

기판 온도에 따른 TiO₂ 박막의 광학적 특성 및 잔류응력

Substrate Temperature Effect on Optical Properties and Residual Stress of TiO₂ Thin Films

최원석, 이가은, 정종민, 한성홍, 김의정*, 배성효**, 주종현**

울산대학교 물리학과, *생명화학공학부, **IHL(주)

qwerty21@mail.ulsan.ac.kr

최근 전자기기 및 제품은 사용자들의 요구에 따라 고기능화, 고속도화, 소형화, 경량화를 추구하고 있다. 이에 따라 microelectronics를 비롯한 optical electronics, magnetic information storage 등 첨단제품에 여러 가지 박막이 널리 쓰이면서 광학박막의 중요성이 부각되게 되었다. 박막 물질의 전기적, 자기적, 광학적 성질은 박막의 기계적 성질에 의해 의존하므로 박막의 기계적 성질을 이해하는 것은 매우 중요하다. 증착된 박막에 존재하는 잔류응력은 박막의 물리적 특성, 밀착력, 결정학적인 결함, 전기저항, 굴절률등에 영향을 미친다^[1]. 그래서 고품질의 광학 코팅에서 박막에 존재하는 잔류응력은 아주 중요한 요소이다. 특히 그 중 TiO₂는 다층 광학 박막 제작에서 주로 사용되는 물질 중의 하나이다.

TiO₂ 박막은 높은 굴절률과 우수한 화학적 안정성 때문에 광학코팅에 자주 사용되고 있다. 그리고 기판온도, 산소분압, 전처리 등의 증착조건에 따라 박막의 특성이 달라진다고 알려져 있다^[2]. TiO₂는 가스 센서, 태양전지용 전도막, 부식 방지용 박막, 반도체 물질 등에 광범위하게 이용되어왔다^[3]. 또한 TiO₂ 박막은 투과 영역이 400 ~ 3000nm이며 기계적 내구성이 높아 다층 박막에서 굴절률이 작은 SiO₂와 한 짝을 이루는 고굴절률 박막에 많이 사용되고 있다. TiO₂ 박막은 제작방법, 증발 물질, 반응기체 압력, 기판온도, 증착률 등에 따라 굴절률이 1.9 ~ 2.6까지 크게 변하며, 결정 구조도 변하기 때문에 증착할 때 많은 주의가 필요하다.

본 연구에서는 전자빔 증착법을 이용하여 TiO₂ 박막을 제작하고, 100 ~ 300 °C의 범위에서 기판 온도에 따른 광학적 특성 및 잔류응력을 분석하였다. 박막 제작은 초기 진공도 1.0×10^{-5} Torr에서 챔버내 진공도가 8.0×10^{-5} Torr 가 될 때 까지 산소를 주입해 주었다. 박막 증착시 증발하는 TiO₂ 불순 가스를 제거하기 위해 pre-melting을 실시하였다. 제작된 박막을 UV-VIS 분광광도계, 기판곡률측정법을 사용하여 물리적 특성을 분석하였다.

표 1은 기판온도 100 °C, 200 °C 그리고 300 °C로 제작한 TiO₂ 박막의 물리적 두께와 굴절률 그리고 조밀도(packing density) 값이다. 굴절률은 100 °C에서 제작한 TiO₂ 박막이 가장 낮았고, 200 °C에서 제작한 TiO₂ 박막이 가장 높은 굴절률을 가졌다. 100 °C에서 제작한 TiO₂ 박막은 200 °C와 300 °C에서 제작한 TiO₂ 박막 보다 8 ~ 10 % 낮은 굴절률을 가짐으로서 조밀도가 낮았고, 가장 높은 굴절률을 가지는 200 °C에서 열처리한 경우 박막의 조밀도가 가장 높았다.

그림 1은 기판온도 100 °C, 200 °C 그리고 300 °C로 제작한 TiO₂ 박막의 기판곡률을 측정 후 Stoney 공식을 이용하여 박막의 잔류응력을 계산한 값이다. 100 °C에서 제작한 TiO₂ 박막이 모든 박막에 있어서 가장 낮은 잔류응력 값을 가지며, 200 °C에서 제작한 TiO₂ 박막이 가장 높은 잔류응력 값을 가졌다. 200 °C에서 제작한 TiO₂ 박막은 증착중에 박막이 좀 더 조밀해 지고, 두께도 감소하였고, 그에

따라 인장응력도 증가하였다. 한편 300 °C에서 제작한 TiO₂ 박막은 200 °C에서 제작한 박막과 비교했을 때 인장응력이 서서히 감소하는 것을 볼 수 있다.

표 1. 기판 온도에 따른 TiO₂ 박막의 굴절률, 물리적 두께와 조밀도

Samples	Temperature (°C)	Physical Thickness (nm)	Refractive index (at 450 nm)	Packing density
A	100	284.7	2.353	0.947
B	200	283.1	2.371	0.995
C	300	281.5	2.363	0.975

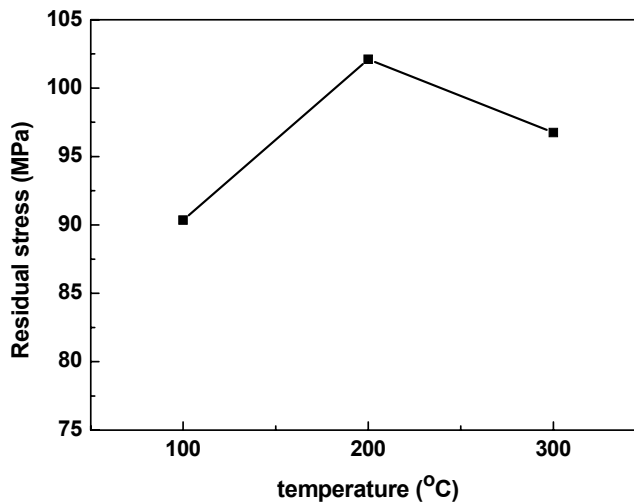


그림 1. 기판 온도에 따른 TiO₂ 박막의 잔류응력

※ 본 연구는 산업자원부 지역혁신 인력양성사업의 연구결과로 수행되었음.

참고 문헌

[1] H. Natsuhara, K. Matsumoto, N. Yoshida, T. Itoh, S. Nonomura, M. Fukawa, and K. Sato, "TiO₂ thin films as protective material for transparent-conducting oxides used in Si thin film solar cells," Solar Energy materials and Solar Cells, 90, 2867-2880 (2006).

[2] Y. Q. Hou, D. M. Zhuang, Go. Zhang, Mi. Zhao, and M. S. Wu, "Influence of annealing temperature on the properties of titanium oxide thin film," Appl. Surf. Sci., 218, 97-105 (2003).

[3] M. Langlet, A. Kim, M. Audier, C. Guillard, and J.M. Herrmann, "Transparent photocatalytic films deposited on polymer substrates from sol-gel processed titania sols," Thin Solid Films, 429, 13-21 (2003).