적과 자기적 특성 및 고주파 특성에 대해 연구하였다.

2. 실험방법

Z-type hexaferrite인 $Ba_3Co_{2-x}Zn_xFe_{24}O_{41}$ ($x = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$) 다결정 분말 시료를 직접합성법 (solid-state reaction method)을 사용하여 제조하였다. 출발 물질로 $BaCO_3$, Co_3O_4 , ZnO , 그리고 Fe_2O_3 를 이용하였으며, 이를 ball mill를 통해 24시간 동안 습식분쇄를 하였다. 혼합물을 $1000\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 3 시간 동안 하소하였으며, 하소 한 시료를 다시 습식분쇄 후, $1200\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 1차 소결을 진행하였다. 최종적으로 내경이 3.04 mm, 외경이 7 mm인 toroid 형태로 성형 후 $1250\text{ }^\circ\text{C}$ 에서 2차 소결 후 $Ba_3Co_{2-x}Zn_xFe_{24}O_{41}$ ($x = 0.0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0$) 분말 시료를 합성하였다. 제조된 시료의 결정학적 특성을 확인하기 위해 Cu-K α 선에 이용한 x-선 회절 실험 (XRD)를 진행 후 Rietveld 방법으로 분석하였다. 진동시료 자화율 측정 (VSM) 실험을 통해 거시적인 자기적 특성을 확인하였으며, 미시적인 자기적 특성을 확인하기 위해 피스바우어 분광 실험을 진행하였다. 시료의 주파수에 따른 μ 와 ϵ 의 특성은 Agilent 사의 E5071C 회로망 분석기를 이용하여 toroid 형태의 소결체로 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

측정된 XRD 결과를 Fullprof 프로그램을 이용하여 분석하였으며, 그 결과 분석구조 인자(R_B)와 Bragg 인자 (R_F)은 5 % 미만으로 $P6_3/mmc$ 공간군을 가지는 hexagonal 구조의 단일상임을 확인하였다. Zn가 치환됨에 따라 시료의 격자상수 a_0 , c_0 는 증가하였으며, 이는 Co 이온의 이온반경보다 큰 Zn 이온의 이온반경에 의한 것으로 판단된다. VSM를 통해 295 K에서 10 kOe까지의 자기이력곡선을 측정하였으며, 모든 시료는 준강자성의 거동을 보였다. Zn가 치환됨에 따라 포화자화 값은 증가하였으며, 이는 비자성 Zn 이온이 down-spin 방향의 tetrahedral site로의 치환의 의한 것으로 판단된다. 또한, 보자력값은 Zn가 치환됨에 따라 감소하였다. 미시적인 자기적 특성을 연구하기 위해 상온에서 피스바우어 분광실험을 실시하였으며, Z-type hexaferrite내에 중첩된 10개의 부격자의 스펙트럼을 6-sextets 형태로 분석하였다. 이성질체 이동치를 통해 모든 부격자에서 Fe^{3+} 상태임을 확인하였고, Zn가 치환됨에 따라 tetrahedral site의 상대적인 면적비가 감소하였다. 회로망 분석기를 통해 100 MHz부터 4 GHz까지 투자율과 유전율을 측정하였으며, 그 결과 Zn가 치환됨에 따라 투자율은 증가하였

다. 따라서, 200 MHz에서 투자율 21.4, 투자손실이 0.1 이하의 값을 가지는 $\text{Ba}_3\text{Co}_{1.5}\text{Zn}_{0.5}\text{Fe}_{24}\text{O}_{41}$ 시료가 자성체 RF 소재로서의 응용가능성이 있음을 확인하였다.

참고문헌

- [1] J. Lee, *et al.*, J. Appl. Phys. **109**, 09E530 (2011).