

RF 마그네트론 스퍼터링법과 전자빔 증착법에 의해 제작된 TiO₂ 박막의 광학적 · 구조적 특성

Optical and Structural Properties of TiO₂ Thin Films Prepared by RF Magnetron Sputtering and Electron-Beam Evaporation

김장섭*, 홍현주, 최원석, 한성홍, 김의정¹
(울산대학교 물리학과, ¹울산대학교 생명화학공학부)
nyma10@mail.ulsan.ac.kr

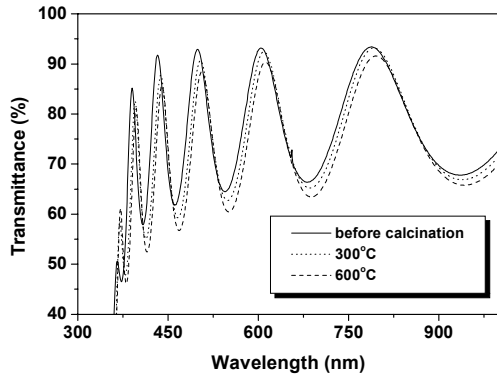
좋은 내구성과 높은 굴절률을 가지는 TiO₂ 박막은 널리 연구가 되어지고 있는 전이 금속 산화물 중 하나이다. Anatase TiO₂는 가스센서, 태양전지, 박막 축전지 내에서의 층상 유전체 등 광범위한 분야에서 중요한 물질로써 사용되어져 왔다^[1]. 특히 TiO₂ 박막은 오염된 공기와 물을 정화시킬 수 있는 광분해능을 가지고 있어 환경 분야에서 각광을 받고 있다^[2]. TiO₂ 박막을 제작하기 위한 물리적인 방법으로는 이온증착법, 스퍼터링법, 전자빔증착법 등이 이용되고 있으며, 졸-겔법, CVD 등과 같은 화학적인 방법도 이용되고 있다.

본 연구에서는 고주파 마그네트론 스퍼터링법과 전자빔 증착법을 이용하여 TiO₂ 박막을 제작하여 열처리 온도에 따른 광학적 및 구조적 특성을 비교 · 분석하였다. 박막 제작을 위해 기판으로는 quartz glass를 사용하였고, 알코올과 아세톤으로 세척한 후 질소가스를 사용하여 물과 먼지 등을 제거하였다. 스퍼터링법으로 박막을 제작한 경우 TiO₂ 산화물 타겟은 5×10⁻² m의 직경의 길이를 사용했으며 플라즈마에 의한 타겟의 열적인 피해를 최소화하기 위해 냉각수를 흘려 냉각하였다. 초기진공도는 4.0×10⁻⁶ Torr 이었으며, 박막을 제작하기 전 타겟에 존재하는 불순물을 제거하기 위해 pre-sputtering을 실시하였다. 스퍼터링 시 진공도는 1.0×10⁻² Torr를 유지하였고, TiO₂는 200 W로 RF power를 인가시켰으며 타겟과 기판사이의 거리는 150 mm로 하였다. 기판의 회전 속도는 5 rpm으로 유지하였다. 한편 전자빔 증착법으로 박막 제작의 경우 초기 진공도 5.0×10⁻⁶ Torr에서 챔버내 진공도가 2.0×10⁻⁵ Torr가 될 때 까지 산소를 주입해 주었다. 박막 증착시 증발하는 TiO₂ 불순 가스를 제거하기 위해 pre-melting을 실시하였다. 증착 후 두 방법으로 제작된 박막을 300 ~ 600 °C의 범위에서 1시간 동안 열처리하여 UV-VIS 분광광도계, SEM, XRD를 사용하여 물리적, 화학적 특성을 분석하였다. 또한 박막의 광활성을 측정하기 위해 1×10⁻⁵ mol/L의 농도를 가지는 메틸렌블루 용액에 박막을 담근 후 BLB 램프(20W)를 사용하여 용액의 흡수율을 측정하였다.

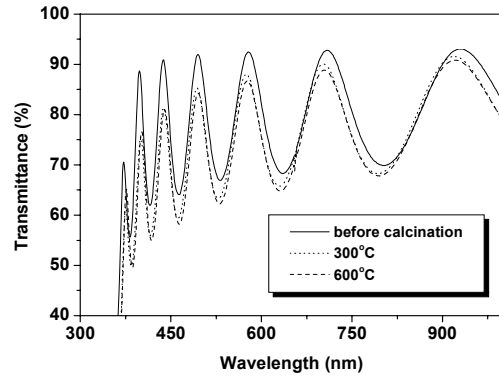
그림 1은 스퍼터링 증착법과 전자빔 증착법으로 제작된 TiO₂ 박막을 다양한 온도에서 1시간 동안 열처리한 후 측정된 TiO₂ 박막의 투과율을 나타낸 것이다. 열처리온도가 증가할수록 스퍼터링법에 의한 제작된 TiO₂ 박막보다 전자빔 증착법으로 제작된 TiO₂ 박막이 상대적으로 조밀도와 굴절률이 증가하고 박막의 두께가 조금 더 감소함을 알 수 있다.

표 1은 TiO₂ 박막의 굴절률과 다공도(porosity)를 나타내었다. 두 방법에 의한 TiO₂ 박막을 600 °C로 열처리 할 때 스퍼터링 박막의 굴절률이 2.37에서 2.46으로 증가하였다. 반면 전자빔 증착법으로 제작된 TiO₂ 박막의 굴절률은 2.28에서 2.36으로 증가하였다. 또한 열처리에 따른 다공도(porosity)는 스퍼터링 박막의 경우 14.1 %에서 5.3 %로 감소하였고 반면에 전자빔증착 박막은 21.5 %에서 14.6 %로 감소하였다. 따라서 전자빔증착 박막이 스퍼터링 박막 보다 상대적으로 다공도가 높다. 그림 2는

600 °C 열처리한 박막의 광활성을 비교한 그래프이다. 상대적으로 다공도가 높은 전자빔 증착으로 제작한 TiO₂ 박막의 광활성이 우수하게 나왔다.



(a)



(b)

그림 1. TiO₂ 박막의 투과율 그래프 ; (a) RF magnetron sputtering (b) E-beam evaporation

표 1. TiO₂ 박막의 굴절률과 다공도

| Calcination temperature (°C) | Refractive index | | Porosity (%) | |
|------------------------------|------------------|--------|--------------|--------|
| | Sputtering | E-beam | Sputtering | E-beam |
| Before calcination | 2.37 | 2.28 | 14.1 | 21.5 |
| 300 | 2.41 | 2.35 | 10.3 | 15.5 |
| 600 | 2.46 | 2.36 | 5.3 | 14.6 |

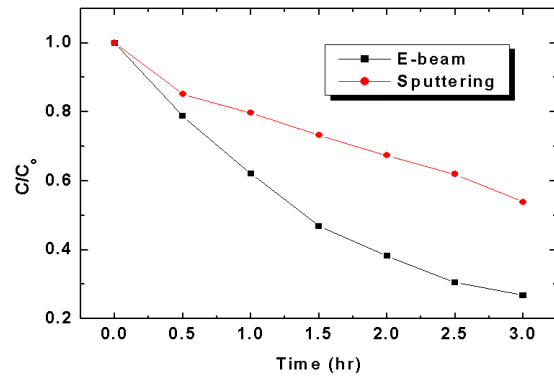


그림 2. 600°C에서 열처리한 TiO₂ 박막의 광활성

참고문헌

- [1] L. Miao, P. Jin, K. Kaneko, A. Terai, N. Nabatova-Gabain, S. Tanemura "Preparation and characterization of polycrystalline anatase and rutile TiO₂ thin films by rf magnetron sputtering" Appl. Surf. Sci. 212-213, 255-263 (2003)
- [2] S. K. Zheng, T. M. Wang, G. Xiang, C. Wang "Photocatalytic activity of nanostructured TiO₂ thin films prepared by dc magnetron sputtering method" Vacuum. 62, 361-366 (2001)