

## 플라즈마 이온 보조 증착한 TiO<sub>2</sub>와 MgF<sub>2</sub> 박막의 열처리에 의한 광학적 물리적 특성 연구

### Annealing effects on the optical and structural properties of TiO<sub>2</sub> and MgF<sub>2</sub> films using the plasma ion-assisted deposition

우석훈<sup>1\*</sup>, 박용준<sup>1</sup>, 황보창권<sup>1</sup>, 손영배<sup>2</sup>, 문일춘<sup>2</sup>, 강건모<sup>2</sup>

<sup>1</sup>인하대학교 물리학과, <sup>2</sup>삼성테크윈(주)

e-mail : g2011538@inhavision.inha.ac.kr

보트나 전자총을 이용한 물리적 증기 증착법으로 증착된 박막은 증착 입자의 에너지가 0.01~0.1 eV 정도로 매우 작기 때문에 기판 위에서 증착 입자의 이동도가 낮아 자유롭게 이동하지 못하고 빈 공간을 포함하는 다공성의 기둥 미세구조를 형성한다.<sup>[1]</sup> 이러한 기둥 미세구조의 영향으로 덩어리 물질에 비해 박막의 조밀도는 낮아지게 되고 굴절률이 작아진다. 또한 수분, 열 등에 의해 부착력이 감소되고, 균열의 원인이 되어 외부 환경에 대한 내구성을 약화시켜 수명이 단축되는 결과 등을 초래한다. 따라서 온도와 수분 등의 환경 변화에 대한 광학적, 기계적 특성의 안정화와 내구성이 강한 광학 박막의 증착을 위해 증착 중 기판을 가열하는 방법과 이온빔 등을 이용한 보조 증착법등이 사용되고 있다.<sup>[1]</sup>

본 연구에서는 증착 중 기판의 가열방법과 플라즈마 이온빔 보조 증착법(plasma ion-assisted deposition, PIAD)을 이용하여 박막이 증착되는 동안 증착되는 입자에 에너지를 전달해 줌으로써 박막의 미세 구조를 변화시키고자 하였다. 또한 증착 후 열처리 과정을 거친 박막의 광학적 물리적 특성을 조사함으로써 박막의 열처리에 의한 광학적, 물리적 특성 변화를 조사하였다. 본 연구에서는 플라즈마 이온 보조 증착법(plasma ion-assisted deposition, PIAD)과 보통 전자빔 방법(conventional e-beam deposition, CE)을 사용하여 TiO<sub>2</sub>와 MgF<sub>2</sub> 단층 박막을 증착하였다. TiO<sub>2</sub>와 MgF<sub>2</sub> 박막은 플라즈마 이온 보조 증착(PIAD)법과 보통방법(CE)으로 증착한 방법으로 크게 둘로 나누어 증착하였으며, 증착하는 동안 기판의 온도(T<sub>s</sub>)를 140 °C로 일정하게 유지하며 증착한 박막(CE-H, PIAD-H)과 실온에서 증착한 박막(CE, PIAD)으로 세분하여 증착 방법에 따른 광학적 물리적 특성을 비교 분석하였다. 모든 박막은 400 °C에서 30분간 공기 중에서 열처리하였으며, 열처리 전과 후의 광학적 물리적 특성 변화를 조사하였다. 광학적 특성 분석에는 분광 광도계를 사용하여 박막의 투과율과 반사율을 측정하고 이로부터 TiO<sub>2</sub>와 MgF<sub>2</sub>의 광학상수를 구하였다. 열처리 전과 후의 박막의 결정 구조와 결정의 크기를 조사하기 위하여 XRD를 사용하였으며, AFM을 이용하여 박막의 표면 거칠기를 측정하였다. TiO<sub>2</sub> 박막은 공기 중에서 30분간 400 °C로 열처리한 후 그림 1에서와 같이 굴절률이 모두 증가하였으며 보통방법(CE)으로 증착한 박막은 플라즈마 이온 보조 증착(PIAD)한 박막에 비해 굴절률의 증가가 크게 나타났다. 또한 열처리에 의해 박막의 두께가 모두 감소하였으며, 박막의 소멸계수와 표면 거칠기는 열처리 후 모두 증가하였다. TiO<sub>2</sub> 박막은 열처리 전에는 모두 비정질구조를 나타냈으나 열처리 후 모두 anatase의 결정상을 나타냈다. 플라즈마 이온보조 증착법과 함께 기판을 가열한 경우 박막 결정의 크기는 가장 크게 나타났다. 한편 MgF<sub>2</sub> 박막은 열처리 후 그림 1에서와 같이 보통방법(CE)으로 증착한 경우 굴절률이 감소하였으며, 기판을 가열하며 증착한 박막의 경우 굴절률이 가장 낮았다. 플라즈마 이온보조 증착과 함께 기판을

가열한 박막의 경우는 열처리 후에 굴절률이 증가하였으며, 열처리에 의해 박막의 두께는 모두 감소하였다. 특히 기판을 가열하지 않고 보통방법(CE)으로 증착 한 박막의 경우 가장 많은 두께 감소를 보였다. MgF<sub>2</sub> 박막의 소멸계수는 TiO<sub>2</sub>와는 반대로 열처리 후 모두 감소하였으며 특히 플라즈마 이온 보조 증착한 박막의 소멸계수가 현저히 감소하였다. 그림 2는 플라즈마 이온 보조 증착 한 MgF<sub>2</sub> 박막의 투과율이 열처리 후 증가함을 보여준다. 열처리 후 기판을 가열하지 않고 보통방법으로 증착한 MgF<sub>2</sub> 박막의 표면 거칠기는 크게 감소하였으나 기판을 가열하거나 플라즈마 이온 보조 증착을 한 경우 표면 거칠기는 거의 변화가 없었다. XRD 측정 결과로부터 구한 MgF<sub>2</sub> 박막의 결정크기는 모두 증가하였지만 TiO<sub>2</sub> 박막과는 달리 증착 중의 기판 온도에 의존하였다. TiO<sub>2</sub> 와 MgF<sub>2</sub> 박막은 보통 증착법(CE)으로 증착한 경우 열처리에 의해 광학적 특성이 개선되었으며, 플라즈마 이온보조 증착을 한 MgF<sub>2</sub> 박막의 가시광 영역에서의 흡수는 열처리를 통해 개선 할 수 있었다.

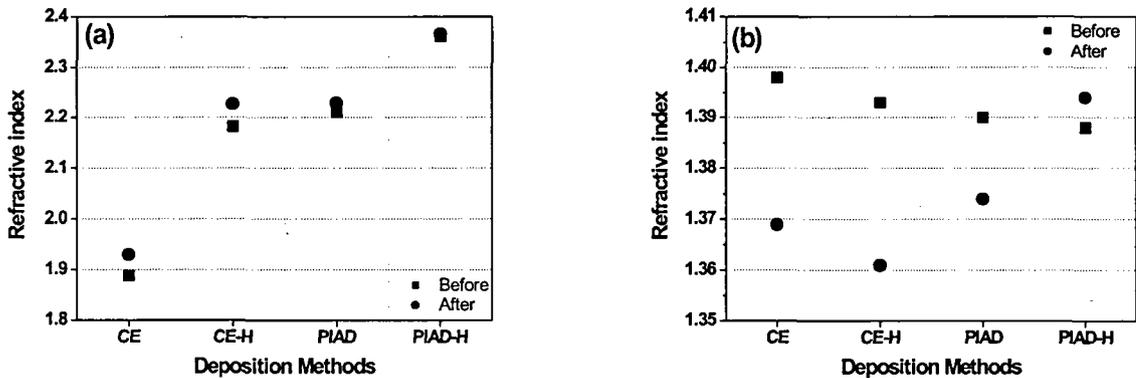


그림 1. 증착 조건에 따른 박막의 열처리 전과 후의 굴절률 변화 (a) TiO<sub>2</sub>, (b) MgF<sub>2</sub>

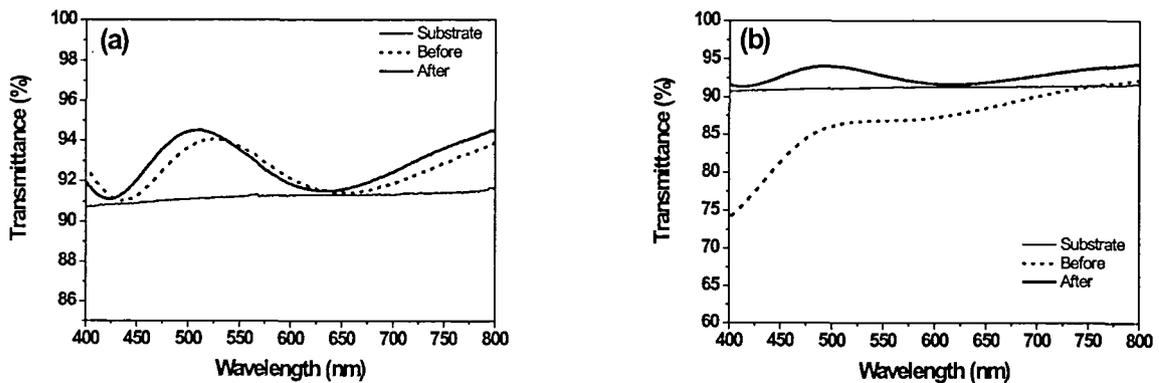


그림 2. MgF<sub>2</sub> 박막의 열처리 전과 후의 투과율의 변화 (a) 보통방법으로 기판을 140°C로 가열하며 증착한 MgF<sub>2</sub> 박막, (b) PIAD로 기판을 140°C로 가열하며 증착한 MgF<sub>2</sub> 박막

참고문헌

[1] N. Martin, C. Rousselot, D. Rondot, F. Palmino, R. Mercier, Thin Solid Films 300, 113 (1997)  
 [2] D. Jacob, F. Peiro, E. Quesnel, D. Ristau, Thin Solid Films 360, 133-138 (2000)  
 [3] H. K. Pulker, Coating on Glass (Elsevier, Amsterdam, 1984)