

펄스 마그네트론 스퍼터링법에 의한 $Zn_{1-x}Co_xO$ 박막의 미세조직 및 자기적 특성

고윤덕*, 고석배, 최문순, 태원필*, 김기출**, 서수정, 김용성†
성균관대학교 정보통신용 신기능성 소재 및 공정연구센터
*인하대학교 소재연구소
**한국전자통신연구소

1. 서 론

정보산업의 급속한 발달에 대응할 수 있는 특성을 가진 전자 소자에 대한 필요성이 크게 증대되고 있는데, 특히 전자가 가지고 있는 스핀 특성을 활용하는 스핀트로닉스에 대한 연구가 다양하게 진행되고 있다. 특히 ZnO는 다른 DMS에 비해 큰 전자질량을 가지고 있으므로 이동 캐리어와 전이금속이 온간의 강한 자기적 상호 작용을 일으킬 수 있다. II-VI 반도체인 ZnO에 전이금속을 첨가하는 기존의 연구는 DMS의 현상을 나타내는 후보로 다양하게 진행되어 왔다.[1,2]

다양한 ZnCoO 박막 제조방법이 있지만, 산업적인 응용을 위해서는 높은 증착율을 가지면서 박막 특성을 우수하게 제어할 수 있는 기술을 필요로 하는데, 최근에 이러한 기술로써 펄스 마그네트론 스퍼터링법이 주목을 받고 있다. 본 연구에서는 펄스 dc 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 $Zn_{1-x}Co_xO$ ($x=0-0.3$) 박막을 제조하였다. 박막 증착시 여러 공정 변수들 중 Co 농도 변화에 따른 박막의 전기적 및 자기적 특성을 살펴보았다.

2. 실험 방법

본 실험을 위하여 2인치 펄스 dc 마그네트론 스퍼터링 시스템을 사용하였고, 기관으로는 Corning 7059 유리기관을 사용하였다. 타겟으로는 1.0 at% Al과 각각 5, 10, 15, 20, 30 at%Co가 혼합된 직경 2인치 크기의 ZnO 세라믹 타겟을 사용하였다. 챔버의 초기 진공도를 5×10^{-6} Torr로 유지하였다.

펄스 dc 마그네트론 스퍼터링으로 제조된 ZnCoO 박막의 결정성을 조사하기 위하여 HR-Xray Diffraction(High Resolution Mult-Purpose XRD, Bruker AXS, D8 Discover)로 분석하였고, 박막의 비저항은 Hall measure system(Hall effect Measurement system, ECOPIA, HMS-3000)을 이용한, van der pauw 방법을 사용하여 측정하였다. Alternating gradient magnetometer (AGM, Princeton Measurements, 2900-02)을 이용하여 300 K에서 ZnCoO 박막의 Co 농도에 따른 자기이력곡선을 측정하여 포화자화 M_s 와 보자력 H_c 를 얻었다.

3. 결과 및 고찰

본 연구에서 제작된 Co 30 at.%의 ZnCoO 박막에서는 격자상수가 감소하는데 이는 Co 30 at.% 이상에서 Cobalt의 고용도가 열평형 한계를 넘었기 때문에 ZnCoO 박막의 결정성장이 감소했기 때문이다.[3] Fig. 2에서 나타나는 ZnCoO 박막의 강자성 현상은 전기적으로 높은 전하 농도를 유지하면서 기본적으로는 Co^{2+} 이온이 Zn^{2+} 을 치환해서 들어가 ZnCoO구조를 형성했기 때문이다. 하지만 Co 30 at.%에서는 Co^{2+} 가 ZnO 박막의 고용도 이상으로 도핑 되면서 박막의 결정성을 저하시키기 때문에 자화값 역시 감소하였다.

4. 결 론

ZnCoO 박막은 c-축의 (002) 면으로 뛰어난 배향성을 보였지만 Co 30 a.% 이상에서는 ZnCoO 박막의 고용도 한계로 인한 결정 배향성의 저하를 확인할 수 있다. 제조한 ZnCoO 박막은 10^{-3} (Ω)대의 낮은 비저항값을 나타내고, AGM 측정 결과, ZnCoO 박막은 Co 농도가 증가함에 따라 상온 강자성 특성이 나타남을 확인할 수 있었다. 이를 이용하여 ZnCoO 박막의 DMS소자로서의 가능성을 확인하였다.

4. 참고 문헌

- [1] K. Sato and H. Katayama-Yoshida, "Electronic structure and ferromagnetism of transition-metal-impurity-doped zinc oxide." *Physica B*, 308-320 904-907 (2001).
- [2] S. G. Yang, A. B. Pakhomov, S. T. Hung, and C. Y. Wong, "Room Temperature Magnetism in Sputtered (Zn,Co)O Films." *IEEE Trans. Magn.*, 38 [5] 2877-2879 (2002).
- [3] Hyeon-Jun Lee, Se-Young Jeong, Chae Ryong Cho, Chul Hong Park, "Study of diluted magnetic semiconductor: Co-doped ZnO", *Applied Physics Letters*, 81 [21] 4020-4022 (2002)

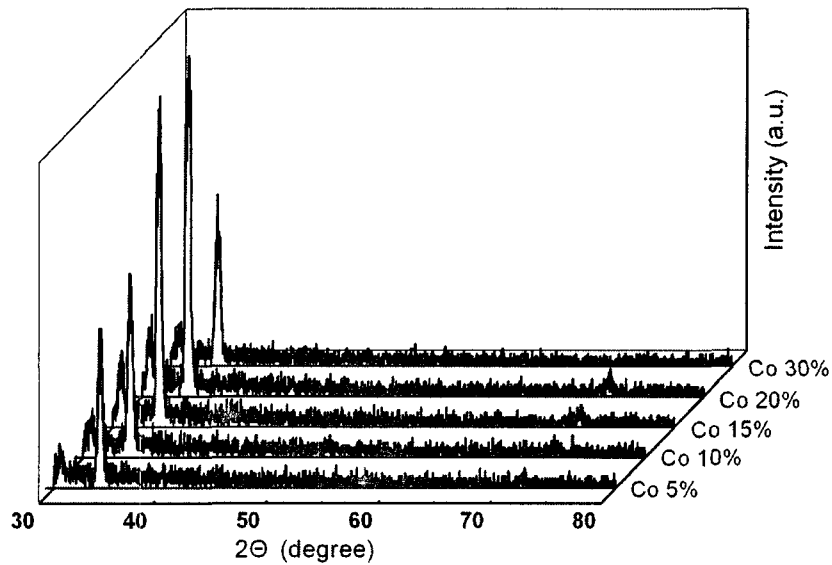


Fig. 1. XRD pattern of ZnCoO thin films with Co concentration.

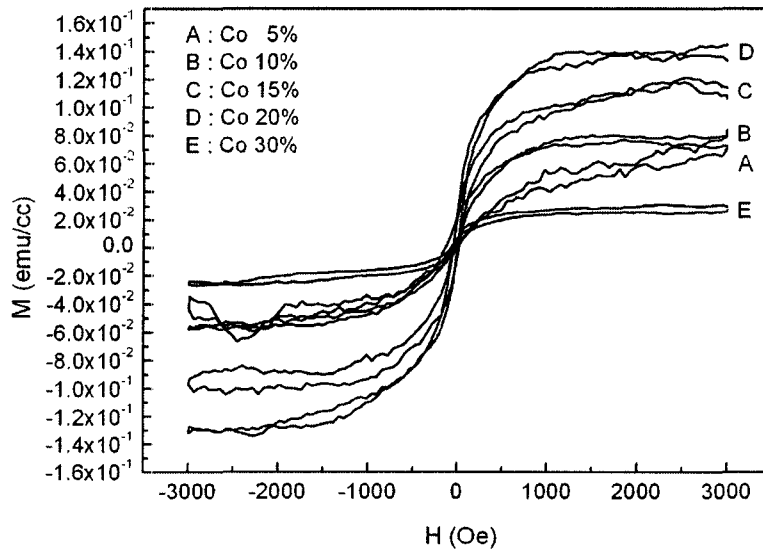


Fig. 2. Magnetization(M) versus magnetic field(H) curves of ZnCoO films measured by AGM system at room temperature