

토크 측정을 이용한 자기적 또는 자기전기적 (Magnetoelectric) 효과 연구

조연정

이화여자대학교 물리학과

발표분야 [8] Magnetic Oxides and Multiferroic

고체 내에서 전자는 서로 강한 상호작용을 하며 다양하고 흥미로운 물리적 현상이 나타난다. 전자 간 상호작용의 본질을 분석하기 위해서는 스핀-전하-궤도-격자 자유도 사이의 결합 관계를 체계적으로 이해하는 것이 중요하다. 일반적으로 강유전성이나 강자성 현상이 나타나는 물질은 많이 있고 이들은 전혀 연관이 없는 현상이지만, 특정한 물질에서는 강유전성과 강자성이 서로 밀접하게 연관됨을 발견되었고 이에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이를 다중강성 물질(multiferroic)이라 하며, 이 물질의 성질은 전하분극에 따른 격자의 변형이 자기적 성질과 강하게 결합되어 있어 자기전기적 (magnetoelectric) 효과로 나타난다. 즉, 다중강성 물질의 물리적 성질에 기여하는 요인은 강유전성을 결정하는 전하와 격자의 상호작용과 더불어 자성을 결정하는 스핀과 궤도의 상관성이다[1,2]. 따라서 전자의 강상관성을 고려한 전하-격자 및 스핀-궤도 상호작용 그리고 그로 인해 유도되는 스핀과 격자의 결합현상을 포함한 통합적인 분석이 필요하다.

본 연구에서는 그림 1과 같이 다중강성 물질 중 공동선형(collinear) 이징(Ising) 사슬구조인 $\text{Ca}_3\text{Co}_{1.04}\text{Mn}_{0.96}\text{O}_6$ 의 자기전기적 효과와 자기장에 의한 상전이에서의 분극과 유전을 변화 측정을 수행하였다. 이 물질은 Co^{2+} 와 Mn^{4+} 이온이 교차적으로 $\uparrow\downarrow$ 정렬상태로 존재함에 따라 이온간의 반전 대칭(inversion symmetry)이 깨지면서 강유전적 성질이 나타난다. 한편 사슬 방향으로 자기장을 가하면 Co^{2+} 와 Mn^{4+} 이온의 스핀들이 재정렬하면서 반전 대칭이 회복되면서 강유전성 현상이 사라짐을 측정하였고, 중성자 산란 실험으로 직접 스핀정렬 상태를 확인하였다[3].

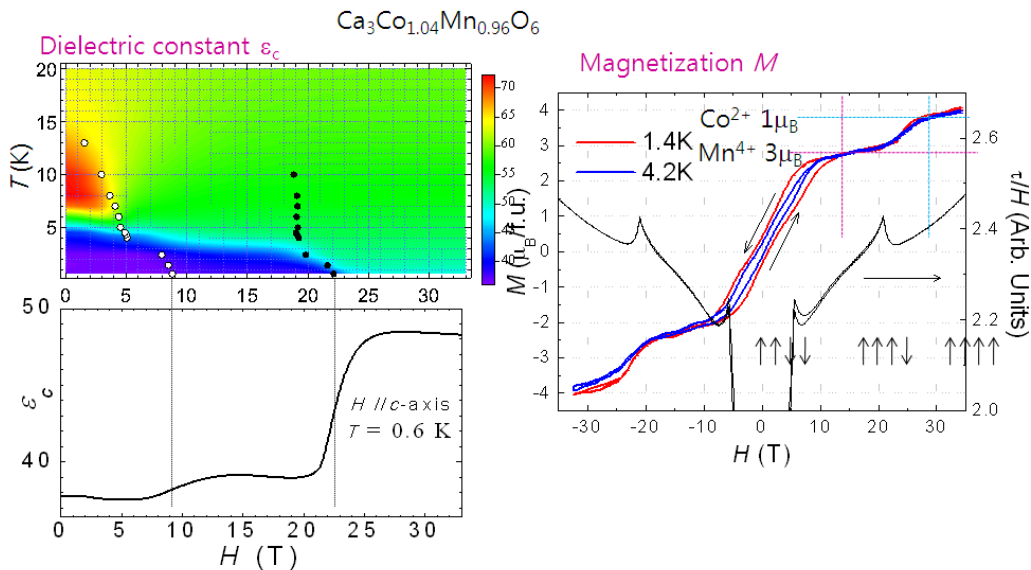


그림 1. $\text{Ca}_3\text{Co}_{1.04}\text{Mn}_{0.96}\text{O}_6$ 의 자기장에 의한 전기적, 자기적 성질 변화 측정 결과[3]

일반적으로 스핀의 정렬에 의한 자기적 성질은 상용화 된 SQUID나 VSM을 사용하지만 본 연구에서는 토크 측정이라는 새로운 측정방법을 도입하였다. 토크 측정은 물질 고유의 자기적 성질을 이해하는데 사용되는 강력한 기법이다. 이 기법의 장점은 1) 토크 신호가 주어진 자기 모멘트에 대해 자기장과 선형으로 증가하고 2) 오직 자기화의 수직한 요소에만 의존하기 때문에 비등방성을 민감하게 조사할 수 있고 3) SQUID 보다 훨씬 빠른 시간 내에 측정이 가능하고 매우 작은 공간 ($<1 \text{ cm}^3$) 안에 쉽게 장착할 수 있어서 극저온, 고 자장 실험에 유용하게 사용될 수 있다.

[1] Y. Tokura Science 312, 1481 (2006)

[2] T. Kimura et al. Annu. Rev. Mater. Res. 37, 387 (2007)

[3] Y. J. Jo et al. Phys. Rev. B 79, 012407 (2009)