

## TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> 다층 박막 증착 중 TiO<sub>2</sub> 박막의 굴절률 변화

### Variation of refractive index of thin films in the deposition of TiO<sub>2</sub>/SiO<sub>2</sub> multilayers

우석훈\*, 남성립, 문일춘<sup>†</sup>, 강건모<sup>†</sup>, 황보창권  
 인하대학교 물리학과, <sup>†</sup>삼성테크윈(주)  
 g2011538@inhavision.inha.ac.kr

광학 박막은 박막과 기판, 박막과 박막, 박막과 입사 매질에서 일어난 빛의 간섭 현상을 이용하며, 최근에는 고반사 거울, beam splitter, beam combiner, narrow band filter 등의 다층 광학 박막이 많은 광학 부품에 폭넓게 사용되고 있다.<sup>[1]</sup> 이러한 광학 박막의 광학적 특성은 기판 위에 증착된 박막의 광학상수(굴절률과 소멸계수)와 두께에 의존한다. 일반적으로 광학 박막은 고굴절률과 저굴절률 물질로 구성되며, 주어진 목적 (반사율, 투과율, 흡수율, 편광 등)에 맞도록 굴절률, 층수, 각층의 두께 등을 결정하여야 한다. 따라서 다층 광학 박막을 제작하기 위해서는 박막 두께의 조절이 필요하며, 증착하는 동안 안정적인 굴절률을 갖는 증착 조건을 찾는 것이 매우 중요하다.

본 논문에서는 광학 박막에 주로 사용되는 고굴절률과 저굴절률 물질로 TiO<sub>2</sub>와 SiO<sub>2</sub>를 사용하여 다층 박막을 설계하고, 전자빔으로 증착한 다층 박막의 설계값과 측정값을 비교하였다. 증착한 박막의 반사율과 투과율은 분광광도계(Cary 500; Varian)를 이용하여 측정하였다. 다층 박막 설계에 이용한 TiO<sub>2</sub>와 SiO<sub>2</sub>의 굴절률과 소멸계수는 단층 박막을 증착하여 포락선 방법으로 구하였다.

증착한 다층 박막의 반사율은 그림 1 (a)과 같이 측정값과 설계값이 일치하지 않았으며, 이를 조사하기 위하여 TiO<sub>2</sub>와 SiO<sub>2</sub> 박막의 굴절률과 두께를 변화시키며 전산 시뮬한 결과를 그림 1 (b)에 나타내었다. 증착 횟수가 증가함에 따라 그림 1 (c)의 결과와 같이 TiO<sub>2</sub>와 SiO<sub>2</sub> 박막의 굴절률이 증가하였음을 전산 시뮬을 통해 알 수 있었다. TiO<sub>2</sub>와 SiO<sub>2</sub> 단층 박막을 같은 증착 조건에서 여러 번 반복 증착하여 증착 횟수가 증가함에 따른 광학 상수의 변화를 조사하였다. TiO<sub>2</sub> 박막의 반복 증착에 의한 광학 상수를 그림 2에 나타내었다. SiO<sub>2</sub>는 반복 증착에 의한 광학 상수의 변화가 거의 없는 반면, TiO<sub>2</sub>는 증착 횟수가 증가할수록 굴절률이 증가하고 소멸계수가 감소하였다. 이는 전자빔으로 TiO<sub>2</sub>를 녹일때 TiO<sub>2</sub>에서 산소가 방출되어 챔버안의 압력이 증가하고, TiO<sub>2</sub>에서 나온 산소에 의해 산소 분압이 증가하기 때문에 굴절률이 낮고 소멸계수가 큰 TiO<sub>2</sub> 박막이 증착되는 것으로 판단된다. 한편 반복하여 증착하였을 때에는 TiO<sub>2</sub>에서 나오는 산소가 줄기 때문에 굴절률이 증가하고, 소멸계수가 감소하는 것으로 판단된다. 그림 3에 TiO<sub>2</sub>와 SiO<sub>2</sub>를 사용하여 증착한 28층 다층 박막의 측정값과 설계값을 비교하였다. 증착한 28층의 다층 박막은 단층 조건에서 TiO<sub>2</sub>의 가장 낮은 굴절률과 높은 굴절률로 계산한 설계값 사이에 있음을 보여준다. 이러한 결과는 TiO<sub>2</sub>의 굴절률이 증착하는 동안 가장 높은 굴절률과 가장 낮은 굴절률 사이에서 변화한 것으로 판단된다. 이것은 28층의 다층 박막을 증착하기 위해 TiO<sub>2</sub>는 3개의 도가니를 사용하고, SiO<sub>2</sub>는 5개의 도가니를 사용하였는데 각각의 도가니에서 처음 TiO<sub>2</sub>가 녹을때 TiO<sub>2</sub>에서 나온 산소에 의해 굴절률이 낮고, 반복 증착에 의해 TiO<sub>2</sub>에서 나오는 산소의 양이 감소하여 굴절률이 점차 증가하기 때문으로

판단된다. 따라서 이러한  $TiO_2$ 의 굴절률 변화에 의해 발생하는 오차는 증착하는 물질의 층수가 증가할수록 많은 도가니를 사용하게 되므로 스펙트럼에 더 많은 영향을 미침을 알 수 있다. 또한 다층 박막 증착시  $TiO_2$ 의 굴절률의 변화를 최대한 줄이기 위한  $TiO_2$  박막의 안정된 증착 조건을 찾고,  $TiO_2/SiO_2$  다층 박막을 증착하여 스펙트럼의 오차를 최소화 할 수 있었다.

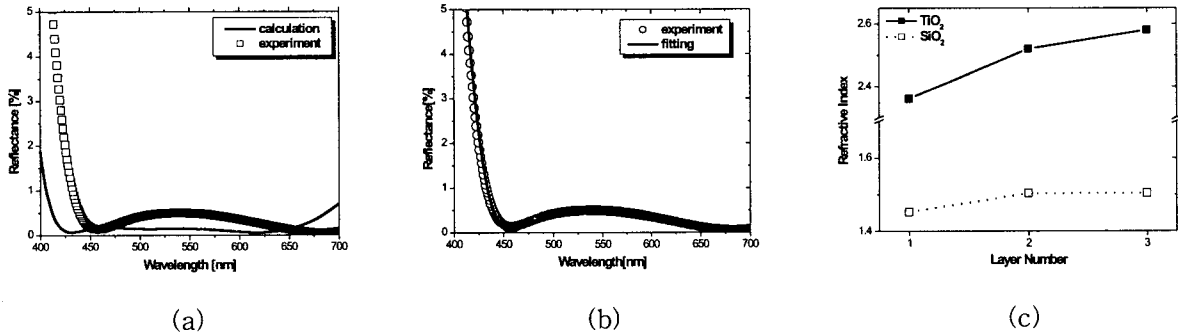


그림 1.  $TiO_2/SiO_2$ 의 6층 다층 박막

(a) 설계값과 측정값 (b) 측정값 곡선 맞춤 결과 (c)  $TiO_2/SiO_2$ 의 굴절률 전산 시뮬 결과

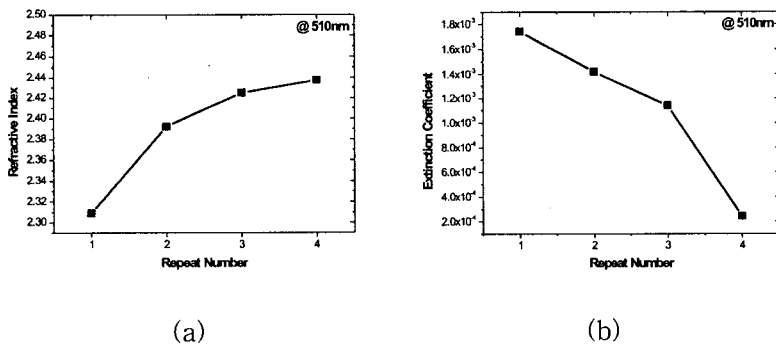


그림 2. 반복에 의한  $TiO_2$  박막의 (a) 굴절률 (b) 소멸계수

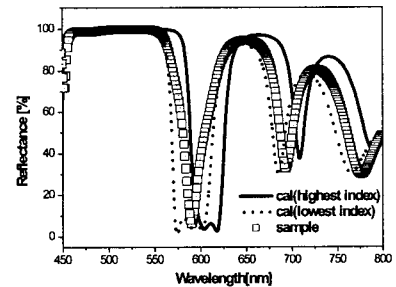


그림 3.  $TiO_2/SiO_2$ 의 28층 다층 박막의 설계값과 측정값

참고문헌

[1] H. A. Macleod, *Thin Film Optical Filters*, 3rd Ed, (Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 2001).  
 [2] 황보창권, *박막광학*, (다성출판사, 2001).  
 [3] R. R. Willey, *Practical Design and Production Of Optical Thin Films* (Marcel Dekker, Inc.) 1996.