

LiFePO₄의 spin reorientation 특성 연구

방소연*, 최현경, 김연준, 김주현, 김호진, 유규향, 이성룡, 한종대, 김문환, 김철성
국민대학교 물리학과

1. 서론

리튬 이온 전지는 차세대 에너지 저장 장치로 에너지 밀도가 높으며 충방전이 가능한 장점을 가지고 있다. 올리빈 구조의 LiFePO₄는 리튬 이온전지의 양극활 물질은 제조 비용이 낮고 친환경적이며 충방전 특성이 우수하여 각광받고 있다.[1] 본 연구에서는 양극활 물질 LiFePO₄의 결정학적 특성과 자기적 특성을 연구하였으며 저온에서의 spin reorientation 특성을 발견하였다.

2. 실험방법

본 연구에서는 직접합성법을 통하여 LiFePO₄ 분말 시료를 제조하였다. 출발 물질 Li₂CO₃, NH₄H₂PO₄, FeC₂O₄·H₂O 를 계산된 당량비로 혼합하여 agate mortar 에서 갈아 준 후에 Ar 가스 분위기에서 350 °C 로 하소하였다. 그리고 다시 agate mortar 에서 갈아준 뒤 pellet으로 성형하였다. pellet 형태의 시료를 석영관에 넣고 진공 봉합한 후에 700 °C 로 소결하였다. X-선 회절 실험을 통하여 제조된 시료의 결정학적 특성을 측정하였으며 Rietveld 분석법을 이용하여 회절 pattern을 분석하였다. 진동 시료 자화율(VSM) 실험과 피스바우어 분광 실험은 4.2 K 에서 295 K 의 온도 구간에서 실시되었으며 통하여 시료의 자기적 특성을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

LiFePO₄ 물질은 공간군 *Pnma*의 orthorhombic 구조로 분석되었다. 4.2 K 부터 295 K 의 온도 구간에서 VSM 실험을 실시하여 ZFC-FC 곡선을 얻을 수 있었고 नी온도 ($T_N = 51$ K) 이하에서 상자성체에서 반강자성체로 상전이 발생을 확인하였다. 또한 25 K 에서 spin reorientation 현상을 확인하였다. 시료의 spin reorientation 현상을 알아보기 위하여 피스바우어 분광 실험을 실시하였다. नी온도 이하의 온도 구간에서 피스바우어 스펙트럼은 8개의 비대칭 흡수선으로 관측되었다. spin reorientation 현상을 확인하였던 25 K 에서 초미세 자기장 값과 전기 4중극자 분열치의 기울기가 크게 변하는 것으로 분석되었다. LiFePO₄ 물질의 Fe 이온은 모든 온도 구간에서 Fe²⁺ 상태인 것으로 확인하였다.

4. 참고문헌

[1] A. K. Padhi, K. S. Nanjundaswamy, and J. B. Goodenough, *J. Electrochem. Soc.* **144**, 1188 (1997).