

## PET에 증착된 Al:ZnO 투명발열체 박막

한길진, 김영철

\*한국기술교육대학교 신소재공학과

### 초록

스퍼터링 공정으로 Al이 2% 함유된 ZnO 박막을 PET에 증착하여 김서림 제거용 투명발열체를 제작하였다. 증착된 투명발열체는  $5 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$ 의 비저항과 80% 이상의 가시광 투과도를 나타내었고, 조도는 12.5nm로 양호하였다. 투명발열체의 비저항, 가시광 투과도, 그리고 조도는 각각 Hall 계수 측정장비, IR-VIS-UV spectrophotometer, 그리고 AFM을 이용하여 측정하였다. 증착된 투명발열체에 12V의 전압을 인가하였을 때, 표면의 온도는 평균적으로 1분에 약 10°C 증가하였다.

### 1. 서론

겨울철이나 비가 오는 날에 자주 나타나는 자동차 전면유리의 김서림 현상은 운전자에게 불편을 준다. 이에 따라 최근 자동차 전면유리의 김서림을 방지하는 연구가 활발히 진행되고 있다.

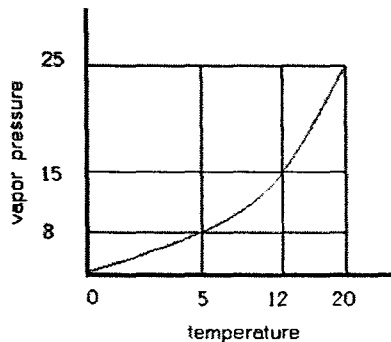


그림 1. 수증기압과 온도에 따른 이슬점.

공기 중의 수증기가 응결하여 물체의 표면에 이슬이 생길 때의 온도와 습도조건을 이슬점이라 한다. 그림 1은 각 온도에서의 수증기압에 따른 이슬점을 나타내고 있다. 각 점의 김서림 조건은 포물선이 지나가는 점이다. 예를 들어, 내부온도가 20°C이고 수증기압이 15일 때, 유리창에 김이 서릴 조건은 수증기압이 일정하게 유지되는 상태에서 외부온도가 12 이하일 때이고, 온도가 일정하게 유지되는 상태에서 내부 수증기압이 25 이상일 때이다.

ITO와 같이 가시광을 투과하는 동시에 도전성이 있어서 전압을 인가하면 발열이 가능한 투명발열체는 여러 산업분야의 유리에 증착되어 내부와 외부의 온도차를 줄이므로 각 분야의 김서림 방지에 이용되고 있다. 하지만 ITO의 높은 가격 때문에 공급전압이 12V로 제한되어 있는 자동차에서는 경제성 등의 문제로 응용되지 못하고 있는 실정이다.

ZnO 는 고가의 ITO 를 대체할 수 있는 차세대 투명발열체로서, 에너지 간극이 3.4eV 로 가시광선의 에너지보다 커서 가시광선을 투과시키고, Zn<sup>2+</sup>가 O<sup>2-</sup>보다 약간 더 많은 Zn<sup>2+</sup> 침입형 비화학량론적 화합물이다[1-5].

본 연구에서는 ZnO를 PET 에 증착하여 자동차 전면유리에 부착할 수 있는 투명발열체를 제작한 후 이에 대한 특성을 분석하였다.

## 2. 실험 방법

투명발열체로 쓰인 Al: ZnO 는 RF 스퍼터링 공정으로 PET 기판에 증착되었다. 타겟은 Al 2wt%인 ZnO 를 사용하였고, 기판과 타겟과의 거리는 5cm 였다. 시편의 치수는 300 x 300mm 이었고, 기판온도는 실온이었으며, 파워는 60w, back pressure 는 0.04torr 이었다. 아르곤 유량은 150sccm 이며, 증착시간은 20 분이였다. 투명발열체가 증착된 김서림 방지용 필름을 실제 모형 자동차에 부착시켜 김서림 방지효과를 관찰하였다. 투명발열체의 전기적, 광학적 특징 및 조도는 각각 Hall 계수 측정장비, IR-VIS-UV spectrophotometer, 그리고 AFM 을 이용하여 분석하였다. 또 표면온도 측정기를 이용하여 12V 의 전압을 인가시 시간에 따른 투명발열체의 표면온도변화를 관찰하였다.

## 3. 실험결과 및 고찰

ZnO 박막을 PET 에 증착한 후 전기적 특징을 알아보기 위해 박막의 비저항을 측정하였고, 이때 측정된 박막의 비저항은  $5 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$  였다. 광학적 특징을 알아보기 위해 광 투과도를 측정하였다. 그림 2 는 박막의 광 투과도를 파장대별로 나타낸 것이다. 그림에서 볼 수 있듯이, 박막은 파장이 400-700nm 인 가시광 영역에서 평균 80%가 넘는 높은 투과도를 나타내었다.

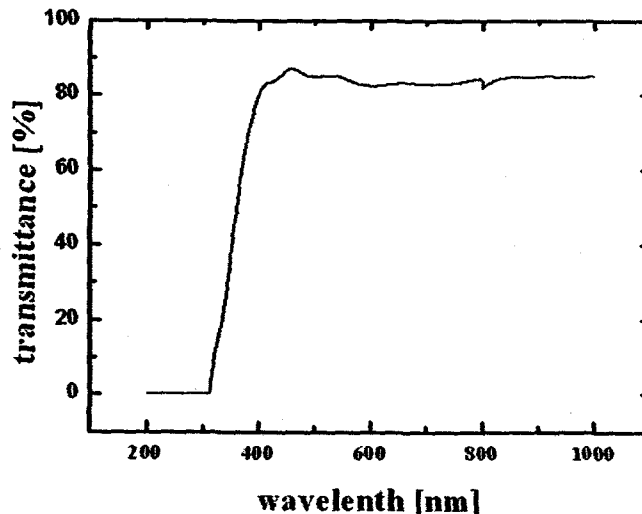


그림 2. 파장에 따른 박막의 광 투과도.

그림 3 에는 박막의 조도를 나타내었다. 일반적으로 PET 기판의 조도는 박막증착을 용이하게 하기 위해 보통 15-20nm 정도로 거칠다. 본 실험에서 사용된 PET 기판의 조도는 18nm 였다. ZnO 투명전도체를 증착한 후의 표면조도는 12.5nm 로 양호하였다.

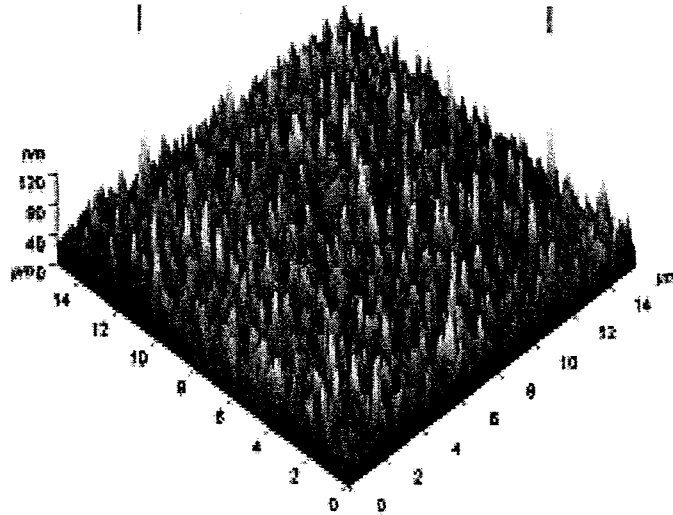


그림 3. 박막의 AFM 표면 이미지.

그림 4 에는 투명발열체의 양단에 12V 의 전압을 인가하여 시간에 따른 박막의 표면온도를 나타내었다. 시간이 증가함에 따라 투명발열체의 저항열 발생으로 투명발열체의 표면온도가 증가하여, 3분이 흐른 후에 약 30℃가 증가함을 확인하였다.

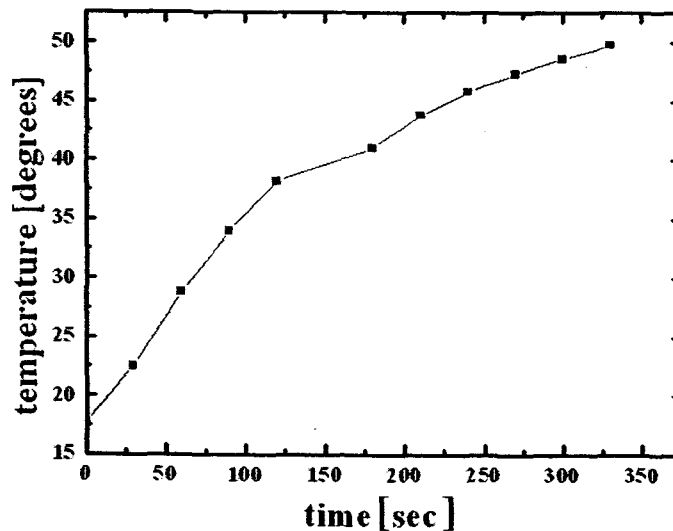


그림 4. 12V 를 투명발열체 양단에 가했을 때, 시간에 따른 표면온도의 변화.

위의 실험에서 얻은 결과를 바탕으로 증착된 박막을 실제 모형 자동차에 적용하였다. 그림 5 에는 투명발열체 작동 전과 후의 모형 자동차를 나타내었다. 투명발열체를 동작시켰을 때, 김서림이 완벽히 제거되는 것을 확인할 수 있었다.



그림 5. 투명발열체 작동 전(a)과 후(b)의 모형자동차 사진.

#### 4. 결론

알루미늄을 2wt% 함유한 ZnO 박막을 스퍼터링 공정을 통해 PET 기판에 증착하여 투명발열체를 제조하였다. 제조된 투명발열체는  $5 \times 10^{-3} \Omega \text{ cm}$  의 비저항을 나타내었고, 80% 이상의 광 투과율을 나타내었다. 실제 모형 자동차에 부착된 투명발열체는 12V 의 전압을 흘려준 후에 정상적으로 작동되어 작동 전에 있었던 김서림 현상을 제거하는데 성공하였다.

#### 참고문헌

- [1] R.G. Gordon, " Criteria for choosing transparent conductors," MRS bull., 8 pp. 54-57, 2000.
- [2] S. Major, S. Kumar, M Bhatnagar, and K.L. Chopra, "Effect of hydrogen plasma treatment on transparent conducting oxides," Appl. Phys. Lett., 40 pp.394-396, 1986.
- [3] Z.C. Jin, I. Hamberg and C.G. Granqvist, Optical properties of sputter deposited ZnO:Al thin films," J. Appl. Phys., 64 pp. 5117-5131, 1988.
- [4] E. Fortunato, P. Barquinha, A. Pimentel, A. Gonç alves, A. Marques, L. Pereira and R. Martins, " Recent advances in ZnO transparent thin film transistors" Thin Solid Films, 487 pp. 205-211, 2005.
- [5] V. Assuncao, E. Fortunato, A. Marques, H. Aguas, I. Ferrera, M.E.V.Costa, and R. Martins, " Influence of the deposition pressure on the properties of transparent and conductive ZnO:Ga thin-film produced by r.f. sputtering at room temperature," Thin Solid Films, 427 pp. 401-405, 2003.