

RF 마그네트론 스퍼터로 제조한 투명전극용 AZO 박막의 특성

탁성주(책임저자)*, 허재성*, 손창식**, 김동환*, 최인훈*

*고려대학교, **신라대학교

초록

투명전극용 AZO 박막을 RF 마그네트론 스퍼터로 낮은 온도에서 제조하였다. Al을 도핑한 ZnO 박막을 유리위에 증착하였고, AZO의 구조적, 전기적 그리고 광학적 특성을 조사하였다. 증착된 박막은 hexagonal wurtzite 구조를 가진 다결정계이다. 이 박막은 가시광선 영역에서 90.7% 이상의 투과율을 보였고, 가장 낮은 비저항 값은 $5.86 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 이었다.

1. 서론

최근 투명전극용 ZnO 박막은 우수한 광투과도와 낮은 비저항을 가지고 있다. 또한 ZnO 박막은 넓은 밴드갭을 가지고 있고, 풍부한 매장량을 가지며, 독성이 없기 때문에, 많은 관심을 가지고 있다. ZnO의 박막의 특성은 Zn의 과잉이나 O의 부족으로 인해 전자를 캐리어로 갖는 n형 반도체특성이 나타나게 된다.[1] 게다가 Al을 도핑한 ZnO 박막은 수소 플라즈마를 이용하여 낮은 온도에서 증착하였을 때 안정한 특성을 가지게 된다.[4] 전기적, 광학적 특성은 일반적으로 증착 변수[5], 후공정에[6] 많은 영향을 받는다. 본 연구에서는 RF 마그네트론 스퍼터링 법으로 Al 첨가에 의해 ZnO 박막의 전도성과 투과율을 향상시키고, 박막내에서 증착 변수에 따른 구조적, 전기적, 광학적 변화를 조사하고 비저항 및 광투과도 등을 분석하여 투명전극용으로 적합한지를 연구하였다.

2. 실험 방법

여기에 AZO (Al : ZnO) 박막의 증착을 Corning 2947 유리 기판을 사용하였다. 초기 진공은 터보 펌프로 1×10^{-6} torr 까지 배기를 하였으며, 증착 전 모든 불순물을 제거하기 위해 10 분간 pre-sputtering 을 하였다. 박막 증착은 유리 기판 위에 가장 안정적으로 AZO 박막이 형성되는 조건을 찾기 위해 RF power 100 ~ 250 W 로, Ar / O₂ gas flow ratio 는 0 ~ 0.5 로 변화시키며 제작하였다. 박막 증착시 반응 gas 로 사용되는 (Ar+O₂) gas 에 대한 O₂ gas 의 유량비 O₂/(Ar+O₂) 는 O₂ gas flow ratio 로 표현하기로 한다. Substrate 의 온도는 RT ~ 200 °C로 변화시켰으며, 전기적인 특성은 van der Pauw 법을 이용하여 측정하였다. 광투과도의 측정범위는 250~800nm 로 하였다. 박막의 두께는 stylus surface profiler(Dektak ST, Veeco instruments inc)를

이용하여 측정하였다. 박막의 결정성과 우선 배향성의 정도를 분석하기 위해서 XRD (x-ray diffractometer: Rigaku, model No. D/Max-2A) 를 이용하여 측정하였다.

3. 실험결과 및 고찰

(1) 구조적 특성과 전기적 특성

Fig.1은 RF power 을 변화시켜가면서 증착한 ZnO 박막의 X-선 회절 실험 결과이다. RF power 증가에 따라 c-축 우선 배향성을 확인 할 수 있었고, 회절각의 큰 변화는 나타나지 않았다. XRD 스펙트럼으로부터 Scherre formula 를 이용한 결정립의 크기는 35 ~ 45 nm 였다. Fig. 2 는 O₂ gas flow ratio 에 따른 Al:ZnO 박막의 X-선 회절 실험 결과이다. O₂ gas flow ratio 가 0.2 까지 증가함에 따라 더 강한 c-축 배향성을 가지게 된다. (002) 피크의 FWHM(full width at half maximum)을 측정하여 Scherre formula 를 이용하여 결정립크기를 Table 1.에 나타내었다.

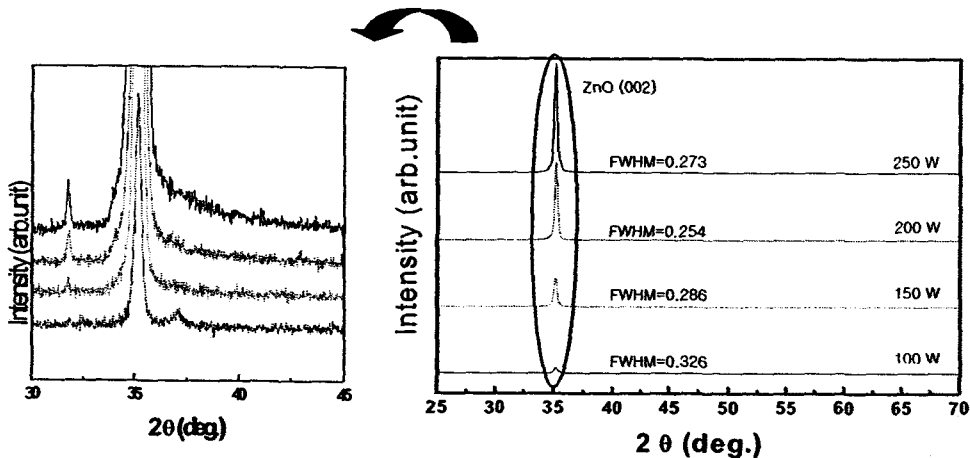


Fig.1. XRD diffraction pattern of AZO thin films with variation of rf powers at the O₂ gas flow ratio of 0.2 and room temperature.

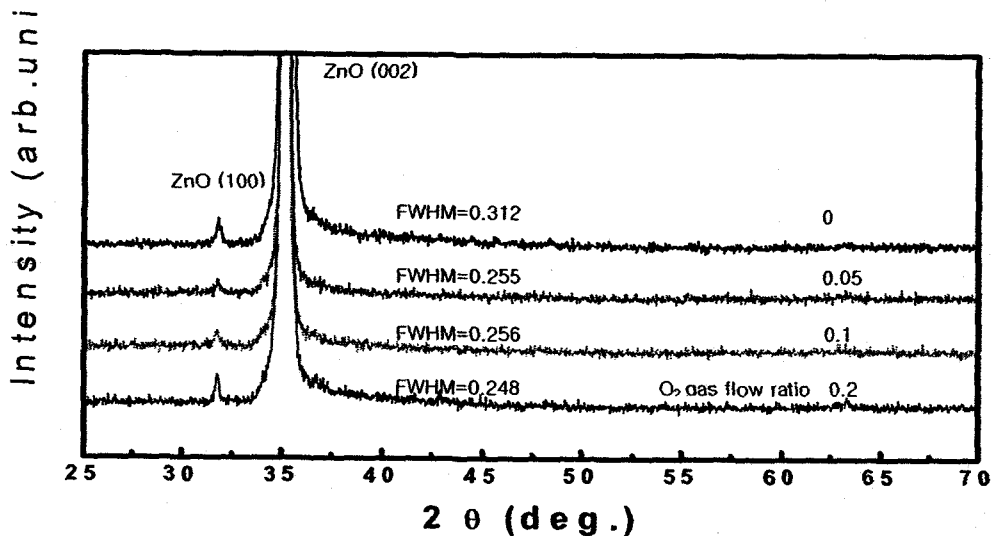


Fig.2. XRD diffraction patterns of AZO thin films with variations of O₂ gas flow ratios at the RF power of 200 W

O ₂ gas flow ratio	Sub. Temp (□)	FWHM (degree)	Grain size (□)
0.05	RT	0.255	377.189
0.1	RT	0.256	375.624
0.2	RT	0.248	388.026
0.1	100	0.234	411.784
0.1	200	0.214	450.269

Table1. FWHM of the Al:ZnO (002) peaks and grain sizes of the films deposited at rf power 200 W

Fig.3 은 O₂ gas flow ratio 에 의한 AZO 박막의 비저항과, 캐리어 농도, 홀 이동도를 나타낸다. 측정결과로 AZO 박막은 n-type 반도체의 특성을 나타낸다. O₂ gas flow ratio 가 0 에서 0.2 로 증가함에 따라 캐리어 농도는 5.37×10^{20} 에서 1.46×10^{20} 으로 홀 이동도는 20.19 에서 $2 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 으로 각각 감소하고 있다. O₂ gas flow ratio 가 0.05 일 때 AZO 박막의 가장 낮은 비저항값 $5.86 \times 10^{-4} \Omega$ 이다.

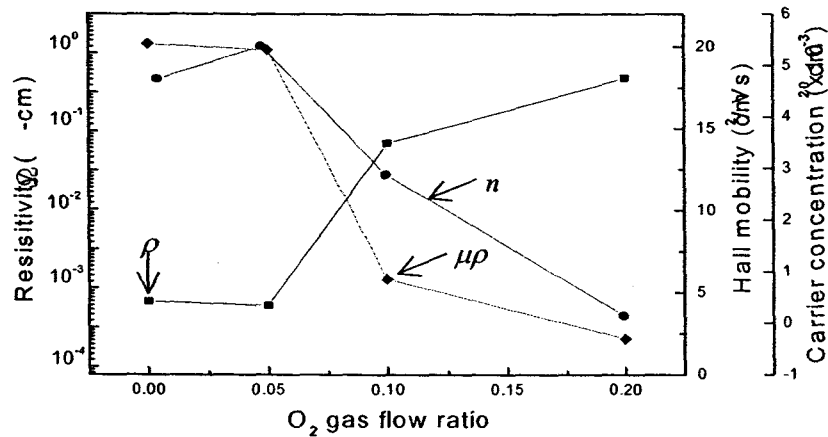


Fig.3. O₂ gas flow ratio dependence of resistivity (■), hall mobility (◆) and carrier concentration (●) of AZO film

(2) 구조적 특성과 전기적 특성

Fig.4는 RF power로 증착된 AZO 박막의 광투과도(Fig. 4a)와 밴드갭(Fig. 4b)를 나타낸다. 가시광선 영역에서 평균 광투과도는 약 90.7%이어서 투명전극으로 사용하기에 충분하다. AZO의

박막의 광투과도는 RF power에 영향을 거의 받지 않고, 강한 자외선 차단효과를 나타낸다. Fig.4b에서는 RF power에 따른 다양한 밴드갭을 보여준다. RF power가 증가하면 광학밴드갭은 3.35eV에서 3.23eV로 감소한다.

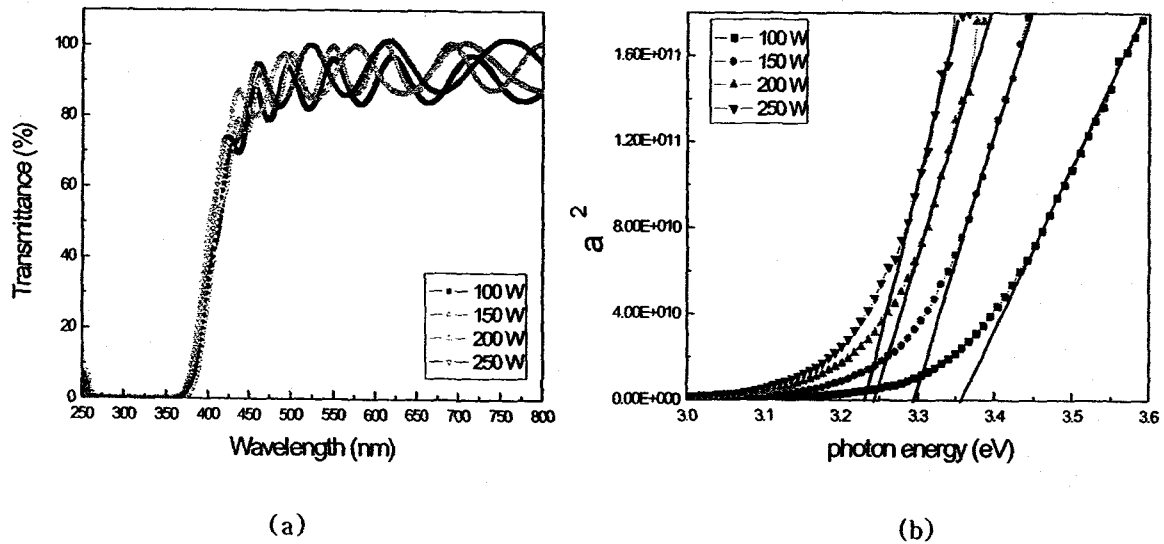


Fig. 4. (a) Optical transmission spectra (b) square of the absorption coefficient as a function of photon energy for the Al:ZnO films with various RF powers

4. 결론

RF magnetron sputtering으로 AZO박막을 증착하였다. 이 박막은 Hexagonal 구조를 가진 다결정계이며, 강한 c-축 우선 배향성을 가진다. 평균 광투과도는 가시광선 영역에서 90.7%이상이고, 가장 낮은 저항 값은 $5.86 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 이다.

참고문헌

- [1] S. Major, K.L. Chopra, Sol. Energy Mater. 17 (1998) 319.
- [2] D.H. Zhang, T.L. Yang, J. Ma, Appl. Surf. Sci. 158 (2000) 43.
- [3] T. Minami, H. Sonohara, Jpn. J. Appl. Phys. 33 (1994) L1693.
- [4] W.S. Lan, S.J. Fonash, J. Electron. Mater. 16 (1987) 141.
- [5] K. Eilmer, J. Phys. D: Appl. Phys. 33 (2000) R17.
- [6] A. Malik, A. Seco, R. Nunes, E. Fortunato, R. Martins, Mater. Res. Soc. Symp. 471 (1997) 47.