

RF/DC 마그네트론 스퍼터링에 의해 제조된 TiO₂ 박막의 광학적, 구조적 특성

Optical and Structural Properties of TiO₂ Thin Films Prepared by RF/DC Magnetron Sputtering

류승완, 김동진, 김의정*, 고승국, 한성홍
울산대학교 물리학과, *화학공학과
obang999@hanmail.net

TiO₂는 화학적으로 안정하고 비교적 큰 에너지 밴드 갭을 지닌 반도체 물질로서 유전체 다층 박막을 제작하는데 있어서 중요한 물질로 사용되고 있다. 또한 가시광선영역에서 높은 투과율을 가지며, 적외선은 반사하는 분광 선택성을 지니고 있어 다양한 광학코팅에 응용되고 있다⁽¹⁾. TiO₂박막을 제작하기 위한 물리적인 방법으로는 anodic 또는 thermal, e-beam evaporation 등이 이용되고 있으며, sol-gel 법, CVD 등과 같은 화학적인 방법도 이용되고 있다⁽²⁾. 스퍼터링 방법으로 박막을 제작할 경우, 대면적 코팅과 조밀하고 표면 경도가 우수한 박막의 제조가 가능하다⁽³⁾.

본 연구에서는 DC와 RF 마그네트론 스퍼터링 방법을 이용하여 TiO₂박막을 제작하였으며, 각 방법에 의해 제작된 박막들의 광학적, 구조적 특성을 비교하였다. 먼저 TiO₂박막을 제작하기 위해 기판으로는 Si-wafer, quartz glass를 중성세제와 크롬산 용액으로 일차 세척한 후, 아세톤과 알코올 등으로 초음파 세척을 하여 사용하였으며, 타겟으로는 순도 99.9%, 76.2 mm 지름의 원형 Ti 금속(DC 스퍼터링)과 TiO₂ 산화물(RF 스퍼터링)을 사용하였다. 증착 전 타겟에 존재하는 불순물이나 산화막을 제거하기 위해 아르곤 가스만을 주입한 후 3×10⁻³ Torr 압력에서 5분간 pre-sputtering을 실시하였다. 초기진공도는 1×10⁻⁵ Torr이며, 스퍼터링 시 진공도는 4×10⁻³ Torr를 유지하였고, DC와 RF power는 150 W, 타겟과 기판사이의 거리는 60 mm으로 하였다. 한편, DC 스퍼터링의 경우에는 산소농도(O₂/(O₂+Ar))를 3~30%로 조절하였으며, RF 스퍼터링의 경우에는 산소를 주입하지 않았으며, 증착 후 박막을 300~900°C의 온도에서 1시간동안 열처리하였다.

그림 1은 산소농도에 따른 증착속도를 보여주고 있다. 산소농도가 증가함에 따라 증착속도가 감소하는 것은 타겟 표면의 산화가 활발히 진행되므로, 이에 따른 스퍼터링속도의 감소에 의해 나타난 결과이다. 그림 2와 3은 열처리 온도에 따른 박막의 투과율 변화를 나타낸 것이다. 박막의 투과율은 RF 스퍼터링 방법에 의한 박막이 가장 우수하였으며, 열처리 후 박막의 투과율은 감소하였다. 이는 박막의 결정화로 인해 야기되는 산란효과에 의한 것으로 판단된다. 표 1에 열처리 전후에 박막의 굴절률을 나타내었다. 3%의 산소농도에서 제작한 박막의 굴절률이 RF 스퍼터링과 30%의 산소농도에서 제작한 박막의 굴절률보다 높았으며, 열처리 후 굴절률 변화도 크게 나타났다. 그림 4는 열처리 온도에 따른 박막의 X-ray 회절분석 결과이다. 3%의 산소농도에서 제작한 박막의 경우 열처리 전에는 비정질이였으며 열처리 후에는 anatase 상이 형성하였다. 산소농도가 30%인 경우는 열처리 전에 anatase 상을 나타냈으며, 800°C 이상에서는 anatase에서 rutile로의 상 전이가 일어남을 확인할 수 있었다. RF 스퍼터링 방법으로

증착한 박막은 열처리 전에는 비정질이었고 900°C에서 rutile로의 상 전이가 일어났다.

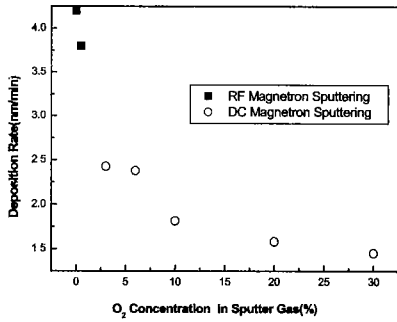


그림 1. 산소농도에 따른 TiO₂박막의 증착률 변화.

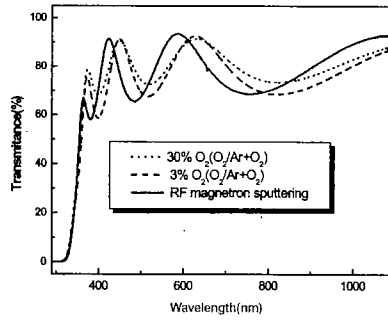


그림 2. 산소농도에 따른 증착된 TiO₂ 박막의 열처리 전 투과율.

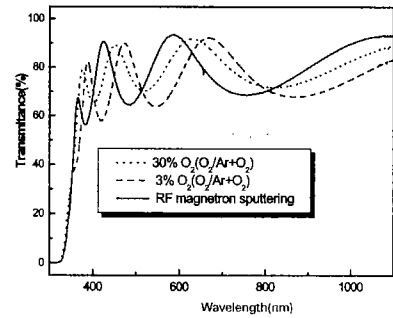
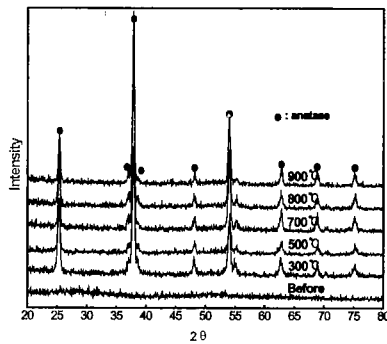


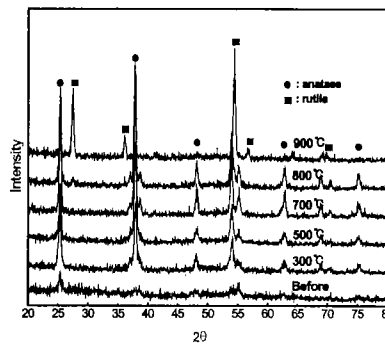
그림 3. 산소농도에 따른 증착된 TiO₂ 박막의 500 °C 열처리 후 투과율 변화.

표 1. TiO₂박막의 산소농도에 따른 550 nm 파장에서의 굴절률 변화.

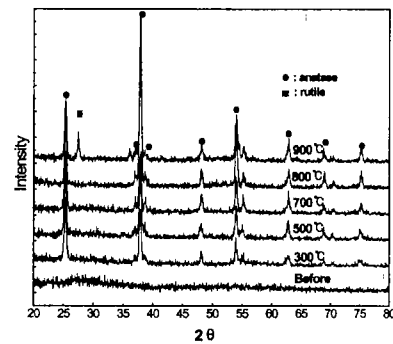
Condition	RF magnetron sputtering	DC magnetron sputtering	
	None	3 % O ₂	30 % O ₂
Calcination			
Before	2.28	2.35	2.10
After(500 °C)	2.30	2.48	2.14



(a) 3% 산소농도에서 DC 스퍼터링에 의한 TiO₂박막.



(b) 30% 산소농도에서 DC 스퍼터링에 의한 TiO₂박막.



(c) RF 스퍼터링에 의한 TiO₂박막.

그림 4. TiO₂ 박막의 열처리에 따른 X-ray 회절 패턴.

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(2001-1-11100-008-2)지원으로 수행되었음

참고 문헌

[1] D. Mardare, G.I. Rusu "Structural and electrical properties of TiO₂ RF sputtered thin films", Materials Science and Engineering B 75, 68-71 (2000).

[2] W.F. Zhang, M.S. Zhang, Z. Yin "Microstructures and Visible Photoluminescence of TiO₂ Nanocrystals" Physica Status Solidi A 179, 319-327 (2000).

[3] H. Ohsaki, T. Tachibana, A. Hayashi, A. Mitsui, Y. Hayashi "High rate sputter deposition of TiO₂ from TiO_{2-x} target", Thin Solid Films 351, 57-60 (1999).