

광음향효과를 이용한 $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ 의 열전도 특성연구

한국의국어대학교 한종철*
 김영준
 이호행
 이보화

Photoacoustic investigation of the thermal conductivity in $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$

Hankuk University of Foreign Studies J. C. Han*
 Y. J. Kim
 H. H. Lee
 B. W. Lee

1. 서론

초거대자기저항 효과를 나타내는 $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ 는 온도의 변화에 따라 상자성-강자성 상전이가 일어나며, 강자성 전이 온도 T_c 부근에서 도체-부도체 상전이 현상이 일어난다. 이러한 $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ 의 상전이는 광음향 측정을 통하여 2차 상전이임을 알 수 있었다.¹ 이와 같이 다양한 상전이 현상을 보이는 $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ 의 열전도도를 강자성 전이 온도 부근에서 광음향 신호와 비열 측정으로부터 분석하였다.

2. 실험방법

$\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ 을 고체상태반응법으로 제작하였다. 시료의 온도에 따른 비열은 DSC (Differential Scanning Calorimeter; Perkin Elmer DSC6)를 이용하여 측정하였고, 광음향 측정은 CCR(Closed Cycle Refrigerator)을 이용한 저온용 광음향 측정 장치를 사용하였다.¹

3. 실험결과 및 고찰

RG(Rosenwaig와 gersho)이론에 따르면 온도에 따른 광음향 신호의 크기 $Q(T)$ 는 다음과 같이 쓸 수 있다.²

$$Q(T) ; f(T)[C(T)K(T)]^{-1/2} \quad (1)$$

여기서 $f(T)$ 는 광음향 셀의 모든 열적 특성을 설명하는 온도인자 함수로, T^{-1} 의 값을 따른다. $C(T)$ 와 $K(T)$ 는 각각 온도 T 에서의 시료의 비열과 열전도도이다. 식 (1)에 따르면 비열 또는 열전도도의 갑작스러운 변화는 광음향 신호의 변화를 가져온다. 그림 1(a)는 $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ 의 온도를 올리면서 측정한 광음향 신호의 크기를 나타낸 것이다. 광음향 신호의 변화가 시료의 T_c 인 249K 부근에서 일어남을 알 수 있으며, 이는 T_c 에서 상자성-강자성 또는 도체-부도체 상전이로 인한 비열 또는 열전도도의 변화가 일어남을 의미한다. 비열과 열전도도의 곱 $C(T)K(T)$ 는 식(1)에 의해 $(QT)^{-2}$ 에 비례한다. 그림 1(b)는 $\text{La}_{0.7}\text{Ca}_{0.3}\text{MnO}_3$ 의 광음향 신호로부터 구한 상대적인 비열과 열전도도의 곱 $C(T)K(T)$ 를 나타낸 것이다. 온도가 감소함에 따라 $C(T)K(T)$ 의 상대적인 값이 T_c 에서 급격히 변하는 것을 알 수 있다. $C(T)K(T)$ 의 상대적인 값

은 T_c 이하의 강자성 금속적 상태에서 T_c 이상의 상자성 부도체적 상태에서의 값보다 크다. 그림2(a)는 DSC를 이용하여 측정된 비열을 나타낸 것으로서, 비열의 이상변화는 상전이 현상과 연관된 내부 에너지의 변화에 기인한다. 비열의 최고치 온도는 자화를 측정으로부터 구한 전이온도와 잘 일치하며, 이것은 이상변화가 내부에너지 변화로 생겨난 자기적 전이와 함께 자기적 정렬에 의해 일어나는 것임을 알 수 있다. 그림2(b)는 RG 이론에 의해 비열과 열전도도의 곱으로 얻어지는 광음향 신호와 DSC로 측정된 비열 $C(T)$ 로부터 구한 상대적인 열전도도 $K_{rel}(T)$ 를 나타낸 것이다. T_c 이상의 상자성 부도체 상태에서는 $K_{rel}(T)$ 는 비정질 고체에서와 같이 포논 산란의 특성을 보이고 있다. T_c 이하의 금속적 상태에서는 온도가 낮아짐에 따라 $K_{rel}(T)$ 가 증가하고 있다. 이는 온도의 감소에 따라 열전도도가 증가하는 정렬된 고체(ordered solid)의 일반적인 행동으로 포논-포논 산란의 감소와 증가된 전자에 기인한다.

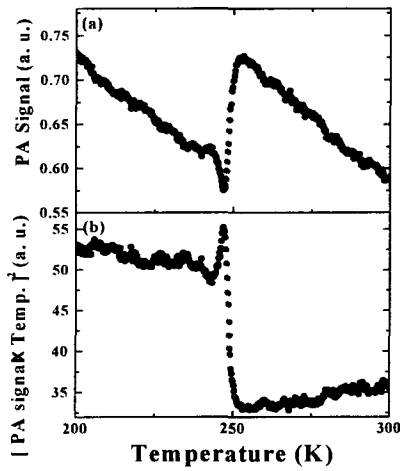


Fig1. (a)Temperature dependence of the PA signal with increasing temperature for $La_{0.7}Ca_{0.3}MnO_3$. (b) Temperature dependence of $(PA\ signal \times temp)^{-2}$.

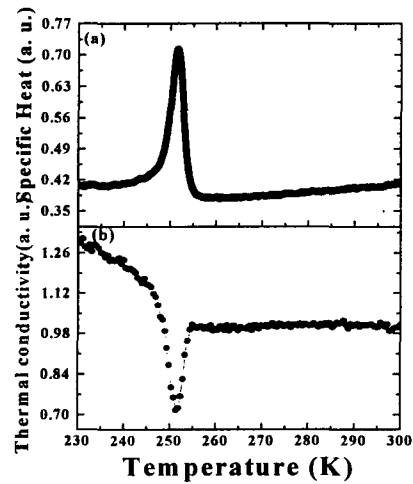


Fig2. (a)Temperature dependence of specific heat for $La_{0.7}Ca_{0.3}MnO_3$. (b)The relative thermal conductivity $K_{rel}(T)=(QT)^{-2}/C(T)$ for $La_{0.7}Ca_{0.3}MnO_3$.

4. 결론

$La_{0.7}Ca_{0.3}MnO_3$ 의 광음향 신호의 크기는 비열과 열전도도의 곱으로 주어지며, 광음향 신호의 크기와 비열의 측정으로부터 열전도도의 상대적인 값을 얻을 수 있었다. T_c 에서 열전도도가 급격히 변하며 강자성 금속적 상태에서 열전도도가 증가함을 알 수 있었다.

5. 참고문헌

- [1] Y. J. Kim, B. W. Lee and C. S. Kim, IEEE Trans. Mag. **35**, 2874 (1999).
- [2] A. Rosencwaig and A. Gersho, J. Appl. Phys. **47**, 64 (1976).

본 연구는 KOSEF(97-07-02-04-01-5) 지원에 의한 것임.