

Ti, TiO_x, ITO 보호층을 이용한 디스플레이용

저방출 필터의 증착 및 특성 연구

Deposition and characterization of low-*e* filters with Ti, TiO_x, and ITO protective layers for display applications

이장훈, 황보창권
 인하대학교 물리학과
 jefflee01@hanafos.com

인체에 해로운 유해 전자기파와 전자 기기의 오작동을 일으킬 수 있는 근적외선을 차단하는 디스플레이용 전도성 저방출 필터를 다양한 형태로 설계하고 RF 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 증착하였으며, 증착한 필터들의 광학적, 화학적, 구조적 및 전기적 특성을 분광 광도법, 가변각 분광 타원법, 오제이 전자 분광법, X-선 광전자 분광법, 러더포드 후방 산란법, 주사 전자 현미경법, 그리고 4점 탐침법을 이용하여 비교, 분석하였다.

유해 전자기파와 근적외선(≥ 800 nm)을 효과적으로 차단하기 위하여 전도성이 높은 Ag 박막을 포함하는 [유전체|Ag|유전체]로 구성된 저방출 필터(low emissivity or low-*e* filter)로 기본 구조를 선택하였으며, 광학적 특성은 가시광선 영역(400~700 nm)에서 높은 투과율을 유지하고, 근적외선 이상의 장파장 영역에서는 낮은 투과율을 가지도록 설계하였다⁽¹⁾.

굴절률이 높고 흡수가 매우 작은 TiO₂를 반응 스퍼터링법으로 증착하여 저방출 필터에 응용할 경우, Ag 박막은 쉽게 유전체 층으로 확산되고 응집(agglomeration)된다. 따라서 Ag 박막을 보호하기 위하여 보호층(protective or barrier layer)으로 Ti, ITO, 그리고 TiO_x 박막을 이용한 [TiO₂|barrier|Ag|TiO₂]를 기본 구조로 하고 보호층의 종류 및 두께에 따라 필터의 광학적, 구조적 및 화학적 특성에 미치는 효과에 관하여 연구하였다. 증착한 2주기 필터들 가운데 TiO_x 보호층을 사용한 필터가 그림 1과 같이 가시광선 영역에서 가장 높은 평균 투과율(73.2%)과 넓은 투과 폭을 보였으며, 3주기 필터들에서는 14 nm 두께의 두꺼운 ITO 보호층을 사용한 필터가 그림 2에서처럼 가장 높은 평균 투과율(65.2%)을 보였고, 평균 표면 거칠기 값도 ITO를 유전체 층으로 사용한 2주기 필터의 값(1.2 nm)과 같아 가장 부드러운 표면을 나타내었다. 두꺼운 Ti와 ITO 보호층을 사용할 경우 Ag가 작게 확산되어 필터의 광학적 특성이 설계한 것과 가까웠다.

TiO_x와 ITO를 유전체 층(dielectric layer)으로 이용하고 기본 구조를 2번 반복하여 제작한 2주기 필터들은 보호층이 필요 없고 증착이 간편하였다. 그러나 TiO₂ 박막보다 낮은 굴절률과 높은 흡수로 인하

여 그림 2에서처럼 보호층을 이용하여 제작한 2주기 필터들보다 낮은 가시광선 투과율과 좁은 투과 영역을 보였다. $[\text{TiO}_x|\text{Ag}|\text{TiO}_x]$ 기본 구조의 필터를 제외하고, 2주기 이상 제작된 모든 저방출 필터들의 면저항은 거주 환경에 사용하기에 적합한 유해 전자기파의 차폐 기준인 $2 \Omega/\square$ 이하를 만족하였다.

또한 Ag 박막 아래에 표면 거칠기 향상을 위하여 ITO를 바닥층(base layer)으로 삽입한 $[\text{TiO}_2|\text{ITO}|\text{Ag}|\text{ITO}|\text{TiO}_2]$ 기본 구조의 2주기 저방출 필터는 6개월 동안 투과율과 반사율이 변하지 않아 광학적 특성과 구조의 안정성이 우수하였다. 바닥층의 삽입으로 가시광선의 평균 투과율은 증가하고 표면 거칠기는 작아져, ITO 바닥층이 광학적 특성의 향상 및 표면을 부드럽게 하는데 도움이 되었다⁽²⁾.

그러므로 Ag 박막의 보호층으로 ITO, TiO_x 박막을 이용한 저방출 필터는 근적외선 및 유해 전자기파를 제거하는 디스플레이 용도로 사용할 수 있고, ITO와 TiO_x 의 작은 흡수로 디스플레이의 광학적 특성을 향상시킬 수 있으며, ITO와 TiO_x 의 두께를 금속 보호층보다 두껍게 할 수 있으므로 필터의 내구성을 향상시킬 수 있다. 그리고 ITO는 필터의 내구성, 표면 거칠기 및 광학적 특성을 함께 향상시키는 바닥층으로도 사용할 수 있다. 본 연구의 결과들은 Ag 박막을 이용한 투과 필터와 반사경의 제작, 그리고 건축 및 자동차 분야에 응용되는 저방출 필터의 제작에 관한 연구에도 도움이 될 것으로 판단된다.

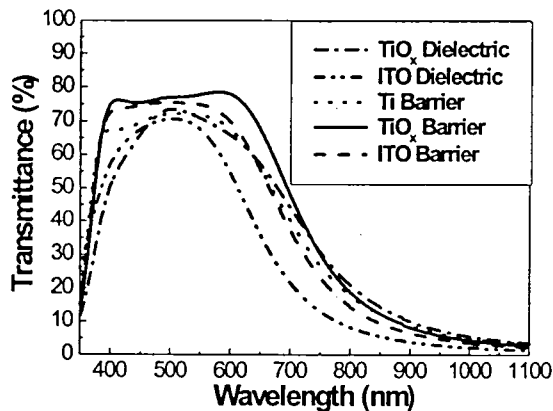


그림 1. 증착한 2주기 필터들의 투과율

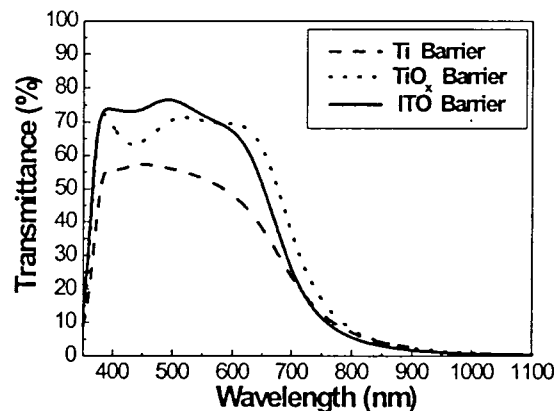


그림 2. 증착한 3주기 필터들의 투과율

[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**, pp. 3061-3067 (2002).
2. M. Arbab, "The base layer effect on the d. c. conductivity and structure of direct current magnetron sputtered thin films of silver," Thin Solid films **381**, 15-21 (2001).

F
A