전자빔 증착법으로 제작한 TiO_2 박막의 두께 분포

Thickness Distributon of TiO_2 Thin Films by Using Electron Beam Evaporation

김장섭, 허민찬, 홍현주, 성창민, 박승주, 한성홍
울산대학교 물리학과
nyma10@mail.ulsan.ac.kr

광학박막을 제작할 때, 진공조 내의 균일한 막두께 분포를 유지하는 것이 중요하다. 증발원의 형상, 기판의 형상, 기판의 회전 그리고 기판의 상대적인 위치 등이 막두께 분포에 영향을 미친다. 박막을 제작하기 위한 방법으로는 sol-gel법, CVD법, sputtering법, electron beam법 등이 있다. 이 중에서 electron beam법을 이용하여 낮은 증착 온도에서 광학박막을제작할 때 TiO_2는 비교적 높은 녹는점을 가지므로 증착 물질들이 낮은 이동도를 가진다.[1]

기판 위의 어느 위치에서 증착률을 제어하는 주요한 요소에는 증발원의 위치, 소스의 모양, 증발 빔의 공간 분포들이 있다. 증발원의 표면이 평평하다고 가정할 때, 기판의 어느 위치 M에서의 증착률 ν_d는 다음과 같은 식으로 표현할 수 있다.

$$\nu_d = \frac{\nu_e}{\rho} g(\theta) \frac{\cos\alpha}{r^2} \quad (1)$$

ν_e는 증발률이고, ρ는 증착물질의 밀도이며, $g(\theta)$는 증발원자에 대한 공간분포 함수이다. 공간분포 함수의 형태는 기본적으로 증발률에 의존한다. 증발 원자의 공간 분포는 Knudsen codsine law에 의해 다음과 같이 주어진다.[2]

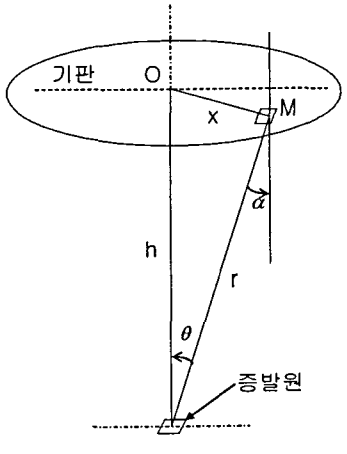

그림1. 비회전방식 증착도

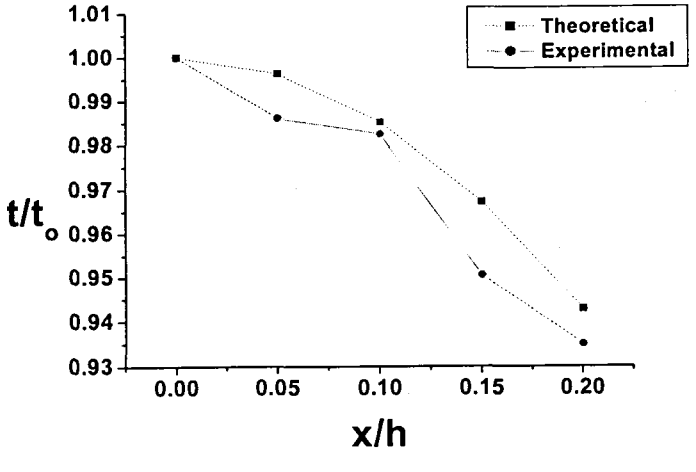

그림 2. 비회전에 따른 박두께 분포

$$g(\theta)=\frac{1}{\pi}\cos(\theta) \quad (1)$$

본 연구에서는 electron beam evaporation system(SHT-CT800A-DA)을 사용하여 진공증착시 기판의 비회전방식과 마스크를 장착한 유성회전방식의 두가지 방법으로 평면 기판 위에 증착한 박막의 두께 분포를 비교분석하였다. 박막증착시 증착 진공도는 8.0×10^{-5} Torr, 증착률은 0.2nm/s, 기판온도는 200℃ 이었다. 그리고 증발원과 평행한 평면 기판 사이 수직거리 h는 65cm이었다. [그림 1]

그림 2는 비회전방식으로 제작한 박막의 두께 분포를 나타낸 것이다. 점선은 식(1)을 이용하여 계산한 박막 두께 분포의 이론값이며 실선은 실험적 박막 두께 분포이다. 그림과 같이 비회전 방식은 박막의 두께 분포가 균일하지 않음을 보여주고 있다. 그림 3은 증발원에서 평행한 평면 기판사이에 마스크를 장착한 유성회전방식의 증착도이다. 그림 4는 마스크를 장착한 유성회전방식으로 제작한 박막의 두께 분포를 나타내고 있다. 이와같이 경험적으로 마스크의 위치와 모양을 조절하여 유성회전방식으로 제작한 박막의 두께 분포가 상대적으로 균일하게 나타나게 할 수 있었다. 이와 같이 균일한 박막의 제작을 위해서는 증발원과 평행한 평면 기판사이에 마스크의 장착과 증착시 기판을 회전 시켜줌으로써 더욱 더 균일한 박막 두께 분포를 얻을 수 있었다.

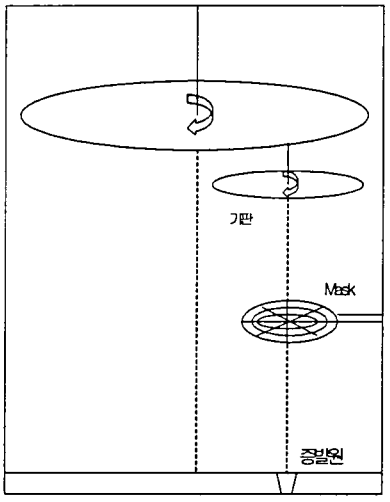

그림3. 마스크 장착한 유성회전방식 증착도

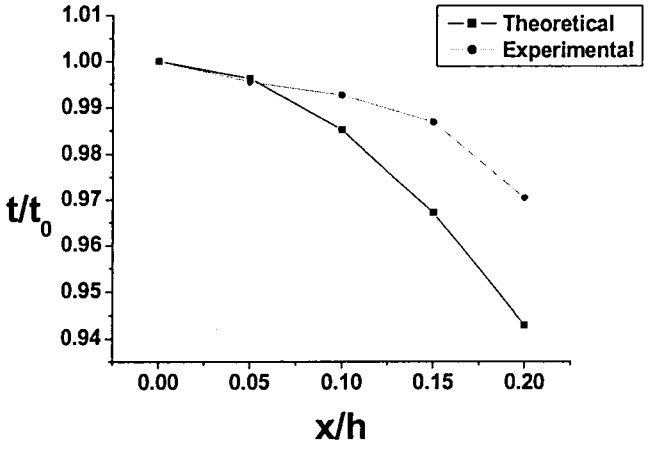

그림4. 유성회전방식에 따른 박두께 분포

참고문헌

[1] O. Piot, A. Malaurie, J. Machet, "Experimental and theoretical studies of coating thickness distributions obtained from high rate electron beam evaporation sources" Thin Solid Films, **293**, 124-132 (1997).

[2] L. Holland, Vaccum Deposition of Thin Films, Chapman and Hall, London, 1970.