

## 투명 면상 발열체 응용을 위한 하이브리드 스퍼터 ITO/Ag/ITO 박막의 특성에 대한 연구

김서한\*, 김재연, 송풍근

\*부산대학교 재료공학과(E-mail: meanjekim@gmail.com)

**초 록** : 최근 indium tin oxide (ITO)의 높은 전기 전도도 및 광투과율을 이용하여 줄 발열을 기초하는 투명 면상 발열체에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 하지만 단일 ITO박막으로 제작한 투명 면상 발열체는 다양한 문제점들을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 단일 ITO박막을 이용한 투명 면상 발열체의 단점을 보완하는 하이브리드 구조 투명 면상 발열체를 제작하여 금속 삼입층의 두께에 따른 전기전도도, 광투과율을 관찰 하였다. 그 결과 하이브리드 구조의 투명 면상 발열체의 발열량, 온도 균일성등이 기존의 단일 ITO 박막의 투명 면상 발열체보다 효율이 크게 향상 된 것을 확일 할 수 있었다.

### 1. 서론

최근 학계나 산업계에서 투명 전자 소자에 대하여 활발한 연구가 진행되면서, 투명 전도성 산화물 (TCO: transparent conductive oxide) 에 대한 관심이 높아지고 있다. 대표적인 TCO 물질인 indium tin oxide (ITO) 는 높은 전기 전도성 및 광 투과율을 가지므로 터치센서, 스마트윈도우, 태양전지 등 다양하게 적용 된다. 특히 전압을 인가하여 줄 발열에 기초하는 투명 면상 발열체에 적용시키려는 연구가 활발히 진행되고 있다. ITO의 경우, 온도가 상승함에 따라 균일하게 발열 되지 않으며, 글라스의 곡면 부분에서 유연성이 부족하여 크랙이 발생한다는 단점이 있다. 이를 해결하기 위해 추가적인 공정이 필요함에 따라 최근엔 silver nanowire (AgNW), single-walled carbon nanotube (SWCNT), ITO를 기반으로 한 AgNW에 ITO를 증착 하거나 SWCNT를 코팅하여 우수한 전기적, 광학적 특성을 지닌 하이브리드 구조가 투명 면상 발열체 재료로서 사용되고 있다. 하지만 대체된 재료들도 고온에서 발열을 유지하지 못하고 끊어지거나 가시광 영역의 투과율이 낮은 점 등 다양한 문제점을 가지고 있으며, 이런 다양한 문제점들을 보완 할 수 있는 새로운 투명 면상 발열체에 적용한 연구가 요구되고 있다. 따라서 본 연구에서는 ITO / Ag / ITO 하이브리드 구조의 투명 면상 발열체를 제작하여 전기적, 광학적 특성을 비교하고 발열량, 온도 균일 성, 발열 유지 안정도를 확인하였다.

### 2. 본론

본 연구에서는 50 X 50mm 크기의 non-alkali glass (Corning E-2000) 기판 상에 DC마그네트론 스퍼터링 공정으로 상온에서 ITO / Ag / ITO 박막을 연속적으로 증착 하여 다층구조의 하이브리드 형 투명 면상 발열체를 제조하였다. 박막 증착 파워는 DC (Ag) power 100 W, RF (ITO) power 200 W 로 하였으며 ITO박막두께는 40nm로 고정 시키고 Ag박막 두께는 10 ~ 20 nm로 변화를 주었다. 증착원은 3인치 ITO 단일 타깃 (SnO<sub>2</sub>, 10 wt %)과 Ag 금속 타깃 (순도 99.99%)을 사용하였으며, Ar을 20sccm 주입 후 working pressure는 고 순도 Ar을 사용하여 1.0 Pa로 고정하며 10분간 pre-sputtering을하고 증착을 진행하였다. 증착한 박막의 전기적, 광학적 특성은 각각 Hall-effect measurements system (ECOPIA, HMS3000), UV-Vis spectrophotometer (UV-1800, SHIMADZU) 으로 측정하였으며, 하이브리드 표면의 구조 및 형상은 field emission-scanning electron microscopy (FE-SEM)으로 관찰하였다. 또한 infrared thermal imager (IR camera)를 이용하여 0.5 ~ 3 V/cm 의 전압을 인가 시 시간에 따른 투명 면상 발열체의 표면 온도변화를 관찰하였다.

### 3. 결론

하이브리드 박막들의 경우, 삼입된 금속층의 두께가 10 nm, 15 nm, 20 nm 일 때, 각각 92° C, 131° C, 145° C 였다. ITO 단일 박막 95 nm시편보다 하이브리드 구조를 가진 시편들이 3 V/cm 전압에서 최대온도가 훨씬 더 높게 나타났다. 이것은 동일한 전압 인가 시, 면저항이 낮을수록 더 높은 발열량을 나타내는 것을 보여준다. 발열 특성과 광 투과율을 고려 시, 하이브리드 박막의 삼입 된 금속층의 두께가 15 nm 일 때, 투명 면상 발열체 응용에 있어 가장 적합하다고 판단된다. 따라서, 두께 95 nm ITO 단일 박막과 하이브리드 구조 (ITO 40 nm/Ag 15 nm/ITO 40 nm) 의 서리 제거 실험을 진행하였다. 그 결과, 3 V/cm의 동일 전압 인가 시, ITO 단일 박막의 투명 면상 발열체의 경우, 30초 동안 전압을 인가하여도 서리가 완벽히 제거 되지 않는 것에 비해 하이브리드 구조의 투명 면상 발열체의 경우, 전압 인가와 동시에 서리가 제거되기 시작하였고, 약5초 후 서리가 완벽히 제거되는 것을 확인 하였다.

### 참고문헌

1. K.H. Choi, Thin Solid Films, 341 (1999) 152-155.
2. Mihaela Girtan, Solar Energy Materials & Solar Cells, 100 (2012) 153-161
3. Hahn-Gil Cheong, Thin Solid Films, 589 (2015) 633-641