KMS-2-X9

Mg와 P를 첨가한 (Zn, Mn)O 박막의 전기 및 자기 특성

(Transport and magnetic properties of laser-deposited (Zn, Mn)O thin films codoped by Mg and P)

김현수[1*], 구현주[2], 김진형[3], 박상용[3], 김효진[3], 김도진[3], 임영언[3], 주웅길[1]
[1]한국과학기술원 신소재공학과, [2]삼성전자 반도체총괄 SYSTEM LSI 사업부 L6 PA, [3]충남대학교 재료공학과

1. 서론

Diluted Magnetic Semiconductor(DMS)연구에 있어서 Mn을 고용시킨 ZnO는 *p*-type 전기전도도를 가질 경우 상온에서 강자성이 관찰되리라 예상되어[1][2] 많은 연구가 진행되어왔다. 그러나 *p*-type ZnO의 성장이 어려워 대부분의 연구가 *n*-type ZnO를 기반으로 수행되고 있다. 그러나 최근 몇몇 연구자에 의하여 phosphorus와 Mg 이온을 같이 첨가한 ZnO 박막에서 *p*-type 전기전도도를 갖는다는 연구결과가 발표되었다.[3] 이는 Mg 이온에 의하여 전자 수를 감소시키고 phosphorus 이온에 의하여 홀을 생성하여 ZnO 박막에서 *p*-type 전기전도도를 나타나게 하는 것이다. 본 실험에서는 위의 연구 결과들를 이용하여 ZnO에 phosphorus와 Mg 이온을 첨가하여 ZnO에 *p*-type 전기전도도를 갖게하고 Mn을 첨가하여 자기적 특성을 관찰하려고 한다.

2. 실험방법

박막은 SiO_2/Si 기판 위에 펄스레이저 증착법(Pulsed Laser Deposition, PLD)을 이용하여 성장시켰으며, 산소분위기에서 후열처리 공정을 하였다. 박막 증착에 사용된 타겟은 고상반응법을 이용하여 제작하였으며 이때타겟의 조성은 $(Zn_{0.97}Mg_{0.01}Mn_{0.02})O$:P로 정량 하였고 phosphorus는 2 mol% 첨가하였다. 시편의 조성과 결정구조를wavelength dispersive x-ray spectroscopy (WDS), XRD, SEM을 이용하여 관찰하였다. 또한 Hall measurement, superconducting quantum interference device (SQUID) magnetometer를 이용하여 전자기적 특성을 살펴보았다.

3. 실험결과

박막에 대한 x-ray diffraction pattern결과 <002>방향으로의 우선성장배열을 확인하였으며 ZnO peaks외에 다른상에 의한 peak은 관찰되지 않았다. Van der Pauw 법을 이용한 Hall effect 실험과 ppms(Quantum Design, PPMS9, Physical Property Measurement System)를 이용한 전기적 특성 측정 결과 성장된 $(Zn_{0.97}Mg_{0.01}Mn_{0.02})O$:P 박막은 상온에서 *p*-type 전기전도도가 관찰되었으며, 이때 홀 농도는 1.75×10^{18} cm^{-3}, 이동도는 375 $cm^2V^{-1}s^{-1}$, 저항은 9.93×10^{-3} Ωcm 였다. 또한 mpms(Quantum Design, MPMS7, Magnetic Property Measurement System)를 이용한 자기적 특성 측정결과 5K와 상온(300K)에서 각기 59 Oe와 29 Oe의 보자력을 갖는 강자성이 관찰되었다.

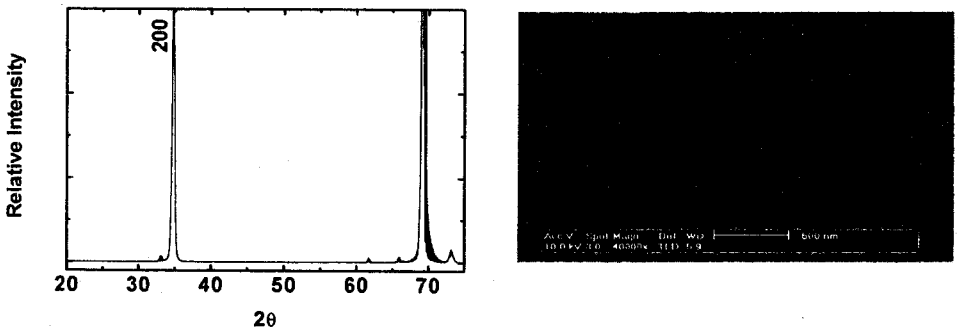

그림1. $(Zn_{0.97}Mg_{0.01}Mn_{0.02})O$:P 박막의 x-ray diffraction pattern과 표면 SEM 사진.

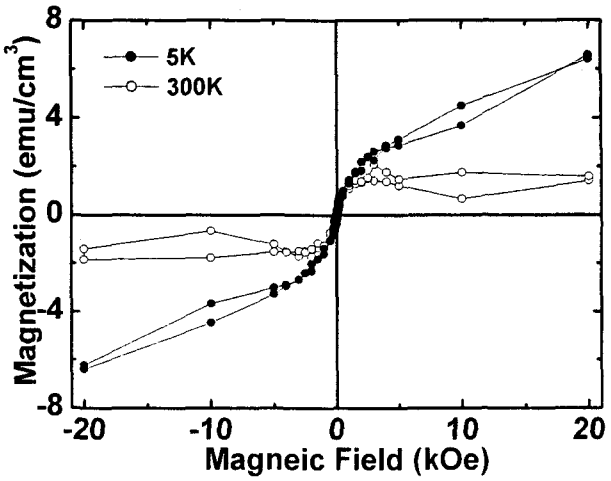

그림2. 5K와 300K에서의 $(Zn_{0.97}Mg_{0.01}Mn_{0.02})O$:P 박막에 대한 magnetization의 magnetic field의존성.

4. 참고문헌

1) T.Dietl, H.Ohno, F.Matsukura, J.Cibert and D.Ferrand, Science 287, 1019 (2000)
2) K.Sato and H.Katayama-oshida, Jpn.J.Appl.Phys. Part2 40, 334 (2001)
3) Y.W.Heo, Y.W.Kwon, Y.Li, S. J. Pearton and D.P.Norton, Appl.Phys.Lett. 84, 3474 (2004)