

증착 변수에 따른 TCO 박막의 전기적 및 광학적 특성

정충현*, 홍윤정, 김혜진, 이규만, 안진형, 김상호, 김영철

한국기술교육대학교 신소재공학과

The Electrical and Optical Characteristics of TCO Thin Films with Processing Parameters

Chung-Heon Jeong*, Youn-Jeong Hong, Hye-Jin Kim, Kyu-Mann Lee

Jin-hyung An, Sang-ho Kim, Yeong-cheol Kim

Dept. of Advanced Materials Engineering, Korea University of Technology and Education

초록

RF 스퍼터링법을 이용하여 AZO(Al 2wt%, ZnO 98wt%)박막을 glass위에 증착한 후 증착 시간과 증착 압력에 따른 면저항, roughness 및 광투과도를 조사하였다. 본 연구에서 AZO박막의 면저항은 4-point probe(Guardian, 402S)으로 측정하였으며 광투과도는 IR-VIS-UV spectrophotometer로 측정하였다. AZO 박막을 20분 증착하는 동안, 아르곤 flow양이 50, 100, 150sccm일 때 면저항은 20 Ω/\square 이고, 200sccm일 때 37.44 Ω/\square 였다. AZO 박막의 두께를 일정하게 증착하는 동안, 아르곤 flow양이 50sccm일 때 면저항은 49.6 Ω/\square 이고 100, 150, 200sccm일 때 38 Ω/\square 였으며, 광투과도는 모두 80%이상을 보였다. Roughness는 각각 4.1nm, 7.6nm, 5.2nm, 16.9nm였다

1. 서론

최근 TCO 박막은 다양한 평판 표시 (flat panel display;FPD) 소자와 태양전지 같은 광전자 소자들의 투명전극으로서의 광범위한 사용 때문에 많은 관심을 끌고 있다. 특히, LCD(Liquid crystal display), PDP(Plasma display panel) 그리고 OLEDs(organic Light-Emitting diodes)와 같은 FPD 소자들은 점점 대면적화, 고정밀화, 픽셀 수의 증가 쪽으로 설계되고 있기 때문에, TCO 박막은 고품질의 FPD 소자를 만드는데 있어서 중요한 요소가 되고 있다.

최근 OLED 기술이 발달함에 따라, 낮은 비저항과 높은 광투과율을 가지고 있는 투명전극이 필요하게 되었다. 투명전극의 표면형태는 전극에 큰 영향을 미친다.

본 연구에서는 스퍼터링 공정으로 glass 에 AZO 박막을 증착한 후 증착두께 및 증착압력에 따른 전기적 및 광학적 특성을 분석하고, OLED device 의 발광효율에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험 방법

AZO 투명전극은 RF 스퍼터링 공정을 통해 glass 기판에 증착되었다. Target 은 aluminum doped zinc oxide (Al 2wt%, ZnO 98wt%)를 사용하였다. 증착하기 전에 glass 기판은 아세톤과 알코올에

각각 30 분씩 초음파 세척후, DI water 로 깨끗이 씻겨낸 후 N2 가스로 건조하였다. 기판과 타겟의 거리는 50mm 였다. 시편의 치수는 40mm x 30mm 이었고, 기판온도는 300℃ 이었으며, chamber pressure 는 1.9×10^{-5} torr 였다. 스퍼터링 gas 로 Ar gas 를 사용하였다. 박막의 두께는 대략 2000Å로 유지시켰으며 두께는 a-step(Tenco, p-2)로 측정되었다. 필름의 면 저항은 4-point probe(Guardian, 402S)로 측정되었으며, 필름의 수직 미세구조는 FE-SEM(Field emission scanning electron microscopy)으로 측정되었다. 필름의 광학적 특성은 IR-VIS-UV spectrophotometer(Varian, Cary-500)으로 측정되었다.

3. 실험결과 및 고찰

RF 스퍼터링 공정으로 AZO 박막을 증착 하였다. 모든 박막은 300℃에서 동일한 조건으로 제작되었으며, 면 저항은 $4 \times 3 \text{ cm}^2$ 의 동일한 크기로부터 측정되었다.

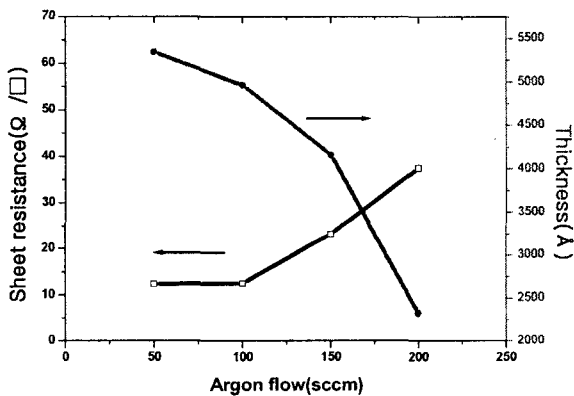


Fig.1. The Sheet resistance and Thickness of AZO films deposited to different Ar flow(at 300℃, 60W, working-pressure 4×10^{-2} torr, 20min)

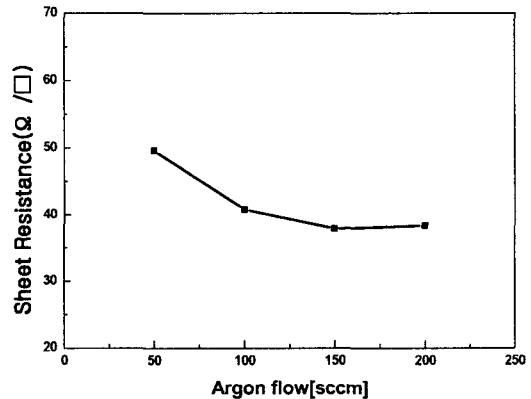


Fig.2. The Sheet resistance of AZO films deposited to different Ar flow (at 300℃, Power 60W, thickness 2000 Å)

Fig.1 은 아르곤 flow 양에 따른 증착 두께 및 면 저항을 나타내었다. 증착시간은 20 분동안 일정하게 유지하였다. 그래프에서 볼 수 있듯이 아르곤 flow 양이 증가할수록 증착물은 감소하는 경향을 보였으며, 저항은 비슷하다가 200sccm 에서 증가하였다. 이는 박막의 두께가 얇을 경우, 비저항 자체도 두께 의존도를 갖기 때문인 것으로 생각된다. 즉 박막 두께가 작을수록 비 저항이 증가하기 때문이다. 박막의 면 저항, 즉 $R = \rho / t$ 로 주어진다. 여기서 ρ 는 비 저항, t 는 박막의 두께를 각각 나타낸다. 이와 같이 박막의 면 저항은 두께의 함수로 주어지기 때문에 박막 두께가 감소할수록 면 저항은 증가하게 된다. 따라서 아르곤 flow 량이 50, 100, 150sccm 일 때 면 저항이 비슷하면서, 200sccm 일 때 면저항이 증가한 이유가 두께 때문인지 확인하기 위해서 두께를 일정하게 증착하여 실험하였다. Fig.2 는 증착 두께를 2000Å로 일정하게 유지한 후

아르곤 flow 양에 따라 변하는 면 저항을 나타내었다. 두께를 일정하게 유지시킨 결과 아르곤 flow 양이 50sccm 일 때 저항이 가장 높았으며, 100, 150, 200sccm 에서는 비슷한 경향을 나타내었다.

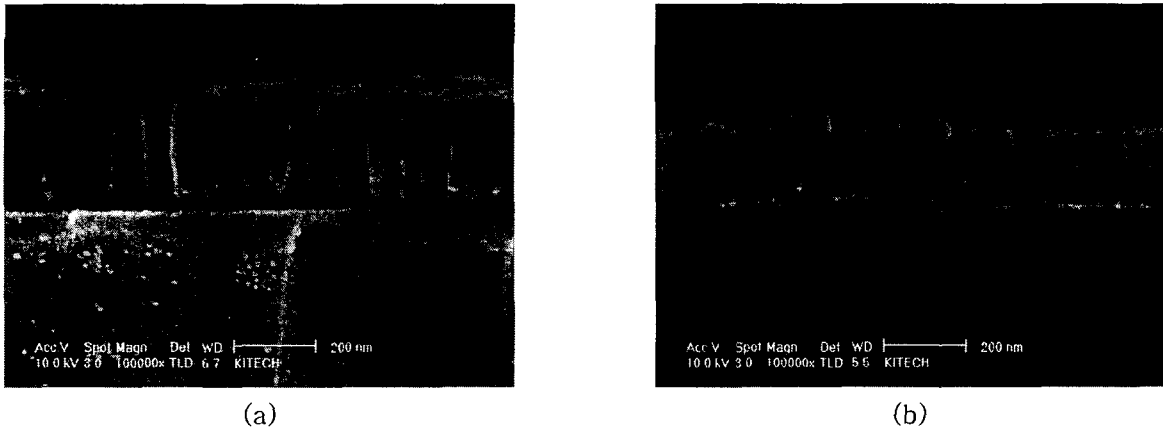


Fig.3. FE-SEM images of the AZO films deposited to different Ar flow (Thickness 2000 Å, 300°C) (a)50sccm (b)200sccm

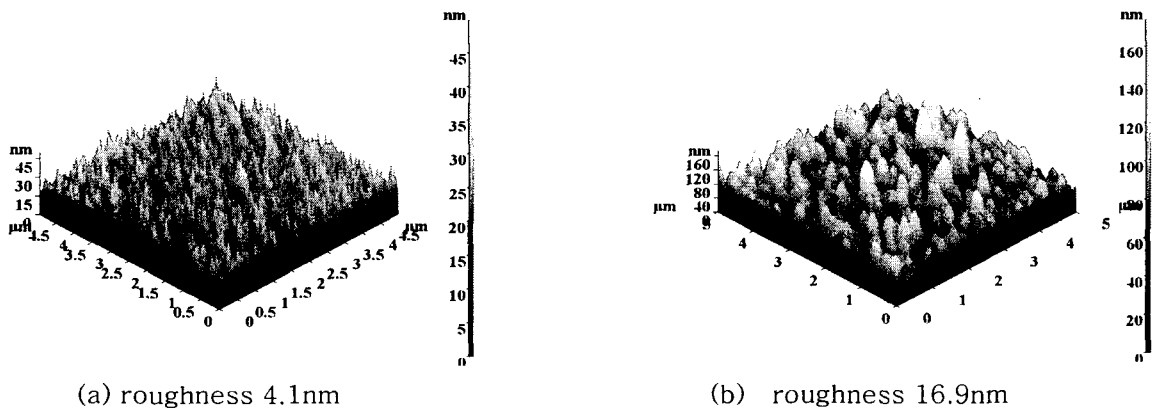


Fig.4. AFM images of the AZO films deposited to different Ar flow (Thickness 2000 Å, 300°C) (a)50sccm (b)200sccm

Fig.3은 아르곤 flow양에 따라 증착된 AZO박막을 FE-SEM으로 측정한 것이다. 그림에서 보듯이 grain 성장은 columnar 방향으로 성장한다. Fig.3 (a)는 기판온도 300°C에서 두께를 2000 Å으로 증착한 후 아르곤 flow양이 50sccm일 때를 측정한 것이고, (b)는 200sccm일 때를 측정한 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이 50sccm에서 면 저항이 증가한 이유는 glass와 AZO박막 사이의 interface의 불완전한 증착으로 볼 수 있다. Fig.4는 아르곤 flow량에 따라 증착된 AZO박막을 AFM으로 측정한 것이다. 아르곤 flow양이 50sccm일 때의 roughness는 4.1nm이고, 200sccm일 때의 roughness는 16.9nm이다. Roughness의 차이가 생기는 원인을 살펴보기 위해서 Fig.3의 결과를 살펴볼 필요가 있다. AZO막은 columnar로 성장하였으며, columnar grain의 폭은 증착압력에 상관없이 거의 일정하다. 한편, Ar flow양, 즉 증착압력의 차이는 결국 증착시간의 차이를 유발하며, 본 실험에서도 50sccm의 증착시간이 480sec인 반면에, 200sccm의 증착시간은 1200sec로서 거의 2.5배의 증착시간이 소요됨을 알 수 있다. 본 실험의 증착온도가 300°C로 비교적 고온이므로, 결정성장의 과정에서 roughness의 차이가 생긴 것으로 판단된다.

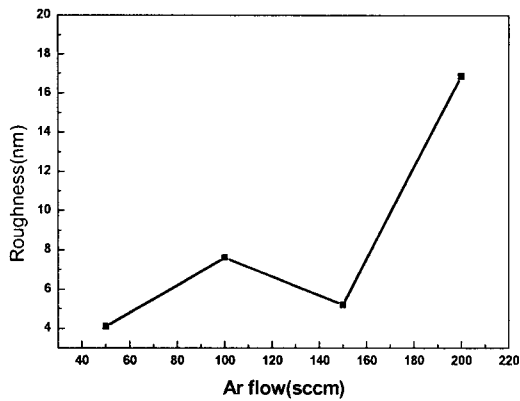


Fig.5. The Roughness of AZO films deposited to different Ar flow

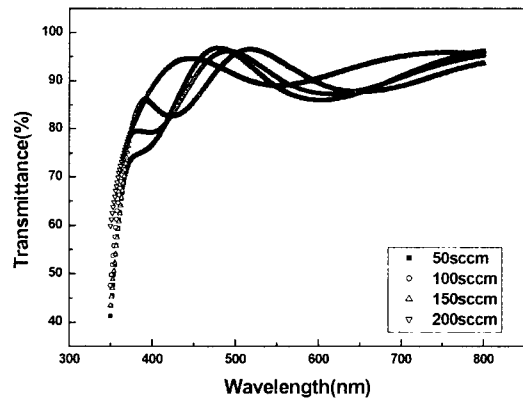


Fig.6. The transmission of AZO films deposited to different Ar flow

Fig.5는 아르곤 flow양에 따른 roughness를 나타내었다. 아르곤 flow량이 50, 100, 150sccm일 때 roughness는 비슷하였으며, 200sccm일 때 크게 상승하였다. 이때 증착시간은 각각 480sec, 510sec, 630sec, 1200sec였다. 이는 전술한 내용과 일치한다고 볼 수 있다. 즉, 결정성장 시간이 roughness 차이에 큰 영향을 미침을 알 수 있다. Fig.6는 아르곤 flow양에 따른 광투과도를 나타내었다. 투명전극으로서의 광투과도 최저 요구조건은 80%(wavelength : 550nm)이다. 그림에서 보듯이 모든 아르곤 flow양에서 광투과도가 80%를 넘었지만 아르곤 flow량이 50, 200sccm에서는 투과도가 80% 근처이고, 특히 100, 150sccm에서는 90% 이상의 우수한 투과도를 나타내었다.

4. 결론

RF 스퍼터링법을 이용하여 증착압력에 따른 AZO 박막의 면저항 및 roughness, 광투과도를 조사하였다. AZO 박막을 20분 증착하는 동안, 아르곤 flow 양이 50, 100, 150sccm일 때 면저항은 20 Ω/□이고, 200sccm일 때 37.44Ω/□였다. 두께의 의존도를 확인하기 위하여 AZO 박막의 두께를 일정하게 증착하는 동안, 아르곤 flow 양이 50sccm일 때 면저항은 49.6 Ω/□이고 100, 150, 200sccm일 때 38Ω/□였으며, 광투과도는 모두 80%이상을 보였다. Roughness는 각각 4.1nm, 7.6nm, 5.2nm, 16.9nm였다. 이때 증착시간은 각각 480sec, 510sec, 630sec, 1200sec였다.

후기

본 연구는 산업자원부 지방기술혁신사업(RTI04-01-02) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] Sae Mulli(The Korea Physical Society), Volume 46, Number 4, 2003년 4월, pp.213-219
- [2] Su-shia Lin, Jow-Lay Huang, Ceramics International 30, 2004, pp.497-501
- [3] Yun M.Chung, Chang S.Moon, Min J.Jung, Surface&Coatings Technology 200, 2005, pp936-939
- [4] B.G.Choi, I.H.kim, K.S.Lee, T.S.Lee, B.Cheong, Y.J.Baik, W.M.Kim, Journal of the European Ceramic Society 25, 2005, pp.2161-2165