

La_{1-x}Ca_xMnO₃에서 La¹³⁹ 핵자기 공명 연구

한국과학기술원 도중회*, 김일룡, 이순철

La¹³⁹ nuclear magnetic resonance study in La_{1-x}Ca_xMnO₃

KAIST Joonghoe Dho*, Ilryong Kim, Soonchil Lee

1. 서론

La_{1-x}Ca_xMnO₃은 상전이 온도 부근에서 거대자기저항 현상으로 인하여 최근 많은 연구가 진행되고 있다. 이 물질은 조성비에 따라 다양한 전기적, 자기적 성질을 보이는 것으로 알려져 있다. 요약하면, $x = 0, 1$ 에서는 반강자성 부도체의 성질을, $0 < x < 0.2$ 에서는 강자성 부도체의 성질을, $0.2 < x < 0.5$ 에서는 강자성 금속성을, 그리고 $0.5 < x < 1$ 에서는 반강자성 부도체의 성질을 나타내는 것으로 알려졌다[1]. 그러나 조성비에 따른 정확한 전기적, 자기적 Phase diagram에 관해서는 논란이 많다. La_{1-x}Ca_xMnO₃에서 상자성 상태에서 강자성으로 전이와 동시에 부도체에서 금속으로의 전기적 상전이는 O²⁻를 통한 Mn³⁺와 Mn⁴⁺ 사이에 전자의 이중 교환으로 설명되고 있다[2].

La_{1-x}Ca_xMnO₃에서 magnetic ion인 Mn⁵⁵의 핵자기 공명 연구는 $0.125 < x < 0.3$ 에서 보고된 바가 있으나[3], La¹³⁹의 핵자기 공명에 관한 보고는 아직 되고 있지 않다. 이 물질에서 Mn⁵⁵은 magnetic ion이고 La¹³⁹는 non-magnetic ion이다. 따라서, La¹³⁹의 핵자기 공명 실험을 할 경우 Mn⁵⁵ 핵자기 공명 실험을 할 경우와 다르게 La 핵 주위의 극소적인 자기적 성질을 연구할 수 있다.

2. 실험

Standard solid-state reaction method로 제조된 polycrystalline 시료에서 펄스 핵자기 공명 방법을 이용하여 외부 자기장 10 kOe까지 스핀메아리를 측정하였다. 77 K에서 상온까지 온도에 따른 스핀에코 스펙트럼을 측정하였다. SQUID Magnetometer를 이용하여 온도에 따른 자화곡선과 자기이력 곡선을 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

$x = 0.3$ 의 시료에서 La¹³⁹ 핵자기 공명신호는 90 K에서 14 - 30 Mhz의 주파수 영

역에서 약 4 Mhz의 선폭을 갖고 관측되었다. 이 공명주파수는 온도가 증가함에 따라 약간 감소하였고 선폭은 거의 변화가 없었다. 일반적으로 강자성체의 영자기장 핵자기 공명주파수는 시료의 거시적 자화에 비례하는 것으로 알려졌다. 그러나 이 물질에서 영자기장 핵자기 공명주파수는 온도에 따른 자화곡선을 따르지 않고 온도가 증가하더라도 신호관측이 가능한 온도 영역까지의 온도 범위에서 약간의 감소만 있었다. 따라서 이 물질의 경우 온도가 증가함에 따라 강자성에서 상자성으로의 상전이는 시료 전체에 걸쳐 자화가 감소되면서 이루어지는 것이 아니라 국소적으로 거의 포화자화에 가까운 강자성 cluster가 소멸하는 과정을 거치는 것으로 생각된다.

외부자기장에 따른 중심주파수의 측정으로부터 외부자기장 약 3.5 kOe에서 시료는 단일자구를 형성하는 것을 알았고, 외부자기장이 증가함에 따라 중심주파수가 증가하는 것으로 부터 La핵에 작용하는 국소자기장의 부호가 양임을 알았다. 외부자기장에 따른 다중자구와 단일자구의 중심주파수 차이로 부터 자기소거장의 크기가 약 2.8 kOe임을 알았다.

온도에 따른 자화곡선의 측정으로부터 강자성 상전이 온도가 약 270 K인 것을 알았고, 외부자기장 7 T까지 자기이력곡선을 측정함으로써 보자력이 약 200 Oe 정도인 연자성 물질임을 알았다.

- [1] P. Schiffer *et. al*, Phys. Rev. Lett. **75**, 3336 (1995).
- [2] C. Zener, Phys. Rev. **82**, 403 (1951).
- [3] G. Matsumoto, J. Phys. Soc. Japan **29**, 615 (1970).