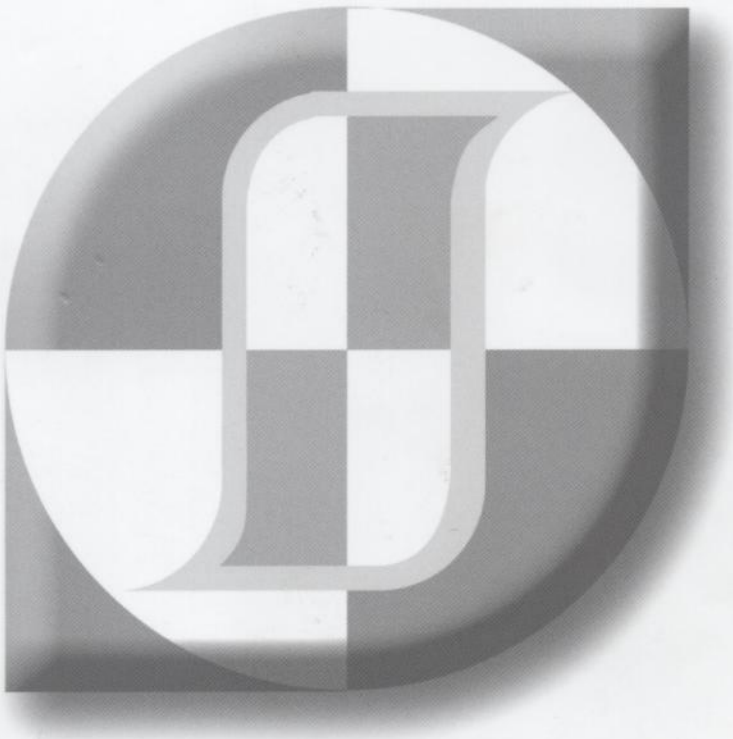
# 한국자기학회 2009년도 정기총회 및 동계학술연구발표회

# KMS 2009 Winter Conference

논문개요집



일시 2009. 12. 6(일) ~ 12. 8(화)

장소 덕산 스파캐슬

주최 한국자기학회

후원 한국과학기술단체총연합회

Digests of the KMS 2009 Winter Conference

The Korean Magnetics Society

T16

# 자성반도체 물질 $Sn_{0.97}{}^{57}Fe_{0.03}O_2$의 뫼스바우어 연구

이용혜*, 김삼진, 김철성
국민대학교 물리학과

## 1. 서 론

Fe가 미량 도핑 된 $SnO_2$ 물질은 Band gap이 3.0~3.6ev의 넓은 범위의 에너지 띠를 가지고 있는 반도체 물질로서, 상온에서 강자성 현상이 발현되며, 또한 spintronics 응용에 가능한 물질로서 주목을 끌고 있다[1,3]. 본 연구에서는 자성반도체 $Sn_{0.97}{}^{57}Fe_{0.03}O_2$ 분말을 졸-겔법으로 제조하여 결정학적 및 자기적 성질을 연구하였다. X-선 회절 실험을 통하여 시료가 rutile tetragonal 구조를 갖는 순수한 단일상임을 확인하였다. 상온에서 진동시료 자화율 측정기(VSM)를 통한 자기모멘트를 측정한 결과, $^{57}Fe$ 원자 당 자기모멘트 값이 $0.02\mu_B$/Fe의 매우 작은 값으로 나타내었다. 4.2 K 부터 295 K까지 Mössbauer 분광실험을 수행하여 Fe 이온이 강자성(Sextet)과 상자성(Doublelt)상으로 공존함을 확인하였다.

## 2. 실험방법

$Sn_{0.97}{}^{57}Fe_{0.03}O_2$는 Sol-gel법으로 합성하였으며 출발시료는 Tin(IV) acetate, $^{57}Fe$ metal을 사용하였으며, 용매로는 acetic acid, 증류수, HCl 등을 사용하여 액체 상태의 sol을 제조하였다. 제조된 sol을 120℃에서 24시간 동안 건조하고, 350℃에서 유기물을 증발시킨 후 800℃에서 6시간 열처리하여 단일상의 시료를 제조하였다.

제조된 $Sn_{0.97}{}^{57}Fe_{0.03}O_2$ 시료의 결정구조를 분석하기 위해 x-선 회절실험을 수행하였으며, 실험결과를 Rietveld 분석법을 이용하여 분석하였다. 시료의 상온 강자성 발현을 고찰하기 위하여 진동형자화율측정기(VSM)을 이용하여 Fe 원자당 자기모멘트 값을 계산하였으며, SQUID 실험을 통해 온도에 따른 자기모멘트 값을 확인하였다. 또한 미시적인 자성 측정 및 Fe 이온의 자기적 상태를 알아보기 위해 Mössbauer 분광기를 사용하였으며, 4.2 K로부터 295 K까지 Mössbauer 스펙트럼을 측정하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

상온에서 측정한 x-선 회절 실험결과 $Sn_{0.97}{}^{57}Fe_{0.03}O_2$ 시료는 rutile tetragonal 구조를 가짐을 확인하였으며 격자상수는 $a_0$ = 4.7404 Å, $c_0$ = 3.1858 Å으로 분석되었다. 상온에서 M-H curve를 측정한 결과, hysteresis 가 존재함을 확인하였으며 자화율 값은 Fe 원자 당 자기모멘트 값이 0.02 $\mu_B$/Fe이고, 보자력(HC)은 값은 408 Oe 의 값을 가짐을 확인하였다. 5K로부터 200K까지 SQUID 실험을 통하여 온도에 따른 자기모멘트 값을 확인하였으며, 역 자화율 값으로부터 큐리-바이스 온도($\Theta_W$)는 55 K으로 분석되었다. Mössbauer 분광 실험 결과, 모든 스펙트럼은 3 set으로 분석되었으며, 모든 온도구간에서 철 이온은 +3가로 분석되었다. 온도가 증가함에 따라 전체 sextet의 면적비는 78.5%에서 26.07%로 감소하였다. 특히 4.2 K에서 1-sexet과 2-sextet으로 존재하다가 13 K부터 295 K의 온도구간에서는 1-sexet이 1-doublet으로 전이함으로써 1-sexet과 2-doublet 으로 존재함을 확인할 수 있었다. 이와 같은 현상은 교환 상호작용과 Fe 이온과 Sn 이온간의 short-range ordering [4]으로 해석이 가능하다고 판단된다.

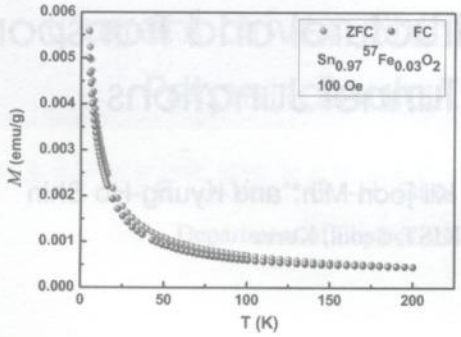



Fig. 1. The temperature dependence of ZFC and FC magnetization for $Sn_{0.97}{}^{57}Fe_{0.03}O_2$ of SQUID measurement.

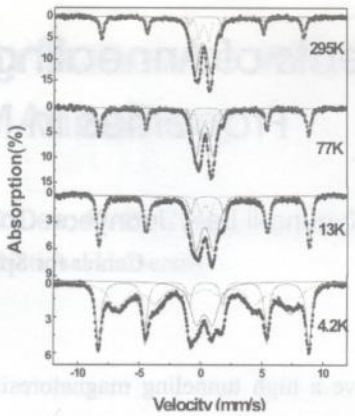



Fig. 2. The Mössbauer spectra of $Sn_{0.97}{}^{57}Fe_{0.03}O_2$ at various temperatures.

## 4. 참고문헌

[1] S. J. Pearton, C. R. Abernathy, M. E. Overberg, G. T. Thaler, and D. P. Norton, N. Theodoropoulou and A. F. Hebard, Y. D. Park, F. Ren and J. Kim, L. A. Boatner, J. Appl. Phys. 93, 1 (2003).

[2] K. Nomura, C. A. Barrero, J. Sakuma, and M. Takeda, Phys. Rev. B 75, 184411-1 (2007).

[3] Gary A. Prinz, Science 282, 1660 (1998).

[4] Satoru Nakatsuji, Yusuke Nambu, Hiroshi Tonomura, Osamu Sakai, Seth Jonas, Collin Broholm, Hirokazu Tsunetsugu, Yiming Qiu, Yoshiteru Maeno, Science 309, 1697 (2005).