

열처리가 $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ 의 자화와 자기저항에 미치는 영향(Annealing Effect on magnetization and magnetoresistance in $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$)

한국 외국어 대학교

김재영*, 박병직, 김영준, 이보화

1. 서 론

최근 $\text{Sr}_2\text{FeMoO}_6$ (SFMO) 다결정 시료에서 상온과 낮은 자기장에서 자기저항효과가 발견됨으로서 이 물질의 응용 가능성과 물리적 특성이 새로운 관심의 대상이 되고 있다.¹ SFMO의 자기저항 현상은 magnetic domain 혹은 grain boundary에서의 spin-polarized tunneling에 의한 효과로 설명하고 있다.¹ SFMO는 perovskite ABO_3 의 B-site에 $\text{Fe}^{3+}(3d^5, S=5/2)$ 이온과 $\text{Mo}^{5+}(4d^1, S=1/2)$ 이온이 교대로 정렬된 double perovskite 구조를 가지고 있다.² SFMO는 Fe/Mo의 disorder로 인한 anti-site defect 때문에 이상적인 값인 단위구조식당 $4\mu_B$ 이하의 saturation magnetization(M_s)를 가진다.³ 열처리 과정을 달리하면 다결정시료의 grain boundary와 Fe/Mo의 ordering을 변화시킬 수 있다. 따라서 본 연구에서는 SFMO 시료 제작과정에서 열처리 온도와 열처리 시간을 달리하여, 그로 인한 magnetization(M)과 자기저항의 변화를 연구하였다.

2. 실험방법

SFMO를 고체상태반응법으로 제작하였다. 열처리 온도와 시간이 자기적 특성에 미치는 영향을 연구할 목적으로 공기 중 900°C 에서 매 24시간마다 쉬고 가는 과정을 6회 반복 열처리한 분말을 5% H_2/Ar gas를 흘리면서 900°C 에서 10시간동안 열처리한 후 프레스를 이용해 pellet을 만들어 $1200, 1300, 1400^\circ\text{C}$ 에서 4시간과 15시간동안 소결하였다. magnetization은 VSM을 이용하여 측정하였고 자기저항은 VSM에서 사용할 수 있도록 저항 probe를 만들어 자기장을 7kOe 까지 변화시키면서 각각의 온도구역에서 측정하였다. 이들 시료에 대한 물리적 특성은 표 1에 나타내었다.

3. 결과 및 고찰

그림 1과 2는 1200 와 1400°C 에서 4시간 열처리된 시료들의 저온(15K)와 상온(300K)에서 측정한 자기저항(MR)과 7kOe 에서의 M을 나타낸 것이다. 상온(300K)에서의 M은 $1.99\mu_B$ (1200°C)에서 $3.37\mu_B$ (1400°C)까지 증가하였으며, MR 비는 열처리 온도가 증가함에 따라 5%에서 1.8%로 감소하였다. 저온(15K)에서 M의 크기는 $2.91\mu_B$ (1200°C)에서 $3.37\mu_B$ (1400°C)까지 증가하였으며, MR 비는 13.5%에서 7.9%로 감소하였다. 열처리 온도가 높아질수록 Fe/Mo의 disorder가 감소하고, disorder의 감소에 따라 M값이 증가하게 된다. 또한 열처리 온도가 높아질수록 grain의 크기가 커지면서 grain사이에 계면이 줄어들어 결과적으로 계면 사이에 전자 산란현상이 감소하여, M값의 증가에도 불구하고, 자기저항효과가 감소하는 것으로 판단된다.^{4,5}

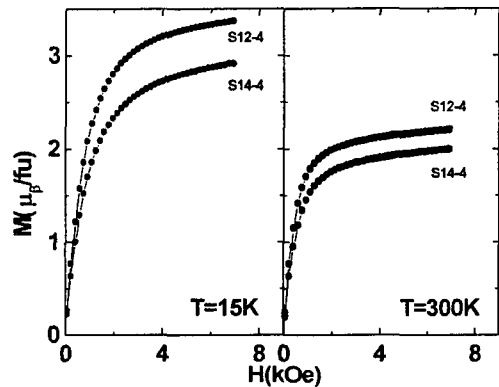
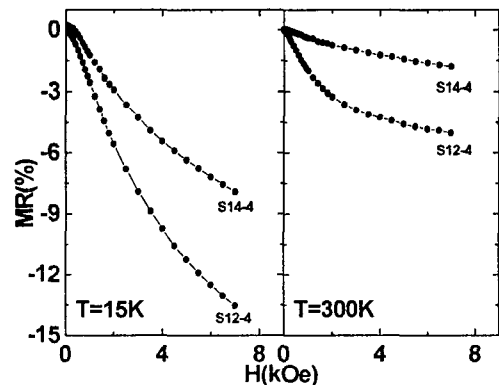
그림 1. 1200 와 1400°C 에서 4시간 열처리한 시료들의 magnetization그림 2. 1200 와 1400°C 에서 4시간 열처리한 시료들의 MR

표 1. 열처리 온도와 시간에 따른 Sr₂FeMoO₆의 자화 및 자기저항

시료	소결온도 (°C)	소결시간 (h)	M at 7kOe (μ_B/fu)		MR at 7kOe (%)	
			15K	300K	15K	300K
S12-4	1200	4	2.91	1.99	-13.5	-5.0
S13-4	1300	4	3.22	2.14	-8.2	-2.5
S14-4	1400	4	3.37	2.19	-7.9	-1.8
S12-15	1200	15	3.23	2.18	-15.0	-5.8
S13-15	1300	15	3.31	2.09	-7.1	-2.9
S14-15	1400	15	3.25	2.24	-6.8	-1.9

그림 3에 시료의 열처리 온도와 시간에 따른 MR(%)을 나타내었다. 각각의 시료들은 검게 채워진 동그라미 모양(●)인 4시간동안 열처리한 시료와 비어있는 동그라미 모양(○)인 15시간동안 열처리한 시료들로 구분하였고, 각각 상온(300K)과 저온(15K)에서 측정된 MR로 구분하였다. 1200°C에서 4시간동안 열처리한 시료인 S12-4는 -13.5%(15K)와 -5%(300K)의 자기저항효과가 있었으며, 1200°C에서 15시간 열처리한 시료인 S12-15는 -15%(15K)와 -5.8%(300K)의 높은 자기저항효과를 보여준다. 이는 열처리 시간이 길어질수록 grain의 크기가 커지면서 grain사이에 계면이 줄어들어 자기저항효과가 감소하는 것 때문이라 판단된다. 그러나 1300과 1400°C에서 열처리한 시료의 경우, 4시간동안 열처리한 시료의 MR이 15시간동안 열처리한 시료의 MR보다 저온에서 크게 나타났다.

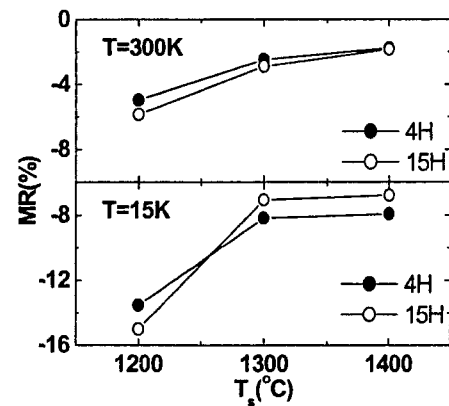


그림 3. 열처리 온도와 시간에 따른 MR

4. 결 론

열처리 온도에 따른 SFMO는 최고 상온(300K)에서 5%와 저온(15K)에서 15%의 자기저항효과가 측정되었다. 열처리 온도와 시간의 증가로 grain의 크기가 증가함에 따라서 경계면 사이에 전자산란현상이 감소하여 자기저항효과가 줄어들은 것을 실험적으로 확인하였다.

5. 참고문헌

- [1] K. -I. Kobayashi, T. Kimura, H. Sawada, K. Terakura, and Y. Tokura, Nature(London) 395, 677 (1998).
- [2] F. S. Galasso, F. C. Douglas, and R. J. Kasper, J. Chem. Phys. 44, 1672 (1966).
- [3] A.S. Ogale, S.B. Ogale, R. Ramesh, T. Venkatesan, Appl. Phys. Lett. 75, (1999) 537.
- [4] J. Y. Kim, Y. J. Kim, B. J. Park, B. W. Lee, C. S. Hwang, C. H. Choi, H. K. Chae, and C. S. Kim, Molecular Physics Reports, 32, 58 (2001).
- [5] H. Q. Yin, J.-S. Zhou, R. Dass, J.-P. Zhou, J. T. McDevitt, and J. B. Goodenough, J. Appl. Phys., 87, 6761 (2000).