

RF스퍼터링법으로 제작한 ZnO박막의 특성평가

정세민, 정광천, 최유신, 김도영, 김철수, 이준신
 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학부

The Properties Characterization of ZnO Thin Film Grown by RF Sputtering

S. M. Jung, K. C. Chong, Y. S. Choi, D. Y. Kim, C. S. Kim, Junsin, Yi
 Sung Kyun Kwan Univ.

Abstract - ZnO shows the properties of wide conductivity variation, high optical transmittance, and excellent piezoelectricity. Using these properties of ZnO, the material applications were extended to sensors, SAW filters, solar cells, and display devices. This paper investigated transmittance influencing factors for thin film ZnO grown by RF magnetron sputtering. The growth rate and structural investigation were carried out in conjunction with optical transmittance characteristics of thin film ZnO. The glass substrate temperature of 175°C exhibited a preferential crystallization along (002) orientation. Transmittance of ZnO film deposited at the substrate temperature of 175°C showed higher than 92%. An active sputter gas was investigated with a variation of O₂ partial pressure from 0 to 10% in an Ar atmosphere. ZnO film grown in 100% Ar gas shows that a reduced transmittance of 82% at the short wavelengths and decreased resistivity value. As the partial pressure of O₂ gas increased, the optical transmittance was increased above 90% at the short wavelengths, however, resistivity was drastically increased to higher than 10⁴Ω-cm.

1. 서 론

ZnO는 결정구조의 이방성, 비화학양론적 결합구조, 광학적 투광성, 큰 굴절율과 압전상수 등의 다양한 특성 때문에 습도센서, SAW필터 및 태양전지 등의 응용분야에 이용되고 있다. ZnO 박막의 제조 방법으로 현재 가장 많이 사용되고 있는 대표적인 방법으로 CVD법, 스퍼터링법 등이 있다. CVD법은 스퍼터링법보다 증착속도는 우수하나 박막의 표면이 거칠고 고온에서 증착이 이루어지는 단점이 있다. 이에 반해 스퍼터링법은 우수한 표면의 평활

도를 가진 조밀한 박막과 전기 및 광학적 특성이 우수한 박막의 제조가 용이하다. 따라서 본 연구는 스퍼터링법을 이용해 유리기판 위에 ZnO박막을 형성한 후 스퍼터링 조건에 따른 ZnO박막의 증착율, 광투과율 및 XRD등으로 증착막의 특성 조사를 통해 광 투과율 변화에 미치는 영향을 분석하였다. 스퍼터링법에 의해 증착된 박막은 증착시의 기판온도, O₂와 Ar 가스의 혼합비, RF 입력전력, 기판과 타겟과의 거리 등에 따라 그 물성이 변하므로 증착 조건에 따른 ZnO박막성장 연구를 통해 태양전지와 평면화면 표시소자응용에 기초자료로 사용하고자 한다.

2. 본 론

2.1 실험순서

본 연구에서 ZnO박막성장 및 특성평가순서는 아래의 그림 1과 같다

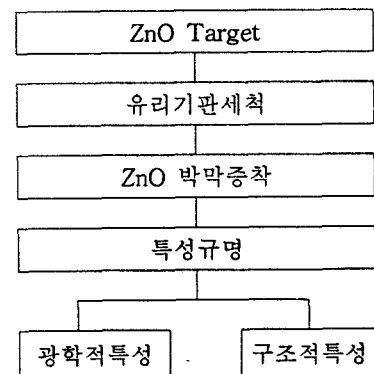


그림 1. 본 연구에 적용된 ZnO 박막성장 및 광투과도 실험순서.

Fig 1. An experimental procedure used in ZnO thin film growth and optical transmittance study.

본 연구에서는 여러가지의 증착조건에 따른 광투과율을 조사하고자 한다. ZnO 박막을 증착하기 위하여 순도가 99.999%인 소결체 ZnO 타겟을 사용하였고 증착전에 기판을 아세톤, 알콜, 증류수 속에서 각각 10분간 초음파 세척을 한 후 질소를 이용해 송풍 건조하였다. RF 마그네트론 스퍼터링 장비(Vacuum Science사)의 챔버내 진공유지는 로터리 펌프와 diffusion 펌프를 이용하였고, 플라즈마 유기에 사용되는 RF 입력전력은 13.56[MHz]의 주파수와 15~300[W]의 출력을 가지며, 용량성 임피던스 매칭으로 전력의 효율을 극대화 하였다. 유입되는 아르곤가스와 산소가스의 양은 MFC(Mass Flow Controller)를 이용하여 조절하였고, 챔버내 불순물에 의한 박막의 오염을 최소화하기 위해 초기진공도는 5×10^{-6} [torr]이상의 고진공을 유지하였다. 기판으로는 유리기판을 사용하였다. 개략적인 스퍼터링의 구조는 그림 1과 같으며 실험조건은 표 1과 같다.

표 1. ZnO 박막의 증착조건.

Table 1. Deposition Conditions For the Growth of ZnO Thin Film.

증착변수	스퍼터링조건
RF power	200W
타겟-기판간 거리	6cm
기판온도	25°C ~ 400°C
O ₂ 비율	0~10%
기판재료	유리기판

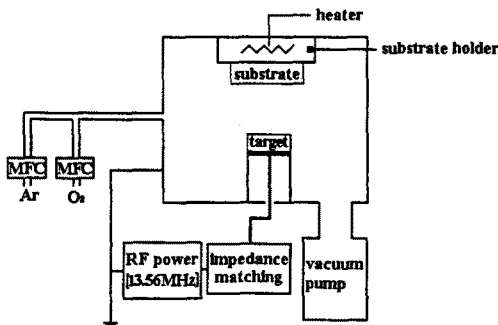


그림 2. RF 마그네트론 스퍼터장치의 개략도.

Fig 2 A schematic diagram of the RF magnetron sputter system.

2.1 기판온도에 따른 증착률

그림 2는 스퍼터링 가스압 5×10^{-3} [Torr], RF 전력 200 [W], 기판-타겟간 거리 6cm, 순수 Ar 분위기에서 성장시킨 ZnO 박막의 온도변화에 따른 증착률을 나타내었다. 온도의 증가에 따라 증착률은 약간의 증가를 보이지만 250°C 이상에서는 거의 일정함을 보이고 있다. 그러나, 400°C에서는 증착률이 약간 감소됨을 보였다. 기판온도 300°C 이상에서는 기판상에 도달한 입자의 thermal energy 증가로 인하여 기판표면에서 이동도가 증가하게 되고, 표면에 증착된 입자의 이동도 증가는 성장속도를 감소시키는 것으로 사료된다. 또한 표면의 이동도 증가는 ZnO 박막의 결정화에도 영향을 주어 (002)면으로 우선방위성장보다는 (100), (002), (101) 등의 여러 결정 방향으로 성장됨을 보였다.

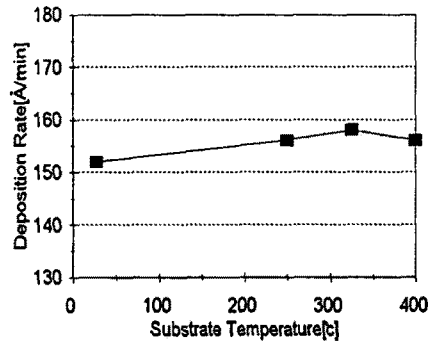


그림 3. 기판온도에 따른 증착률의 변화

Fig 3. Variations in deposition rate as a function of substrate temperature.

2.2 광학적 특성

그림 4과 그림 5에는 ZnO 박막의 온도와 가스비에 따른 광투과율은 나타내었다. 조사된 파장영역 전 범위를 평균하여 볼 때 기판온도 175°C 이하에서 92% 이상의 우수한 광투과도를 보이나, 실온에서 증착된 시료의 경우 단파장과 장파장 영역에서 비교적 감소된 광투과도인 83%를 보였다. O₂의 영향은 Ar의 주된 분위기에서 O₂ 부분압을 0에서 10%까지 변화하며 조사하였다. O₂ 부분압은 기판의 온도보다는 광투과에 미약하게 영향을 주었다. 순수 Ar 가스만 유입하면 ZnO 박막의 광투과도는 약 82%로 낮았으며, 비저항은 기존에 보고되는 투명전도막 비저항값보다는 높지만 전반적으로 감소되었다. O₂ 부분압이 증가되면 단파장 영역에서도 90%이상의 광투과도를 보이지만, 비저항값이 급격히 증가되어 $10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ 이상으로 측정되었다. 향후 연구는 ZnO 박막내의 불순물 농도를 증가하여 비

저항 성분을 더욱 낮출 예정이다.

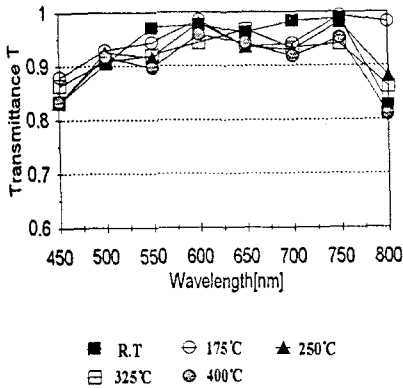


그림 4. 기판온도에 따른 광 투과율 변화.
Fig 4. Optical transmittance changes for the various substrate Temperature.

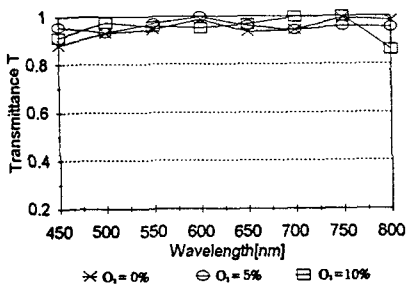


그림 5. 가스비에 따른 광 투과율 변화도.
Fig 5. Optical transmittance variation as a function of O₂ partial pressure.

2.3 구조적 특성

그림 5는 기판온도에 따른 XRD결과를 나타내었다. 그림에서 보듯이 175°C에서 가장 우수한 (002)면의 우선배향이 나타남을 알 수 있으며 기판온도가 증가함에 따라 (100), (101)면의 혼합된 면성장을 볼 수 있다. 이는 기판온도가 증가함에 따라 스퍼터링된 입자의 표면이동도 증가로 에너지의 불안정이 여러방향 결정립 성장을 이루는 것으로 생각된다.

3. 결 론

RF 마그네트론 스퍼터링법에 유리기판에 제조한 ZnO박막의 특성평가에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 유리기판위에 증착한 ZnO박막의 증착물은 전형

적인 RF스퍼터링의 특성을 보였으며 기판온도는 175°C일 때 (002)면의 성장이 우수하였다.

(2) 투과율은 낮은 온도인 175°C에서 92%이상의 투과율을 보이며, 순수 Ar 유입시 보다는 O₂의 유입시 투과율은 개선되었다.

(3) 증착된 박막의 결정성장이나 투과율은 열처리와 불순물 농도를 조절함에 따라 향상시킬 수 있리라 사료된다.

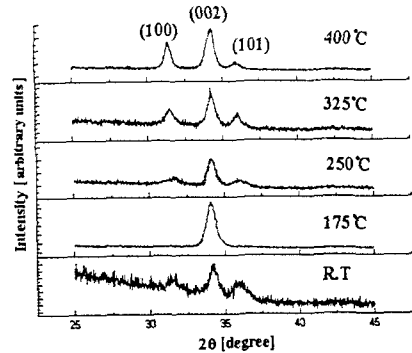


그림 6. 기판온도에 따른 ZnO박막의 XRD 패턴.
Fig 6. XRD patterns of ZnO films for the various with substrate temperature.

(참 고 문 헌)

- [1] 이종덕, 고상춘, 송준태, "고주파 마그네트론 스퍼터링으로 증착한 ZnO박막의 증착변수와 열처리 온도에 따른 c축 배향성 연구", 전기학회지, 제45권, pp840-850, 1996
- [2] H. Nanto, T. Minami, S. Shooji, and S. Takata, "electrical and optical properties of zinc oxide films prepared by rf magnetron sputtering for transparent electrode applications", J. Appl. Phys. Vol. 55, No. 4, pp.1029-1034, 1079.
- [3] C. R. Aita, A. J. Purdes, R. J. Lad, and P. D. Flukenbusch, "The effect of O₂ on reactively sputtered zinc oxide", J. Appl. Phys. Vol. 51, No. 10, pp. 5533-5536, 1980.
- [4] 이승환, 성영권, 김종관, "A properties of ZnO thin film deposited by magnetron sputtering and its resistivity and microstructure due to annealing", 전기전자재료학회지, Vol, 10, No. 2, pp.126-133, 1997.
- [5] Syuichi Takada, "Relation between optical property and crystallinity of ZnO thin films prepared by rf magnetron sputtering", J. Appl. Phys. Vol. 73, No. 10, pp. 4739-4742, 1993.