

투명 박막 트랜지스터 응용을 위한 RF power에 따른 ZnO 박막 특성 분석

박청일, 김영렬, 박용섭, 김형진, 이성욱, 홍병유*
 성균관대학교 정보통신공학부

Characteristics of ZnO thin Film according to RF power for applying TFT channel layers

Chung-il Park, Young Ryeol Kim, Yong Seob Park, Hyung Jin Kim, Sung Uk Lee and Byungyou Hong*
 Sungkyunkwan Univ.

Abstract : ZnO (Zinc Oxide) thin film can be applied to various devices. Recently, ZnO film has been promoted in transparent TFTs (thin film transistors) because of high transparency and low temperature process. In this paper, ZnO thin films were grown on glass with the three conditions of RF sputtering power, which are 50W, 75W, 100W. Their structural, electrical and optical properties were investigated by using XRD, UV-Visible spectrometer and 4-point probes. In the ZnO film with 50W process, good crystallinity, high transmittance, and high sheet resistance were shown. In conclusion, the ZnO film with 50W can be an optimal channel layer of TFTs.

Key Words : ZnO, ZnO-TFTs, RF sputtering, Power

1. 서론

ZnO (Zinc oxide)는 3.36 eV의 밴드갭 에너지와 다른 물질에 비해 비교적 높은 60meV의 여기자 결합 에너지를 가지고 있다. 넓은 밴드갭은 투명 전극과 투명 박막 트랜지스터, 높은 여기자 에너지를 이용하여 p-n diode 및 laser diode, 그리고 UV sensor, optical wave guide 등의 응용에 대한 연구가 이루어져 왔다.[1-3] 특히, ZnO를 이용한 투명 박막 트랜지스터는 디스플레이 시장에서 요구하는 투명한 동시에 고효율의 디스플레이 구현을 가능하게 한다. 또한, 상온에서 다결정으로 증착이 되기 때문에 플라스틱과 같이 변형성이 심한 기판에 응용될 수 있으므로 차세대 박막 트랜지스터의 채널로서 각광 받고 있다.

진성 ZnO는 침입형 Zn와 산소 vacancy 때문에 $10^{17} \sim 10^{20} / \text{cm}^3$ 정도의 캐리어 농도를 갖는 n-type 물질이며, 박막 트랜지스터로의 응용에 있어서 ZnO 박막 채널의 특성은 증착 단계에서 스퍼터링 파워를 조절, 챔버의 압력을 조절하거나 또는 산소를 유입해 주기도 하며, 플라즈마 처리, 급속 열처리 등과 같은 적절한 후처리를 통하여서도, 침입형 Zn를 줄임으로서 캐리어 농도를 낮출 수 있고 높은 투과도를 얻게 되어 박막 트랜지스터로의 응용이 가능하다.[4-5]

본 연구에서는 높은 투과도, 빠른 이동도, 높은 on/off ratio 등의 여러 가지 특성을 고루 만족시키는 고성능 ZnO 투명 박막 트랜지스터의 제작을 위하여 가장 중요한 channel layer인 ZnO 박막을 RF 마그네트론 스퍼터를 이용하여 상온에서 증착하였다. 박막 트랜지스터 적용에 가장 최적화된 스퍼터링 파워를 결정하고 이를 위해 ZnO 박막의 구조적, 전기적, 광학적 특성이 어떻게 변화되는 지를 분석하였다.

2. 실험

본 실험은 투명 박막 트랜지스터의 채널 막으로 응용될 ZnO 박막을 RF 마그네트론 스퍼터로 상온에서 RF 스퍼터링 파워를 변화시키며 증착하고 그 특성을 분석하였다. ZnO의 증착 조건으로 공정 압력은 1 mTorr로 고정하고, Ar가스는 50 sccm, 스퍼터링 타겟과 기판의 거리는 4 cm으로 고정시키고 파워를 50 W, 75 W, 100 W로 변화시키며 실험을 하였으며 기판은 유리를 사용하였다. 두께는 100 nm 로 고정시켰다.

파워에 따라 제작된 ZnO 박막의 샘플은 4-point probe, UV-visible, α -step, XRD 로 각각 비저항, 투과도, 박막 두께, 결정성 등을 특성을 분석하였다.

표 1. 마그네트론 스퍼터링법을 이용한 ZnO 박막증착 조건.

Sputter parameters	Sputter condition
Target	ZnO
Substrate	Glass
Working pressure	1 mTorr
Base pressure	1×10^{-5} Torr
Ar gas flow rate	50 sccm
The distance between target and substrate	40 mm
RF power	50, 75, 100 W
Thickness	100 ± 10 nm

3. 결과 및 검토

그림 1에서는 RF Power가 증가함에 따라 증착물이 증가함을 보여준다.

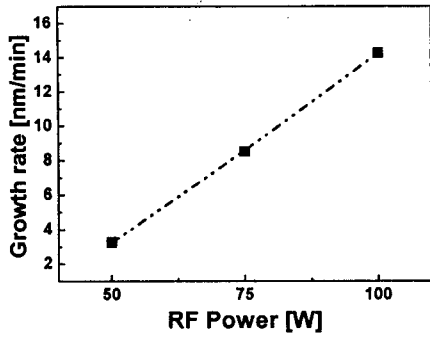


그림 1. RF 파워에 따른 ZnO 박막의 성장을 변화.

그림 2에서는 50 W 일 때와 75 W 일 때 가시광선 영역에서 80%이상의 좋은 투과율을 보여주지만 400 nm 부근에서 50 W 일 때 더 가파른 기울기를 가지고 있어 더 좋은 광 특성을 가지고 있다고 할 수 있다.

그림 3에서는 50 W 일 때 비저항이 월등히 높아짐을 알 수 있다. 따라서 투명 박막 트랜지스터의 채널 막으로서 사용하기 위해서는 결함이 적어야 하므로 비저항이 큰 50 W 가 가장 적절하다.

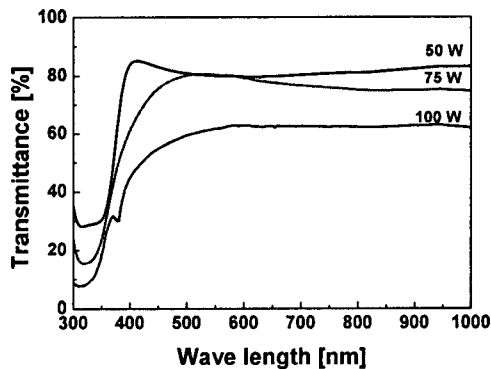


그림 2. RF 파워에 따른 ZnO 박막의 투과도.

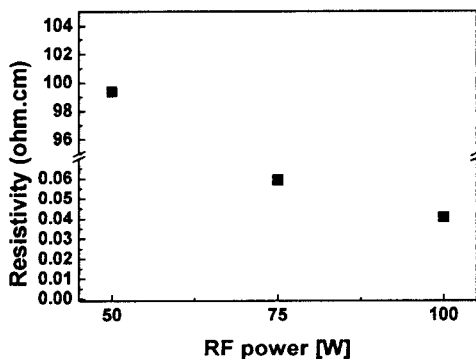


그림 3. RF 파워에 따른 ZnO 박막의 비저항.

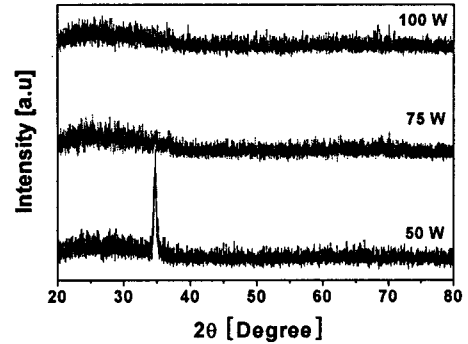


그림 4. XRD를 이용한 RF 파워에 따른 ZnO 박막의 결정성.

그림 4에서는 증착된 샘플 중 50 W로 증착했을 경우 약 34도 부근에서 ZnO (002) 면과 관련된 피크를 보여주고 있으며 이것은 ZnO 박막이 c축으로 배향되어있는 wurzite 구조를 가지고 있음을 보여주는 결과이다.

4. 결론

RF magnetron sputtering에서 power를 가변하여 ZnO 박막을 증착시켰다. Power에 따라 성장률이 비례하고 50 W와 75 W에서는 100 W보다 높은 80%이상의 투과도를 보였다. 또한, 50 W에서 가장 높은 비저항 값이 나온 것을 확인할 수 있다. 50 W 조건에서만 결정성을 가지고 있다. 이는 앞에서 언급한 침입형 Zn의 비율이 50 W에서 가장 작게 나타나기 때문이라고 생각된다. 따라서 세 가지 조건 중에서 50 W의 RF 파워로 스퍼터링 하는 것이 ZnO 채널로서 가장 적합하게 이용할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 성균관대학교 과학 기술부 지정 플라즈마 응용 표면 기술 연구 센터의 지원으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- [1] E. M. C Fortunato, P.M. C. Barquinha, A.C.M.B. G. Pimentel, A. M. F. Goncalves, A. J. S. Marques, L. M. N. Pereira, and R. F. P. Marins, *Adv. Mat.* 17, 590 (2005).
- [2] M. H. Lim, K. T. Kang, H. G. Kim, I. D. Kim, Y. W. Choi, and H. L. Tuller, *Appl. Phys. Lett.* 68, 403 (1996).
- [3] B. Liu, Z. Fu, and Y. Zia, *Appl. Phys. Lett.* 79, 943 (2001).
- [4] R. L. Hoffman, *J. Appl. Phys.* 95, 5813 (2004).
- [5] Q. J. Li and D. J. Li, *J. Non-cryst. Sol.* 351, 3191 (2005).