

TW-P002

투명 면상 발열체 응용을 위한 하이브리드 스퍼터 ITO / Ag / ITO 박막의 물성평가

김재연, 박소윤, 송풍근*

부산대학교 재료공학과

최근 학계나 산업계에서 indium tin oxide (ITO) 의 높은 전기 전도도 및 광투과율을 이용하여 줄 발열을 기초로 하는 투명 면상 발열체에 대한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 하지만 단일 ITO 박막으로 제작한 투명 면상 발열체는 온도가 상승함에 따라 균일하게 발열 되지 않으며, 글라스의 곡면 부분에서 유연성이 부족하여 크랙이 발생하는 다양한 문제점들을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 ITO의 결정화 온도 160°C 이상의 고온공정 또는 증착 후 열처리가 필요 하는 추가적인 공정이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 단일 ITO 박막의 단점을 개선하는 ITO/Ag/ITO 하이브리드 구조의 투명 면상 발열체를 제작하여 전기적, 광학적 특성을 비교하고 발열량, 온도 균일성, 발열 유지 안정도를 조사하였다.

본 연구에서는 50 X 50 mm 크기의 non-alkali glass (Corning E-2000) 기판 상에 마그네트론 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 W로 하였으며 ITO박막 두께는 40 nm로 고정 시키고 Ag박막 두께는 10 ~ 20 nm로 변화를 주었다. 증착원은 3인치 ITO 단일 타겟 (SnO₂, 10 wt.%)과 Ag 금속 타겟 (순도 99.99%)을 사용하였으며, 고순도 Ar을 이용하여 방전하였으며 총 주입량은 20 sccm, working pressure는 1.0 Pa을 유지하였다. 증착전 타겟 표면의 불순물 제거와 방전의 안정성을 유지하기 위해 10분간 pre-sputtering을 진행하고 증착하였다. 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, Hitachi S-4800)으로 관찰하였다. 또한 투명 면상 발열체의 성능은 0.5 ~ 3 V/cm의 다양한 전압을 power supply (Keithly 2400, USA)를 통해서 시편 양 끝단에 인가한 후 시간에 따른 투명 면상 발열체의 표면 온도변화를 infrared thermal imager (IR camera, Nikon)를 이용하여 관찰하였다.

하이브리드 구조를 가진 ITO박막의 두께는 40 nm로 고정 시키고 Ag박막의 두께는 10, 15, 20 nm로 변화를 주었다. 이들 박막의 면저항 값은 각각 5.3, 3.2, 2.1 Ω /□였으며, 투과도는 각각 86.9, 81.7, 66.5 %였다. 이에 비해 두께 95 nm의 단일 ITO박막의 면저항 값은 59.5 Ω /□였으며, 투과도는 89.1 %였다. 하이브리드 구조의 전기적특성은 금속층의 두께가 증가할수록 캐리어 농도 값이 증가함에 따라 비저항 값이 감소되어 면저항 값도 감소된 것이며, 금속 삽입층의 전도특성이 비저항에 큰 영향을 주고 있음을 보여준다. 하지만 금속 층의 두께가 증가할수록 Ag층이 연속적인 막을 형성하여 반사율이 증가함에 따라 투과도가 감소하였다. 따라서 하이브리드 구조를 가진 투명 면상 발열체에 금속 삽입층의 두께 조절은 매우 중요한 인자임을 확인 할 수 있었다. 또한 발열성능을 평가 하기 위해 시편 양 끝단에 3 V전압을 인가한 결과, 금속 삽입층의 두께가 10 nm에서 5 nm씩 증가한 하이브리드 구조를 가진 투명면상 발열체의 최고 온도는 각각 98, 150, 167°C 였으며, 단일 ITO의 최고 온도는 32°C였다. 이 것은 동일한 두께 (95 nm)의 단일 ITO 박막과 비교하여 면저항이 낮은 하이브리드 박막의 발열량은 약 120°C 로 발열효율이 매우 우수한 것을 확인 할 수 있었다.

Keywords: Transparent Film Heater, OMO, ITO