

Mg_{1-x}Zn_xFeAlO₄(x=0.0~0.3)의 Mössbauer 효과 연구

제주대학교 강애신*, 최원준, 부수영, 홍성락, 고정대

A Study on the Mössbauer Effect of Mg_{1-x}Zn_xFeAlO₄(x=0.0~0.3)

Cheju Nat'l University A. S. Kang*, W. J. Choi, S. Y. Pu, S. R. Hong, J. D. Ko

1. 서론

Ferrite는 낮은 주파수 영역의 용도에서 금속 자성체 및 합금들에 비해 직류 투자율이 훨씬 낮아 포화 자기값이 낮은 원소를 포함하고 있기 때문에 연자성을 가지고 있다. 그러나 ferrite의 특성은 금속 자성 재료의 비저항보다 훨씬 높은 $10^{10} \Omega\text{cm}$ 정도의 극히 높은 비저항을 가지며 고주파 영역에서 거의 와전류의 손실없이 작동할 수 있기 때문에 이에 대한 연구가 많이 이루어져 왔다. 비록 자성의 정도는 떨어지더라도 ferrite에 비자성 이온을 대체시켜 이러한 효과를 향상시키는 노력을 계속하고 있다.

Mössbauer 분광법은 매우 우수한 분해능을 가지고 있어 미시적인 자기적 성질 연구에 매우 유용하게 이용되어 왔다. 따라서 두 종류 이상의 2+ 금속이온을 함유한 혼합형 ferrite의 연구에 Mössbauer 분광법을 이용하면 2+ 금속이온의 자리분포나 온도변화에 따른 자기적 성질의 미시적 변화를 조사할 수 있다. 본 연구에서는 Mg-Zn 혼합형 ferrite에서 비자성 이온인 Al 이온을 Fe 이온과 1:1의 조성을 갖도록 하고 Mg와 Zn 이온의 함량을 변화시켜 site 선호도에 따른 금속 양이온의 재분포 및 이에 따른 격자 구조 변화와 자화 과정을 Mössbauer 분광법을 이용한 미시적 방법으로 조사하였다.

2. 실험방법

본 실험에서는 Fe₂O₃, ZnO, Al₂O₃ 및 MgO를 사용하여 3가의 Fe 이온을 Al로 1 : 1로 대체된 Mg-Zn ferrite를 만들었다. 시료의 조성비는 Mg_{1-x}Zn_xFeAlO₄에서 x를 0.0에서 0.3까지 0.1간격으로 변화시켰으며, 각 시약은 digital 천칭을 사용하여 10^{-4} 까지 정확하게 평량하였다. 평량한 시약들은 잘 혼합하여 전기로 내에서 진공분위기로 1000°C에서 10시간 동안 3차에 걸쳐 소결시켰다. Mössbauer 스펙트럼 측정용 시료로 사용하기 위해 직경 21mm, 두께 1 mm 정도의 pellet으로 제조하였다. 이 시료의 결정상을 확인하기 위해 CuK_α를 사용하는 Rigaku사의 x-선 회절 장치를 이용하였고, Mössbauer spectrum은 전기 역학적 등가속도형 Mössbauer 분광기를 사용하였다. 이 때 사용된 γ 선원은 Dupont 사의 Rd에 electrodeposit시킨 10 mCi Co⁵⁷ 동위 원소였다. 저온 실험을 위해 APD 사의 model CS-202 displax 장치를 이용하였고 고온 실험을 위해 Austin 사의 furnace를 이용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Mg_{1-x}Zn_xFeAlO₄의 X-ray 회절선을 상온에서 측정한 결과 모든 시료는 면심입방 구조를 갖는 spinel 단일상만 나타나는 것을 알 수 있었다. MgFeAlO₄(x=0.0)에 대해 Nelson -Riley 외삽합수를 이용하여 정밀한 격자상수를 구하였으며 이로부터 구한 격자상수 값은 x=0인 시료가 8.37 Å이다.

300K에서 측정된 x 가 0인 시료의 Mössbauer spectrum은 외관으로도 구별할 수 있는 두 쌍의 magnetic hyperfine splitting에 의한 공명 흡수선 외에 중앙의 quadrupole splitting에 의한 공명 흡수선이 중첩된 형태로 나타났으며 x 값이 증가함에 따라 이 quadrupole splitting에 의한 공명 흡수선의 intensity가 감소하는 현상을 보이고 있다.

이 spectrum으로부터 구한 구조식을 분석한 결과 중앙에 나타나는 doublet은 tetrahedral site에 존재하는 Al 이온에 의한 것임을 알았다. Al^{3+} 가 이온은 일반적으로 octahedral site를 선호하는 것으로 알려져 있으며 site 분포는 tetrahedral과 octahedral site에 2:8, 또는 3:7 정도의 비율로 점유하는데 x 값이 증가함에 따라 tetrahedral site를 강하게 선호하는 Zn 이온에 밀려 점차적으로 octahedral site에 점유하게 된다. 이러한 경향은 고온 실험에서도 나타나는데 상 변화 후에 나타난 quadrupole splitting에 의한 peak에서 비대칭에서 대칭으로 변하는 과정에서도 알 수 있다. $Mg_{1-x}Zn_xFeAlO_4$ 의 Neel 온도는 x 값이 커짐에 따라 각각 600K, 590K, 575K 및 560K에서 나타났다.

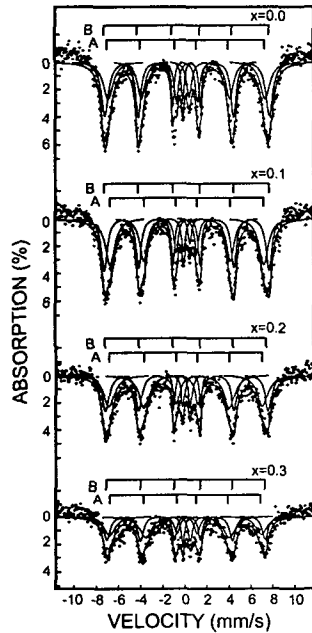


Fig. 1. The Mössbauer spectra of ($x=0.0\sim 0.3$) at 300K

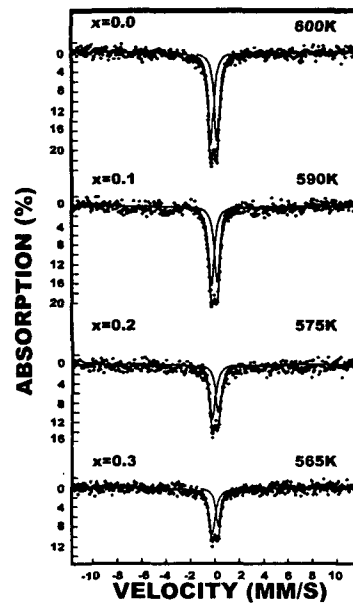


Fig. 2. The Mössbauer spectra of ($x=0.0\sim 0.3$) at high temperature

4. 참고문헌

- [1] Alex Goldman, Modern Ferrite Technology.(1990).
- [2] L. Cser. et al., Phys. Stat. Sol. 27, 131 (1968).
- [3] N. M. Jani, et al, Hyperfine Interactions 110, 227(1997)
- [4] S. K. Kulshreshtha, J. Mater. Sci. Lett., 5, 638(1986)
- [5] O. Josyulu and J. Sobhanadri, Phys. Stat. Sol.(a), 59, 323(1981)