

Polymer 기판상에 제작된 AZO/Ag/AZO 다층박막

김상모, 임유승, 금민종*, 김경환

경원대학교 전기공학과, *플라즈마 응용 표면 기술센터

초 록

We prepared Al doped ZnO/Ag/Al doped ZnO on the polymer substrate by Facing Target Sputtering (FTS). FTS featured Facing Target Sputtering featured that deposition is stable at the low pressure, it has high plasma density and suppresses the substrate damage from energetic particles. We fixed to 50nm up and down thickness of AZO layer, respectively and that of intermediate Ag layer was adjusted with deposition time. In the result, AZO/Ag/AZO multilayer thin films have much better electrical conductivity than AZO single layer thin film. As increasing the thickness of Ag layer, the transmittance decreased.

1. 서 론

Transparent Conductive Oxide(TCO)는 Flat Panel Display(FDP), Solar cell 등의 투명전극과 같은 광전자 소자에 사용된다. 현재는 높은 투과도($\sim 90\%$ at 550nm), 낮은 비저항($\sim 2 \times 10^{-4} \Omega\text{-cm}$), 높은 일함수($\sim 4.8\text{eV}$) 등의 장점을 갖고 있는 Indium Thin Oxide($\text{In}_2\text{O}_3 : \text{Sn}$, ITO)를 주로 사용한다. 하지만 In는 희소성, 고가격, 유독성, 접착력 때문에 이를 대체하기 위한 연구가 많이 진행되고 있다. 그 중에서 ZnO 박막은 상온에서 증착이 가능하고, 낮은 원자재 가격과 플라즈마에 대한 안정성이 우수하며 OLED, PDP, LCD 등과 같은 평판 디스플레이 장치의 투명전극으로 사용되는 ITO의 대체물질로 주목받고 있다. 특히 3가 원소인 B, Al, Ga, In 등의 불순물을 도핑한 ZnO는 ITO에 비해서 예칭하여 제어하기 쉽고, 비독성, 수소 플라즈마 환원에 대한 저항성이 더 클 뿐 아니라, 저온 증착이 가능하여 널리 사용되고 있다. 하지만 도핑된 ZnO, 특히 Al이 도핑된 ZnO(AZO)는 ITO와 비교해서 투명전극으로서 사용하기에는 비저항값이 높다. 그래서 제안된 방법으로 metal 계열의 Ag, Au, Cu 등을 수 나노 단위로 코팅하는 방법이 연구되고 있다. 특히 Ag 은 $10^{-6} \Omega\text{-cm}$ 에서 시작되고, low-e 코팅 및 EMI 방지용으로 사용되고 있다.[1], [2]

본 논문에서는 대향 타겟 스퍼터링(Facing Targets Sputtering) 장치를 이용하여 플렉시블 기판인 polyethersulfon(PES) 기판 상에 Al doped ZnO/Ag/Al doped ZnO 다층박막을 증착시켰다. 제작된 다층 박막은 전기적, 구조적, 광학적 특성을 조사하였다.

2. 실험 방법

AZO/Ag/AZO 다층박막의 증착 조건은 표1과 같다. 실험에 사용된 PES기판은 증류수와 IPA에서 10분간 초음파 세척 후에 오븐에서 100°C 로 30분간 건조하였다.

그림 1은 AZO/Ag/AZO 다층막 제작에 사용된 대향 타겟식 스퍼터링 장치를 나타낸 것이다. 대향 타겟식 스퍼터링 장치는 타겟과 기판이 서로 마주보는 기존의 방식과 달리, 두 타겟이 마주보게 배치되어 있으며, 기판은 중앙에서 일정거리에 떨어져 배치된 구조를 가지고 있는 장치이다. 플라즈마는 두 타겟 사이에 생성된다. 이러한 구조는 플라즈마로부터 기판이 떨어져 있기 때문에 박막 제작시, 스퍼터된 입자의 충돌 등으로 인한 기판 손상을 최소화 할 수 있다.[6] 그리고 Vacuum-break 없이 다층박막을 제작하기 위해서 FTS를 그림1과 같이 위아래로 구성하였다.

표 1. AZO/Ag/AZO 다층박막 제작 조건

Deposition Parameter	Conditions	
Targets	ZnO:Al(Al ₂ O ₃ 2wt%)-Zn(5N)	Ag(5N)-Ag(5N)
Substrate	PES(polyethersulfon)	
Bass pressure	9 x 10 ⁻⁴ Pa	
Working pressure	0.1Pa	
Ar : O ₂ Gas flow ratio	0.2	Ar-ambient
Input power	100W	

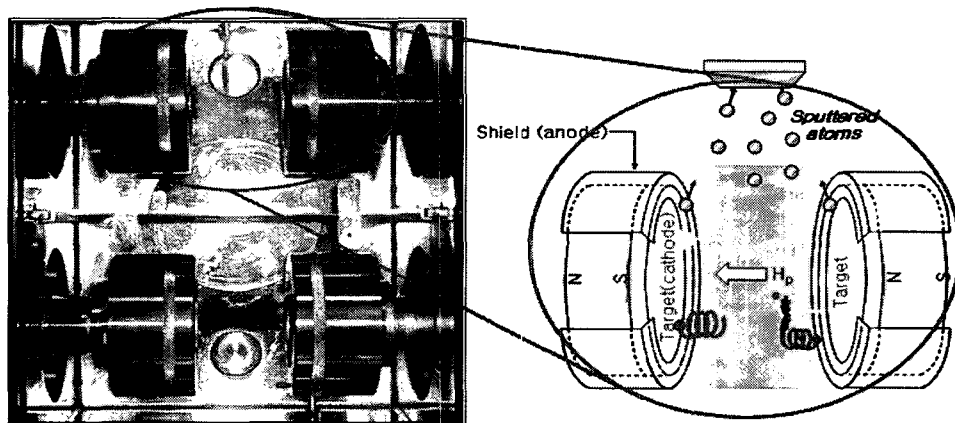


그림 1. 대향 타겟식 스퍼터링 장치

그림 2는 제작된 AZO/Ag/AZO 다층박막의 구조를 나타낸 것이다. 아래층과 위층 AZO의 두께는 50nm로 고정하고, 중간층에 증착된 Ag의 두께를 변화시켰다.

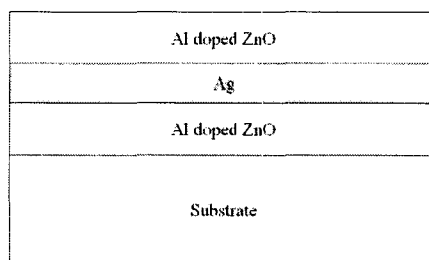
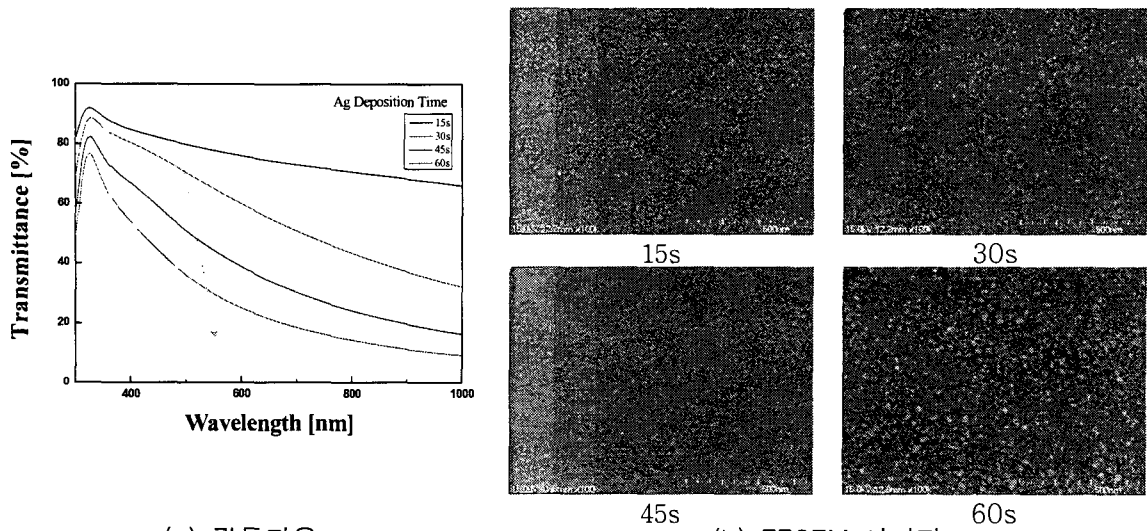


그림 2. AZO/Ag/AZO 다층박막의 구조

제작된 다층박막의 특성은 X-ray diffraction(XRD), UV-VIS spectrometer, Hall effect measurement system, α -step을 이용하여 측정하였다.

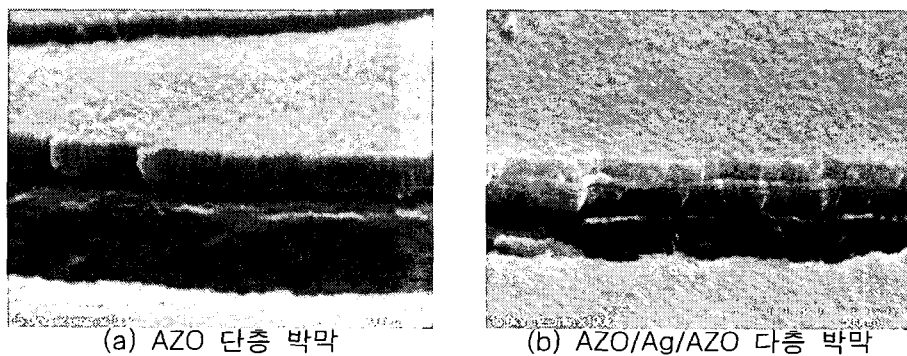
3. 실험결과 및 고찰

그림 3은 Ag의 증착시간에 따른 광투과율 및 SEM 이미지이다. 다층박막 제작에 앞서서 Ag의 증착률을 알아보았다. Ag의 증착률은 약 0.45 nm/s로, Ag의 두께가 증가할수록 광투과율이 감소함을 알 수 있었다. 하지만 Ag의 증착률은 일반적인 기판위에 증착된 두께를 측정 결과값이다. 실험에서 사용된 PES 기판의 표면과 함께 증착된 하부 AZO의 상태에 따라서 Ag의 증착률에 영향을 미칠 것으로 사료된다.[2, 3] 따라서 본 실험에서는 중간층에 삽입된 Ag의 두께를 측정 시간에 따라서 예상하였으며, 그에 따라 결과값을 도출하였다.



(a) 광투과율 (b) FESEM 이미지
 그림 3. Ag의 증착 시간에 따른 (a) 광투과율 (b) FESEM 이미지

그림 4는 AZO 단층과 AZO/Ag/AZO 다층박막의 FESEM의 이미지를 나타낸 것이다.



(a) AZO 단층 박막 (b) AZO/Ag/AZO 다층 박막
 그림 4. FESEM 이미지 (a) AZO 단층 박막 (b) AZO/Ag/AZO 다층 박막

그림 5는 Ag의 증착 시간의 변화에 따른 AZO/Ag/AZO 다층막의 전기적 특성을 나타낸 것이다. Ag의 증착 시간이 30s일 때 비저항값이 증가함을 볼 수 있다. 이것은 Ag의 두께(<15nm)에서는 Ag 입자간의 응집력으로 인하여 막이 균일하게 형성되지 못하고 뭉치는 현상인 섬상구조(Island structure)를 가지게 된다. 이것은 scattering center 역할을 함으로써 캐리어를 scattering함으로써 이동도의 감소와 비저항값의 증가한 것으로 사료된다.[3-5] 하지만 Ag의 두께가 증가하고, 균일한 막이 형성됨에 따라 이동도는 증가하고, 비저항값은 감소하게 된다.

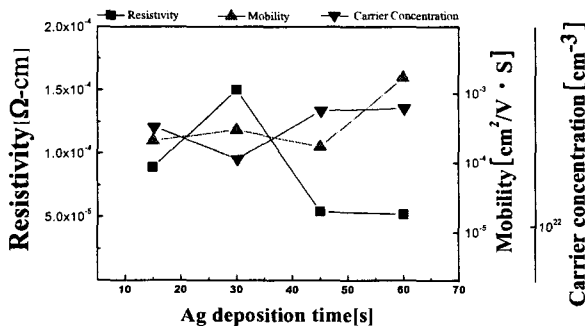


그림 5. Ag 증착 시간에 따른 AZO/Ag/AZO 다층박막의 전기적 특성

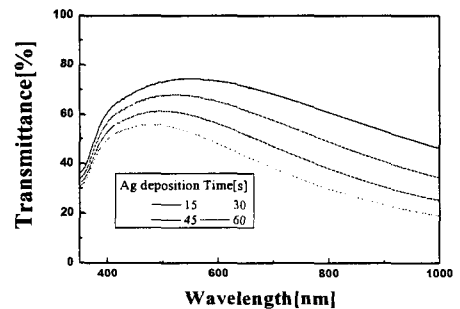


그림 6. Ag 증착 시간에 따른 AZO/Ag/AZO 다층박막의 광투과율

그림 6은 Ag 증착 시간에 따른 AZO/Ag/AZO 다층박막의 광투과율을 나타낸 것이다. 증착 시간이 45s일 때 광투과율이 거의 80%에 가까운 값을 가졌다. 하지만 증착 시간이 15s/30s 일 경우에는 오히려 60s 일 때보다 광투과율이 낮아짐을 확인 할 수 있었다. 이것은 Ag의 박막이 섬상 구조를 이루고 있으며, 이러한 구조로 인해 빛의 산란이 발생된 것으로 사료된다.[3-5]

그림 7는 AZO/Ag/AZO 다층박막의 XRD 패턴을 나타낸 것이다. 제작된 모든 박막에서 (002)방향의 회절 피크를 관찰할 수 있었다. 그리고 Ag의 증착 시간이 증가함에 따라 회절 피크가 관찰됨을 확인할 수 있었다. 45s 이후 AZO/Ag/AZO 다층박막의 비저항값이 크게 감소됨을 확인할 수 있는데, 이는 Ag 결정성 향상으로 인한 전기적 특성이 개선됨을 확인할 수 있었다.

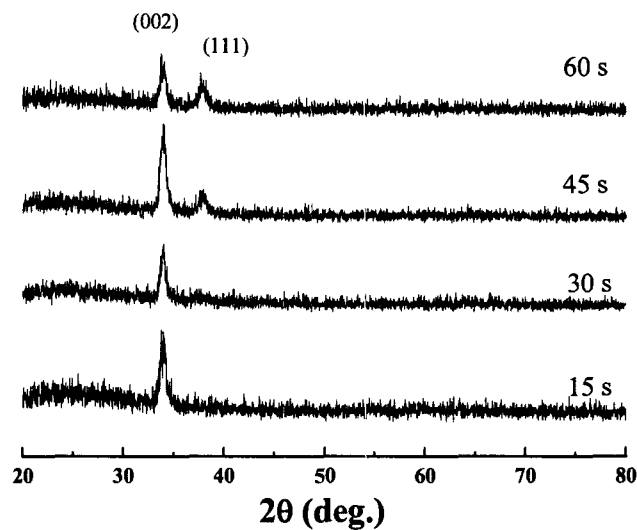


그림 5. AZO/Ag/AZO 다층박막의 XRD 패턴

4. 결론

본 연구에서는 대향 타겟 스퍼터링 방법을 이용하여 실온에서 PES기판상에 AZO/Ag/AZO 다층박막을 제작하였다. 제작된 박막은 (002), (111) 방향의 회절 피크를 관찰할 수 있었으며, 실온에서 다층박막에 중간층으로 도입된 Ag 증착시간이 45s일 때(20.25nm) 가장 낮은 $5.4 \times 10^{-5} \Omega\text{-cm}$ 값을 얻을 수 있었으며, 가시광 영역에서 80% 에 가까운 광투과율을 얻었다.

후기

이 논문은 2007년도 두뇌 한국 21 사업에 의하여 지원되었음.

참고문헌

- [1] Yasuhiro IGASAKI, Michiaki ISHIKAWA and Goro SHIMAOKA, Applied Surface Science 33/34 926-933 North-Holland. Amsterdam, 1988
- [2] K.H. Choia, J.Y. Kima, Y.S. Leeb, H.J. Kima, Thin Solid Films 341,152-155, 1999
- [3] D.R. Sahu, Shin-Yuan Lin, Jow-Lay Huang, Applied Surface Science 252, 7509-7514, 2006
- [4] Takashi Tsuji, Mitsuji Hirohashi, Applied Surface Science 157 (47-51), 2000
- [5] Y. Tsuda, H. Omoto, K. Tanaka, H. Ohsaki, Thin Solid Films 502, 223, 2006
- [6] K. H. Kim, I. H. Son, K. B. Song, S. H. Kong, M. J. Keum, S. Nakagawa and M. Naoue, Applied Surface Science. 169-170, pp410, 2001