

ITO/PET 박막의 물성에 영향을 미치는 스퍼터링 전압 - 전류 영향

Effect of sputtering voltage - current on properties of ITO thin films deposited on PET

박소윤^{a*}, 송풍근^a^a부산대학교 재료공학과(E-mail:thdbs1125@pusan.ac.kr)

초 록: 최근 Touch screen panels (TSPs) 의 높은 전기적 특성 및 고해상도 요구에 따라 고품질 초박막 ITO의 중요성이 대두되고 있다. 하지만, 초박막 ITO 필름은 얇은 두께로 인해 낮은 결정성을 가지므로 높은 전기전도성을 확보하기 힘들다. 따라서 본 연구에서는, 결정성을 향상시키기 위하여 초기 박막의 성장에 영향을 주는 인자를 제어하였으며, 이러한 인자들 중 자장강도 변화에 따른 ITO 박막의 물성 변화를 관찰하였다. 그 결과 ITO 초박막의 전기적 특성은 스퍼터링 전류보다 스퍼터링 전압에 크게 의존하는 것을 확인 할 수 있었다.

1. 서론

ITO는 높은 전기전도성 및 광투과율을 가지므로 태양전지, 터치센서, 스마트윈도우, organic light emitting displays (OLEDs) 등에 널리 적용 된다. 특히, 최근 touch screen panels (TSPs) 의 높은 전기적 특성 및 고해상도 요구에 따라 고성능의 ITO 필름개발의 수요도 증가하는 추세이다. 지금까지 ITO 박막의 물성 및 기계적 특성에 관한 많은 연구가 진행되어 왔지만 초박막 ITO 필름에서의 근본적인 물성 변화에 대한 연구는 미흡한 실정이므로, 이러한 연구는 필수적이다. ITO 박막의 전기적 특성 특히, 면저항은 박막의 결정성에 크게 의존하며, 박막의 결정성은 박막의 두께가 증가함에 따라 증가하는 경향이 있다. 따라서 초박막 ITO 필름은 두께가 얇아 결정성이 낮고 면저항이 높다. 또한, ITO 필름의 결정성은 초기 박막의 성장에 영향을 주는 인자에 영향을 받는다. 특히, 박막의 초기 성장 단계에서 박막의 미세구조는 스퍼터링 공정 중에 생성되는 고 에너지 입자 (Ar^0 , O^-) 의 에너지에 영향을 많이 받기 때문에, 증착 중 기관에 도달하는 고 에너지 입자의 에너지 제어하기 위하여 적정 플라즈마 임피던스를 설정하는 것은 매우 중요하다. 이러한 플라즈마 임피던스는 자장강도에 따라 영향을 많이 받는다고 알려져 있다. 따라서 본 연구에서는, ITO 초박막의 전기적 특성에 대한 캐소드 자장강도 및 스퍼터링 전압-전류가 미치는 영향을 조사하였다.

2. 본론

본 연구에서는 DC 마그네트론 스퍼터링 법을 이용하였으며, 자장강도 550, 850, 1450 G 에서 박막 물성을 관찰하였다. ITO 타겟 (90 wt% In_2O_3 , 10 wt% SnO_2) 을 사용하였으며 기관은 SiO_2 barrier층이 증착된 PET(PolyEthylene Terephthalate) 를 사용하였다. 기관온도는 126°C였으며, 후 열처리는 130°C, 1시간에서 진행하여, 박막 물성을 비교하였다.

먼저, 최적 증착 조건을 설정하기 위하여, 스퍼터링 파워는 50, 100, 150 W, 작업압력은 0.28, 0.5, 0.75 Pa, 기관거리는 50 mm에서 증착하였다. 각 최적 증착조건 및 면저항은 자장강도 550 G 의 경우, 50 W, 0.5 Pa에서 141 Ω/\square 이었으며, 850 G 의 경우 100 W, 0.28 Pa에서 170 Ω/\square , 1450 G 의 경우, 150 W, 0.28 Pa에서 118 Ω/\square 의 값을 얻었다. 즉, 자장강도가 증가함에 따라 높은 파워 및 낮은 작업압력에서 최적 증착조건을 얻을 수 있었다. 이는 자장강도가 증가함에 따라 스퍼터링 전압은 감소하고 전류값은 증가하는 경향을 나타내기 때문이다. 하지만 각각의 자장강도에서 최적 증착 조건을 설정한 뒤 스퍼터링 전압-전류를 비교하였을 때, 스퍼터링 전압은 850, 550, 1450 G 순으로 높았다. 그리고 전기적 특성은 스퍼터링 전압이 낮은 1450, 550, 850 G 순으로 좋았다. 이는 스퍼터링 전압이 낮을때는 플라즈마 임피던스가 감소하여 ($V\downarrow$, $I\uparrow$) 스퍼터 입자의 영향을 받으나, 스퍼터링 전압이 높을때는 플라즈마 임피던스가 증가하여 ($V\uparrow$, $I\downarrow$) 고 에너지 입자의 영향을 많이 받아 전기적 특성이 저하된 것으로 생각된다.

그 후, 기관온도를 증가시키고 후 열처리를 진행함에 따라 전기적 특성이 변화함을 관찰하였다. 후열처리를 진행하였을때 850 G 에서 전기적 특성이 크게 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 이는 850 G 의 경우, 증착 중 고 에너지 입자의 박막 충격에 의해 박막 내부에 잔류응력이 상대적으로 많이 발생하였고, 후 열처리를 진행함에 따라 잔류응력이 완화되었기 때문이라고 판단된다.

3. 결론

두께가 매우 얇은 ITO 초박막의 물성 향상은 각각의 자장강도에 대한 스퍼터링 파워, 작업압력의 최적화를 통하여 실현할 수 있었다. 각 자장강도에 따라 최적 증착조건이 다르게 설정되었으며, 이는 자장강도에 따라 플라즈마 임피던스 값이 달라졌기 때문이다. 이를 통해 플라즈마 임피던스에 따른 스퍼터링 공정 중의 고 에너지 입자 (Ar^0 , O^-) 의 영향을 확인할 수 있었다. 자장강도가 낮은 경우에는 높은 파워, 낮은 작업압력에서 전기적 특성이 좋았으며, 자장강도가 높아질수록 낮은

파워, 높은 작업압력에서 전기적 특성이 향상 되는 경향이 나타났다. 또한, 각 자장강도의 최적 증착조건에서 전기적 특성은 1450, 550, 850 G 순으로 좋았다. 즉 스퍼터링 전압이 높을수록 전기적 특성이 나빠졌다. 즉, ITO 박막의 전기적 특성은 스퍼터링 전류값 보다 스퍼터링 전압에 더욱 크게 의존하는 것을 확인할 수 있었다. 그 후, 각 자장강도의 최적증착 조건에서 기판온도를 증가시키고 후 열처리를 진행하였을 경우, 850 G 에서 전기적 특성이 크게 향상되는 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

1. Y. Shigesato, R. Koshi-ishi, J. Ohsako, Vacuum, 59(2000)
2. O. Kamiya, Y. Onai, H. Kato, Y. Hoshi, Journal of Materials Science: Materials in Electronics, 18(2007)
3. P.K. Song, Y. Irie, S. Ohno, Y. Sato and Y. Shigesato, Japanese Journal of Applied Physics, 43(2004)
4. Y. Shigesato and D.C. Paine, The Solid Films, 238(1994)
5. E. H. Kim, G. Kim, G.H. Lee, J.W. Park, Surface & Coatings Technology, 205(2010)
6. Y. Hoshi, R. Ohki, Electrochimica Acta, 44(1999)