

## Ti와 ITO 보호층을 이용한 PDP용 전도성 저방출 필터의 제작 및 특성

### Fabrication and characterization of conductive low-*e* filters for PDP using Ti and ITO barriers

이장훈, 이승휴, 황보 창권\*, 이광수\*\*

\*인하대학교 물리학과, \*\*한양대학교 물리학과 양자물성 연구센터

e-mail: g1991482@inhavision.inha.ac.kr

일반적인 PDP (Plasma display panel)용 전도성 저방출(low-*e*) 필터는 유리 기판 위에 굴절률이 높은 금속 산화물 유전체 박막과 Ag와 같은 귀금속 박막이 번갈아 쌓인 [유전체|금속(Ag)|유전체]가 기본 구조인 다층 박막의 형태로 개발되어 왔다. Ag는 가시광선 영역에서 다른 금속보다 작은 흡수를 보이고 전도성이 뛰어나 전자파 차폐용 필터의 전도성 박막으로 널리 쓰인다. 그리고 이러한 구조에서 가시광선의 높은 투과율을 유지하면서 유해 전자기파를 차폐할 수 있도록 충분한 전도성을 갖추기 위해서는 2층 이상의 Ag 박막이 존재하도록 설계되며 유전체 박막과 금속 박막 사이에 1~2 nm 정도의 매우 얇은 금속 보호 층을 사용한다. 보호 층은 Ag 박막 위에 TiO<sub>2</sub>와 같은 고 굴절률 산화 박막을 반응 스퍼터링법으로 제작 할 때 Ag 표면이 유입된 반응가스인 O<sub>2</sub>에 의해 산화되고 플라즈마에 의한 기판의 온도 상승으로 응집되는 것을 방지하는 역할을 한다. 그러나 금속 보호층이 두꺼워지거나 개수가 많아지면 흡수의 증가로 가시광의 투과율이 현저히 떨어지는 단점이 있다<sup>(1)</sup>.

이러한 어려운 점들을 극복하기 위해 증착 과정에서 O<sub>2</sub>를 작게 유입하는 ITO(Indium tin oxide) 또는 ICO(Indium cerium oxide)처럼 굴절률이 높은 전도성 투명 박막을 기존의 유전체 박막과 바꿔 층수를 작게 함으로서 여러 특성들이 거의 같거나 더 우수한 필터들을 개발하기 위한 연구가 진행되고 있다<sup>(2)</sup>. 그러나 굴절률이 높은 전도성 투명 박막의 굴절률은 가시광선 중심인 550 nm에서 약 2.0~2.1로 약 2.4의 굴절률을 가진 TiO<sub>2</sub> 박막보다 작으므로 가시광선의 영역에서 투과율과 투과 폭을 더 증가시킬 수 없다.

본 연구에서는 보호층으로 일반적으로 사용하는 금속 대신 흡수가 작은 ITO를 사용하고 유전체 박막으로 TiO<sub>2</sub>를 RF sputtering 방법을 이용하여 가시광선에서의 투과율과 전도성이 우수한 [공기|(TiO<sub>2</sub>(16 nm)|ITO(8 nm)|Ag(18 nm)|ITO(13 nm)|TiO<sub>2</sub>(34 nm)|ITO(8 nm)|Ag(15 nm)|ITO(8 nm)|TiO<sub>2</sub>(16 nm)|유리] 구조를 만들고 Ti를 보호 층으로 제작한 필터들과 그 특성을 비교하였다.

그림 1은 ITO를 보호 층으로 사용하여 위 구조로 제작한 필터의 투과율과 반사율이다. 가시광선에서 최고 투과율은 79.6 %로 Ti를 보호층으로 사용한 필터의 71.9%보다 높았고 근 적외선 800nm 이상의 투과율은 20 % 이하였다. 측정된 투과율이 전산 모의한 것보다 약 5 % 정도 낮았다. 박막의 화학적 구조를 조사하기 위해 AES(Auger electron spectroscopy)와 XPS(X-ray photoelectron spectroscopy) 분석을 병행하였다. AES에서는 Ti와 In 신호들이 서로 겹쳐 TiO<sub>2</sub>와 ITO의 경계면에서 발생한 혼합 층의 원소 정량화가 어려웠지만 XPS에서는 신호의 구분과 정량화가 가능하였고 혼합층의 존재가 측정된 투과 및 반사율이 전산 모의와 일치하지 않음의 원인으로 판단된다. AES 분석 결과 ITO가 보호층인 필터의 Ag

peak이 Ti를 보호층으로 한 필터의 Ag peak 보다 더 높았다. 이로부터 ITO가 충분히 보호층 역할을 하고 있음을 알 수 있었다. XPS로부터 ITO가 30 nm 정도로 충분히 두꺼울 경우 TiO<sub>2</sub>와 섞이지 않은 층이 존재함을 알 수 있었다. ITO가 보호층 역할을 하여 Ag peak이 선명하게 나타남을 볼 수 있다(그림 2). AFM(Atomic force microscopy) 측정 결과 보호층인 Ti의 두께를 1 nm로 하였을 경우 필터의 표면에 여러 돌출 부분들을 발견할 수 있었고 AES로부터 이들이 Ag, Ti 및 O의 혼합체임을 알 수 있었다. Ti가 2 nm일 경우 돌출 부위의 수가 현저히 감소하고 표면거칠기는 5.8 nm였으며 ITO가 보호층인 필터에서는 돌출 부위를 거의 찾아볼 수가 없었고 표면 거칠기는 1.48 nm로 가장 작았다. 필터의 전기적 특성을 조사하기 위하여 4점 탐침 법으로 면저항을 측정하였다. ITO가 보호층인 필터의 면저항은 1.51 Ω/□로 거주 환경에서 사용할 수 있는 유해 전자기파 차폐 규정 B (1~2 Ω/□)를 만족하였다<sup>(3)</sup>.

결론적으로 금속 층보다 흡수가 작고 Ag를 손상시키지 않는 ITO를 보호층으로 대체하여 광학적 특성 및 전도특성이 우수한 PDP용 전도성 저방출 필터를 제작할 수 있음을 확인하였다.

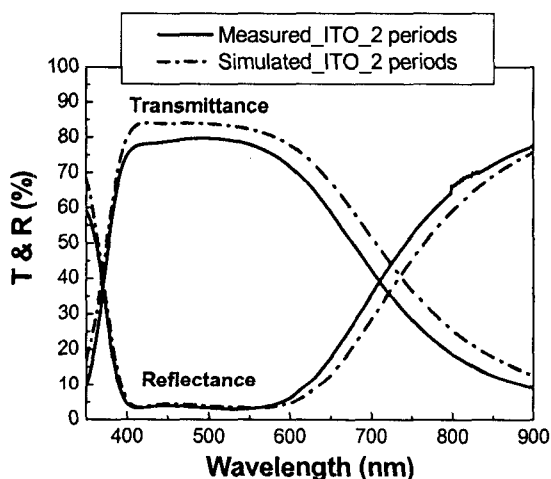


그림 1. ITO를 보호층으로 제작한 필터의 투과율과 반사율

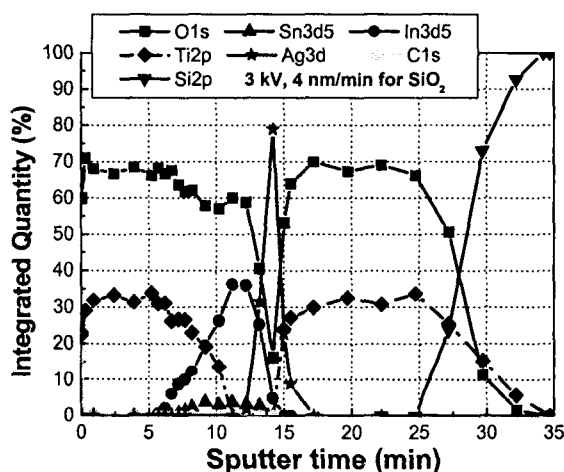


그림 2. [공기|(TiO<sub>2</sub>(17nm)|ITO(30nm)|Ag(18nm)|TiO<sub>2</sub>(24nm)|Si]의 XPS depth profile

감사의 글

본 연구는 한양 대학교 양자 광기능 물성센터를 통한 한국과학재단 연구비로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

[참고 문헌]

[1] J. H. Lee, S. H. Lee, K. L. Yoo, N. Y. Kim, and C. K. Hwangbo, "Deposition of a conductive near-infrared cutoff filter by radio-frequency magnetron sputtering," Appl. Opt. 41(16), 3061-3067 (2002).

[2] A. Kloppel, H. Lotz, B. Meyer, and T. Trube, "Infrared and EMI filter with ultra-low resistivity and high transmission," presented at the 44th Annual Technical conference of the Society of Vacuum Coaters, Philadelphia, Pa (April. 21. 2001).

[3] H. Osaki and Y. Kokube, "Global market and technology trends on coated glass for architectural, automotive and display applications," Thin Solid films 351, 1-7 (1999).