

IZTO 투명 반도체 박막의 전기적 특성에 대한 산소분압의 영향

이근영^{1,2}, 신한재¹, 한동철¹, 김상우², 이도경^{1*}

¹구미전자정보기술원 모바일디스플레이공동연구센터

²금오공과대학교 정보나노소재공학과

Effects of oxygen partial pressure on electrical properties of transparent semiconducting indium zinc tin oxide thin films

Keun Young Lee^{1,2}, Han Jae Shin¹, Dong Cheul Han¹, Sang-Woo Kim², Do Kyung Lee^{1*}

¹Mobile Display Research Center, Gumi Electronics & Information Technology Research Institute

²Department of information & Nano Materials Engineering, Kumoh National of institute technology

Abstract : The influences of O₂ partial pressure on electrical properties of transparent semiconducting indium zinc tin oxide thin films deposited at room temperature by magnetron sputtering have been investigated. The experimental results show that by varying the O₂ partial pressure during deposition, electron mobilities of IZTO thin film can be controlled between 7 and 25 cm²/Vs. For conducting films, the carrier concentration and resistivity are ~ 10²¹ cm⁻³ and ~ 10⁻⁴ Ω cm, respectively. Concerning semiconducting films, under 12% O₂ partial fraction, the electron concentration is 10¹⁸ cm⁻³, showing the promising candidate for the application of transparent thin film transistors.

Key Words : IZTO, Transparent Conducting Oxide, Transparent semiconductor, magnetron sputtering

1. 서론

산화물 반도체로 이루어진 투명 박막트랜지스터는 정보 인식, 정보 처리, 정보 표시의 기능을 투명한 전자기기로 구현함으로써 기존 전자기기가 가지고 있는 공간적, 시각적 제약을 해소하는 것이 가능하고 다양한 응용분야에 적용될 수 있다. 또한, 산화물 반도체 TFT는 비정질 실리콘 TFT와 저온 폴리 실리콘 TFT의 장점을 지니고 있어 최근 많은 연구가 진행되고 있다.[1-3] 산화물 TFT는 1~100cm²/V·s 정도의 높은 이동을 나타내고 있으며, 미세조각이 비정질이거나 나노 사이즈의 Grain으로 형성되어 있어 대면적에서도 TFT 특성의 균일도를 유지할 수 있으며 또한 상온에서 TFT 제조공정을 모두 수행한 경우에도 우수한 특성을 나타내는 것으로 보고되기도 하였다.

현재 투명박막 트랜지스터 물질로 많은 연구되고 있는 산화물은 ZnO, InO_x, GaO_x, SnO_x 등의 물질과 각각의 조합으로 구성된 재료들이 주로 사용되고 있다.[4,5] ZnO 기반의 박막트랜지스터는 전자 이동도와 스위칭속도에서 우수한 특성을 보이나, 비정질 ZnO 기반의 박막트랜지스터의 경우 트랜지스터의 안정성이 떨어지는 것으로 보고되고 있다.[6]

본 실험에서는 ZnO 보다 넓은 밴드갭 에너지를 가질 수 있으며, 높은 전자이동도를 나타내고, 다성분계이기 때문에 비정질 구조로 제작 가능한 IZTO (In₂O₃ (90 wt%) - ZnO (7 wt%) - SnO₂ (3 wt%))를 magnetron-sputtering방법으로 증착하였다. 증착과정에서 기판은 가열없이 실온에서 실험이 이루어졌으며, 산화물 반도체의 전기적 특성을 영향을 주는 Ar/O₂의 비율을 조정하면서 증착하고 특성을 분석하였다. 또한, Fig. 1과 같은 Bottom-gate 형태와 Top-

gate 형태의 투명 박막트랜지스터로서의 적용 특성도 연구하였다.



Fig. 1. IZTO 기반의 투명 박막트랜지스터 모식도

2. 실험

본 실험에서는 RF-magnetron sputtering 방법을 사용하여 IZTO 박막을 제조하였다. 방전 중 chamber 내부온도 및 기판온도의 상승을 억제하기 위하여 chamber를 수냉하였다. Rotary pump와 Turbo pump를 이용하여 초기 진공이 약 4.0×10⁻⁶ Torr에 도달할 수 있도록 배기한 후, mass flow controller를 사용하여 Ar 및 O₂ 가스를 주입하였다. Ar/O₂의 비율을 0 ~ 12 %까지 4 %씩 간격으로 변화시켜 IZTO 박막의 특성을 관찰하였다. 작업압력 3 mTorr, 공급전력 50 W로 고정하였다.

UV-VIS Spectrophotometer를 이용하여 IZTO 박막의 광학적 투과율을 분석하였으며, 4-point probe와 Hall effect measurement system을 통해 IZTO 박막의 전기적 특성을 분석하였다. 또한, IZTO기반의 투명 박막트랜지스터 특성을 Probe Station으로 분석하였다.

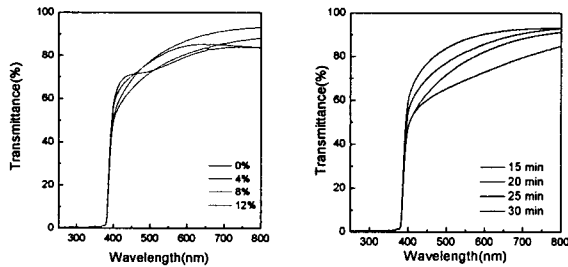
3. 결과 및 검토

Fig. 2는 IZTO 박막의 광학적 특성을 나타낸 것으로 O₂의 비율이 늘어날수록 광투과도는 증가하였다. 이는

IZTO 박막의 성장 중 chamber내로 주입되는 산소가 박막의 산소 공극을 채움으로 해서 투과율이 증가하는 것으로 여겨진다. 또한, 박막의 두께가 증가할수록 광투과도가 낮아짐도 확인하였다.

Fig. 3.은 IZTO 박막의 Ar/O₂의 비율에 따른 캐리어 농도 및 이동도 그리고 비저항의 측정 결과를 나타낸 것이다. 투과특성과 같은 이유로 도너 역할을 하는 산소의 공극에 산소가 채워짐으로 인해 증착 시 O₂의 분압비가 증가할수록 IZTO 박막의 비저항이 증가하는 것을 확인할 수 있다. O₂의 비율이 0 %일 때와 12 %일 때 비교해보면 비저항이 10⁻⁴ Ωcm대에서 10¹ Ωcm 대로 증가하는 것을 볼 수 있다. 결론적으로 O₂의 비율이 0 %일 경우 비저항이 10⁻⁴ Ωcm대로 TFT의 게이트 및 소스/드레인 전극으로 사용될 수 있다. 그리고 O₂의 비율이 12 %일 경우 비저항이 10⁰ Ωcm정도로 TFT 채널층으로 사용하기에 충분한 전기적 특성을 나타내었다.

Fig. 4.는 IZTO 박막을 기반으로 제작된 박막트랜지스터의 특성을 나타낸 것이다. I_d전류의 On/Off특성은 10⁷이상이었으며 게이트 누설전류는 수 nA대가 형성되었다.



(a) O₂/Ar 비율별 (b) 증착시간별
Fig. 2. IZTO 박막의 광투과율 특성

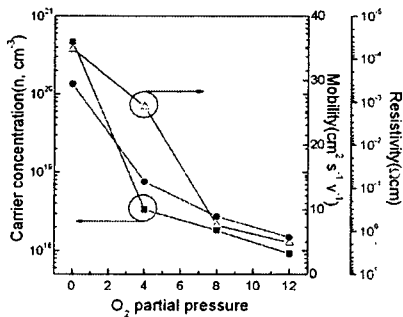


Fig. 3. IZTO 박막의 O₂/Ar의 비율별 전기적 특성

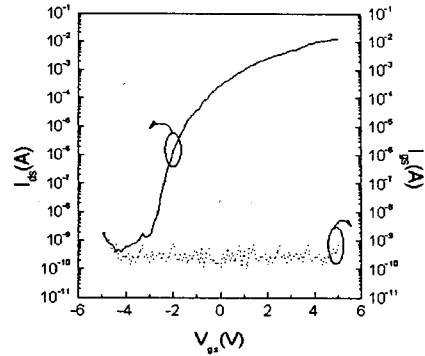


Fig. 4. IZTO 기반의 TFT의 I_d/V_g 및 I₀ 특성

4. 결론

본 실험에서는 Ar/O₂의 비율에 따라 제작한 IZTO 박막을 사용하여 게이트 유전체를 제외한 나머지 부분을 모두 IZTO로 형성하여 투명 산화물 트랜지스터를 제작할 수 있었고, 우수한 전기적 특성을 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] K. Nomura, H. Ohta, K. Ueda, T. Kamiya, M. Hirano, and H. Hosono, *Science*, 300, 1269 (2003)
- [2] R.L. Hoffman, B.J. Norris, and J.F. Wager, *Appl. Phys. Lett.*, 82, 733 (2003)
- [3] H. Yabuta, M. Sano, K. Abe, T. Aiba, T. Den, H. Kumomi, K. Nomura, T. Kamiya and H. Hosono, *Appl. Phys. Lett.*, 89, 112123 (2006)
- [4] G. Hu, B. Kumar, H. Gong, E. F. Chor, and P. Wu, *Appl. Phys. Lett.*, 88, 101901 (2006)
- [5] W. Lim, Y. L. Wang, F. Ren, D. P. Norton, I. I. Kravchenko, J. M. Zavada, and S. J. Pearton, *Appl. Surf. Sci.*, 254, 2828 (2008)
- [6] E. Fortunato, P. Barquinha, A. Pimentel, A. Goncalves, A. Marques, L. Pereira, and R. Martins, *Thin Solid Films* 487, 205 (2005)