

SiO₂/TiO₂/ZrO₂ 다층박막의 개발 및 특성 평가

Development and Evaluation of Properties of SiO₂/TiO₂/ZrO₂ Multi-layer Films

강만일, 김기원*, 김찬희*, 백영기*, 이동현*, 이성룡*, 류지욱

공주대학교 물리학과, * 충남과학고등학교

e-mail : ifriver@kongju.ac.kr

광학박막은 다양한 설계를 통하여 반사방지막, 레이저 반사경, 대역 필터, 편광 필터, 반투과경, 빛에너지의 선택적 흡수를 위한 박막 등으로 제작할 수 있으며, 박막의 광학적 특성을 각종 기기에서 요구되는 조건에 맞게 변화시키는 수단으로 사용되고 있다. 최근에는 광전자기술의 급속한 발전에 따라 광학소자나 전자소자에 응용되는 박막의 화학적, 전기적 안정성이 높게 요구되고 있기 때문에 이러한 요구에 맞는 박막의 제작을 위한 설계법과 제작방법이 활발히 연구되고 있다.⁽¹⁻²⁾

박막의 광학적 특성을 결정하는 가장 중요한 물리량은 광학상수이다. 광학상수는 물질의 미세구조를 거시적으로 나타내는 물리량이고, 제작조건에 따른 광학상수의 변화는 박막의 설계 및 제작에 있어서 알아야 할 가장 중요한 정보이다. 또한 같은 조건에서 제작된 박막이라도 광학상수를 결정하는 방법에 따라 광학상수의 값에 미세한 차이가 있을 수 있기 때문에 박막의 광학상수를 결정하기 위한 다양한 방법이 연구되고 있다. 타원법(Ellipsometry)은 박막의 광학상수와 두께를 동시에 결정하는 대표적인 방법이며, 박막을 구성하는 물질들의 광학상수를 분산관계식을 이용한 수치해석을 통하여 물질들의 광학상수를 결정하고, 물질들의 물리적인 조성비에 따라 이 값을 Bruggeman의 EMA 이론에 적용하여 박막의 광학상수를 결정한다.⁽³⁻⁵⁾

본 연구에서는 SiO₂/TiO₂/ZrO₂를 이용하여 7층의 무반사 다층박막을 단계별로 설계·제작하였고, 분광타원계와 UV-Vis 분광광도계를 이용하여 박막의 두께, 굴절율 및 투과율 스펙트럼을 300~900 nm의 파장 영역에 걸쳐 측정 및 분석하였다. 측정 및 분석된 박막의 두께, 굴절율 및 투과율 스펙트럼을 설계값과 비교·평가하여 박막의 두께 및 굴절율의 차이가 투과율에 미치는 효과에 대해 논의하였다.

표 1. 각 층의 설계 및 분석 두께

layers	Materials	Design Thickness [nm]	Analysis Thickness [nm]
7	SiO ₂	92.48	92.75
6	ZrO ₂	76.96	73.57
5	SiO ₂	5.00	6.46
4	ZrO ₂	62.66	52.37
3	SiO ₂	35.03	36.27
2	TiO ₂	16.71	17.72
1	SiO ₂	9.36	6.97
Substrate	glass		

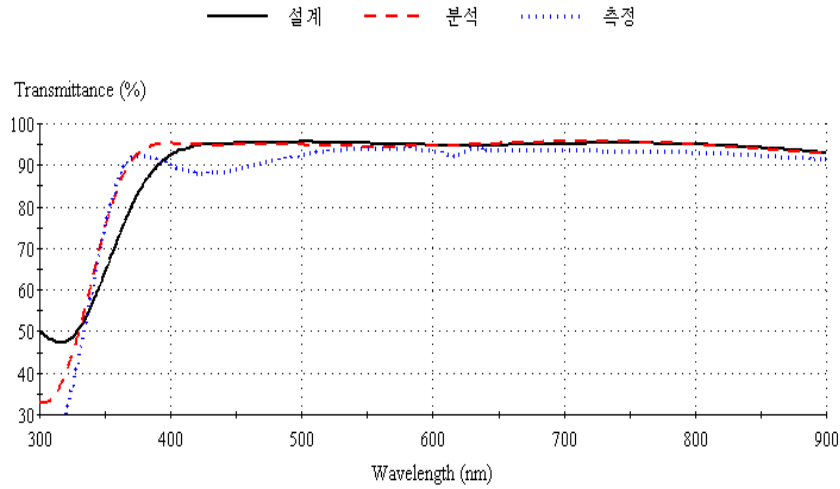


그림 1. 최종 시료에 대한 투과율 스펙트럼 비교(설계, 측정 및 분석)

표 1은 $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2/\text{ZrO}_2$ 를 이용하여 7층으로 설계된 무반사 다층박막의 설계 두께와 분광타원계에 의해 분석된 두께이고, 그림 1은 최종 시료에 대한 설계, 측정, 분석 투과율 스펙트럼이다. 그림 1의 분석 투과율 스펙트럼은 분광타원계에 의해 분석된 각 층의 두께와 굴절율을 설계프로그램에 반영하여 얻은 투과율 값이며, 측정 스펙트럼은 UV-Vis 분광광도계에 의한 값이다.

제작된 $\text{SiO}_2/\text{TiO}_2/\text{ZrO}_2$ 다층박막의 투과율은 400~800 nm에서 93% 이상의 투과율이 얻어졌다. 측정된 투과율은 기관으로 사용된 유리의 투과율 보다는 약 2% 정도 향상된 값이며, 설계값 보다는 1% 정도 작은 값이다. 이러한 차이의 원인은 박막을 구성하는 각 층의 두께와 굴절율이 설계값과 차이가 생겼고, 기관으로 사용된 유리의 측정 투과율이 설계값 보다 0.5% 정도 작았기 때문이다. 단계별로 제작된 박막의 굴절율 스펙트럼을 비교한 결과 ZrO_2 층들의 굴절율 스펙트럼이 reference 값과 큰 차이를 보였고, 그 중 6번째 ZrO_2 층의 굴절율이 가장 컸으며, 그 결과 투과율의 차이도 가장 크게 나타났다. 박막의 두께는 4번째 ZrO_2 층에서 10 nm의 가장 큰 차이를 보였지만 가장 큰 투과율의 차이는 6번째 층에서 발생했다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 박막의 두께 보다는 굴절율이 투과율의 변화에 더 크게 기여함을 알 수 있다. 따라서 보다 설계에 근접한 박막을 제작하기 위해서는 제작된 박막의 두께와 굴절율을 정확하게 분석하고, 분석값이 반영된 설계값을 제작에 이용하는 것이 보다 효과적일 것으로 생각된다.

참고문헌

1. C. H. Hwangpo, *Thin Films Optics*, Dasung Press (2001).
2. H. Shirou, *Thin Films Optics*, Hongik Press (1984).
3. D. E. Aspnes and H. G. Craighead, *Appl. Opt.* **25**, 1229 (1986).
4. I. S. *Ellipsometry*, Hanyang University Press (2000).
5. S. Y. Kim, *Ellipsometry*, Ajou University Press (2000).