

# 반강자성 $\text{LiCo}_{0.99}^{57}\text{Fe}_{0.01}\text{PO}_4$ 물질의 저온 Mössbauer 분광학 연구

이찬혁, 이인규, 김우철\*, 김삼진, 김철성  
국민대학교 물리학과, 서울 136-702

## 1. 서론

$\text{LiCoPO}_4$  물질은 반강자성 물질로써, 저온에서의 여러 가지 전자기적 현상과 큰 자기 이방성을 보이며 최근에는 2차 전지 양극활 물질로도 사용되며 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 연구에서는 저온에서의 미세적 자기 특성 변화를 규명하기 위하여 동위원소  $^{57}\text{Fe}$ 를 치환하여 Mössbauer 분광 측정을 이용하였다. 또한 외부 자장의 영향을 알아보기 위해 4.8 T의 자장을 걸어 그에 따른 시료의 특성 변화를 관찰하였다. 또한 결정학적 특성과 거시적 자기 특성을 측정하기 위해 X-ray diffraction (XRD), Superconducting Quantum Interference Devices (SQUID) 자화율 측정기를 사용하였다.

## 2. 실험방법

시료를 직접 합성법을 통하여 합성하였으며, 출발 물질로는  $\text{Li}_2\text{CO}_3$ ,  $(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{CoO}$  그리고 동위원소  $^{57}\text{Fe}$  분말을 사용하였다. 이를 균일하게 섞고 Ar gas 분위기로  $400^\circ\text{C}$ 에서 하소한 뒤, 2 ton의 압력으로 성형하고 석영관에 진공 봉합하였다. 봉합된 시료를 10시간 동안  $700^\circ\text{C}$ 에서 열처리하여 분말 형태의  $\text{LiCo}_{0.99}^{57}\text{Fe}_{0.01}\text{PO}_4$  시료를 얻었다.

XRD 측정을 통하여 시료의 결정성을 확인하였고, SQUID 자화율 측정기를 이용하여 시료의 자기적 특성을 측정하였다. Mössbauer 분광 측정을 통하여 초미세 자기장의 변화를 관측하여 시료의 미세적 자기 특성을 연구하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

XRD pattern은 FULLPROF 프로그램으로 분석하였으며,  $^{57}\text{Fe}$  치환 전과 동일한 사방정 구조의 단일 상 분말로 확인되었다. 공간군은  $Pnma$ 이며, 격자상수는 각각  $a_0 = 10.200 \text{ \AA}$ ,  $b_0 = 5.919 \text{ \AA}$ ,  $c_0 = 4.699 \text{ \AA}$ 으로 분석되었다. SQUID 자화율 측정기로 온도에 따른 자화를 측정한 결과, 9 K 이상에서는 일반적인 반강자성 현상을 보이거나 9 K 이하에서는 자화 값의 급속한 증가를 보였다. Mössbauer 분광 측정은 4.2 K에서 상온까지 다양한 온도에서 측정되었으며, 감마선원으로 Rhodium에 분산된  $^{57}\text{Co}$ 를 사용하였다. 9 K 이하에서의 자화 값 증가를 규명하기 위하여 4.8 T의 자장을 인가하며 Néel 온도 이하에서 실험을 수행하여, 자장의 유무에 따라 변하는 스펙트럼을 분석하였다. 외부 자장이 없을 경우는 9 K 전후의 큰 변화가 없으나, 자장을 인가해줄 경우에는 핵에 작용하는 초미세 자기장의 큰 증가를 확인할 수 있었다. 또한 핵 주변의 전하분포에 따른 전기사중극자 분열치 또한 변화함을 확인하였다.

## 4. 참고문헌

- [1] B. B. V. Aken, J.-P. Rivera, H. Schmid, and M. Fiebig, *Nature*, **449**, 702 (2007).
- [2] D. Vaknin, J. L. Zarestky, L. L. Miller, J.-P. Rivera, and H. Schmid, *Phys. Rev. B*, **65**, 224414 (2002).
- [3] H. Ehrenberg, N. N. Bramnik, A. Senyshyn, and H. Fuess, *Solid State Sciences*, **11**, 18 (2009).

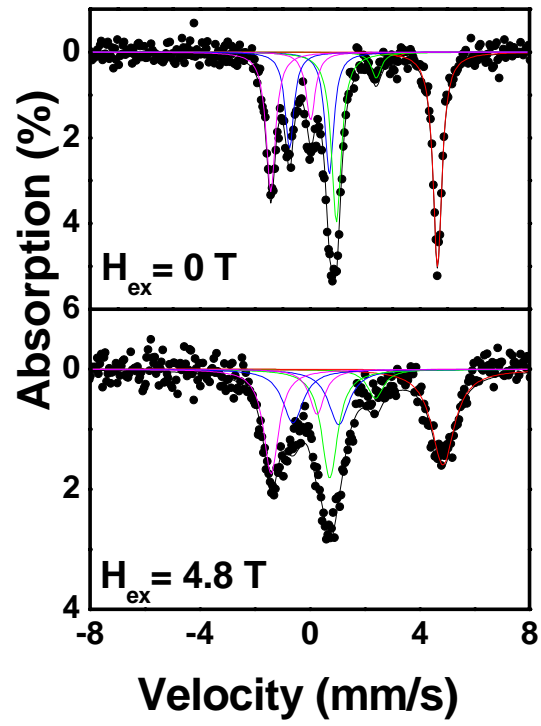


그림 1 4.2 K에서  $\text{LiCo}_{0.99}\text{Fe}_{0.01}\text{PO}_4$ 의 Mössbauer 분광 스펙트라