

산소 분압에 따라 제작된 TiO₂ 박막의 광학적·구조적 특성분석

Optical and Structural Properties of TiO₂ thin films prepared at various Oxygen pressure by electron-beam evaporation

성승기, 최원석, 이가은, 정종민, 한성홍

울산대학교 물리학과

tmdrl23@mail.ulsan.ac.kr

TiO₂는 고굴절률 물질로써 우수한 물리적, 화학적 안정성을 가지고 있으며, 가시광선 영역과 근적외선 영역에서 우수한 투과성을 나타내고 있다[1]. TiO₂ 광학박막은 자동차 부품, 과학 산업, 자료의 저장매체, 디스플레이 장치에 있어서 중요한 역할을 한다. 고반사율 미러와 반사방지코팅에 사용되는 TiO₂ 광학박막은 광응답성(반사와 투과)을 가진 광학필터에 기본이 된다.

본 연구에서는 TiO₂ 광학박막 제작방법으로 e-beam evaporation법을 이용하였으며, E-beam evaporation법은 광학적 특성과 기계적 특성이 우수하고 균질한 박막을 가지는 산화물광학박막을 제작할 수 있다는 장점이 있다[2]. TiO₂ 박막을 제작하기 위해 챔버내 공전과 자전이 이루어지고, 전자빔 출력에 10kV-1A, 증착률, 산소분압, 두께 등을 제어 할 수 있는 시스템을 갖춘 증착기(SHT-CT800A-DA)를 사용하였다. 기관으로는 quartz glass를 사용하였으며, 박막 증착시 초기 진공도(base pressure)는 6.0×10^{-6} Torr이었다. 증착물질 TiO₂의 crucible과 기관 사이의 거리는 650 mm 이고, 균일한 박막을 제작하기 위하여 기관의 회전 속도는 15 rpm으로 유지하였다. TiO₂는 처음 벌크 상태에서 증착 전 충분히 pre-melting을 통하여 불순가스를 제거 하였으며, 그리고 기관 온도에 의한 변수를 줄이기 위하여 할로겐 램프로 200 °C 유지 하였다. 산소 주입 없이 초기 진공도(base pressure) 6.0×10^{-6} Torr, 산소분압 3.0×10^{-5} Torr, 4.0×10^{-5} Torr, 그리고 5.0×10^{-5} Torr에서 각각 300 nm 두께로 기관 위에 TiO₂ 박막을 제작하였다. 박막의 굴절률을 구하기 위해, 박막의 투과율을 UV-VIS 분광광도계(HP8453)를 사용하여 300 nm ~ 1000 nm의 파장 범위에서 측정하였다. 사용한 전자빔 증착법은 가속된 전자의 에너지가 높기 때문에 증착 물질의 순도가 우수하더라도 산화물 결합이 깨져서 금속이온이 발생 할 수 있다. 그래서 증착시 산소분압을 조절하여 TiO₂ 박막이 어떻게 광학적 성질이 변화하는지 확인한다.

그림 1은 산소분압에 따른 TiO₂ 박막의 투과율을 나타내고 있다. TiO₂ 박막은 주입된 산소량이 적을수록 투과율이 감소하였다. 이는 전자빔 조사에 의한 산소 결핍으로 Ti 이온이 발생하여 흡수가 나타났기 때문이다. 그 중에서 산소분압 4.0×10^{-5} Torr와 5.0×10^{-5} Torr에서 제작된 TiO₂ 박막의 투과율이 높고, 간섭에 의한 곡선 진폭이 크게 나타났다. 이는 TiO₂ 박막 제작시 상대적으로 주입된 산소량

이 증가한 경우 Ti 이온의 발생이 감소하여 금속성에 의한 흡수가 줄어들었기 때문이다[3]. 표 1은 산소분압에 따른 TiO₂ 광학박막의 두께와 굴절률 변화를 나타낸다. 이것은 포락선법을 사용하여 분광 광도 투과곡선으로부터 박막의 광학상수(n) 및 두께를 계산하였다. 산소 주입량이 증가하면 두께가 증가하게 되고 박막의 굴절률이 감소한다. 산소 주입량이 증가하면 증착율이 증가하게 되어 박막의 두께가 증가한다. 그리고 굴절률 감소는 조밀도가 감소하였기 때문이다.

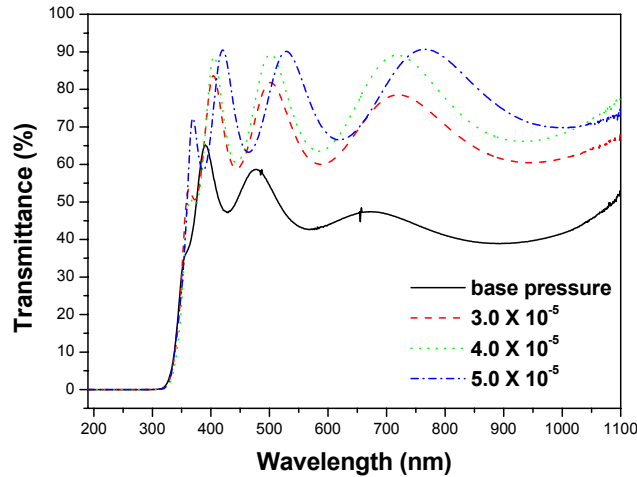


그림 1. 산소분압에 따른 TiO₂ 박막의 투과율

Table 1. 산소분압에 따른 TiO₂ 광학박막의 두께와 굴절률 변화.

Sample	Thickness (nm)	Refraction index	Porosity(%)
4×10^{-5} Torr	303	2.43	7.46
5×10^{-5} Torr	335	2.35	14.7

참고 문헌

[1] A. Lotnyk, S. Senz and D. Hesse, "Epitaxial growth of TiO₂ thin films on SrTiO₃, LaAlO₃ and yttria-stabilized zirconia substrates by electron beam evaporation", *Thin Solid Films* 515, 3439-3447 (2007).

[2] Roel van de Krol and Albert Goossens, "Structure and properties of anatase TiO₂ thin films made by reactive electron beam evaporation", *J. Vac. Sci. Technol., A* 21, 76-83 (2003).

[3] S. W. Ryu, E. J. Kim, S. K. Ko, and S. H. Hahn "Effect of calcination on the structural and optical properties of M/TiO₂ thin films by RF magnetron co-sputtering," *Mater. Lett.* vol. 58, pp 582-587, 2004