

# 스퍼터된 ZrO<sub>2</sub> 박막의 두께에 따른 구조적, 광학적 특성변화

## Changes of Structural and Optical Properties of Sputtered ZrO<sub>2</sub> Thin Films

강만일, 김정남, 김하나, 서효정, 김용기, 류지욱 \*  
 공주대학교 자연과학대학 물리학과  
 e-mail : [ifriver@kongju.ac.kr](mailto:ifriver@kongju.ac.kr)

ZrO<sub>2</sub>는 가시광선 영역을 포함한 넓은 파장영역(약 0.34 ~ 12 μm)에서 좋은 광투과율을 가지고 있으며, 내구성이 강한 고굴절률 물질이다. 이러한 특성 때문에 ZrO<sub>2</sub>는 세라믹이나 광전자 소자, 광도파로, 기능성 광학박막 등으로의 활용을 위해 열처리 온도에 따른 상전이, 불순물 첨가에 의한 상의 안정화, 상전이에 따른 광학적 특성의 변화, 다양한 제작조건에 따른 성장특성 등에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다.<sup>(1)-(3)</sup>

ZrO<sub>2</sub>는 단사정계(*monoclinic*), 정방정계(*tetragonal*), 입방정계(*cubic*)의 3가지 안정한 상(phase)을 가지고 있으며, 각각의 상은 그들의 전이 온도 아래에서 안정하게 존재한다. ZrO<sub>2</sub>의 상전이(phase transition) 온도는 1170°C에서 단사정계에서 정방정계로 상전이를 일으키며, 2370°C 이상에서 입방정계로 상전이를 일으킨다. ZrO<sub>2</sub>의 굴절률은 550 nm에서 약 2.1이고, 증착조건에 따라 크게 변하며, 두께가 증가할수록 공기-박막 경계면 쪽의 굴절률이 박막-기판 경계면 쪽의 굴절률보다 작은 불균일 굴절률 박막을 형성한다. 클링어(Klinger) 등은 300°C에서 증착한 ZrO<sub>2</sub> 박막의 두께 증가에 따른 굴절률과 결정구조의 변화를 조사하여 불균일 굴절률과 불균일 결정구조 사이의 관계를 두께의 증가에 따라 설명하였다.<sup>(4)</sup>

본 연구에서는 박막의 두께 증가에 따른 구조적, 광학적 변화를 알아보기 위해 성장에 따른 박막의 결정상태의 변화를 조사하였으며, 이에 따른 광학상수의 변화를 조사하였다. RF 스퍼터링 방법으로 제작된 박막의 분석을 위해 위상변조방식의 분광타원계(Phase Modulated Spectroscopic Ellipsometer)를 이용하여 타원상수를 측정하였고, Tauc-Lorentz 분산관계식을 이용하여 박막의 두께와 광학상수를 결정하였다. 또한 구조적 특성의 분석을 위해 SEM과 XRD 분석을 실시하였다. 이러한 결과를 이용하여 박막의 성장 두께에 따른 결정상태의 변화와 이에 따른 광학상수의 변화를 조사하였으며, 이에 대해 논의하였다.

Table 1. Analysis thickness of ZrO<sub>2</sub> thin films

Samples	Materials	Analysis Thickness (nm)
1	ZrO <sub>2</sub>	71.3
2	ZrO <sub>2</sub>	48.5
Substrate	glass	-

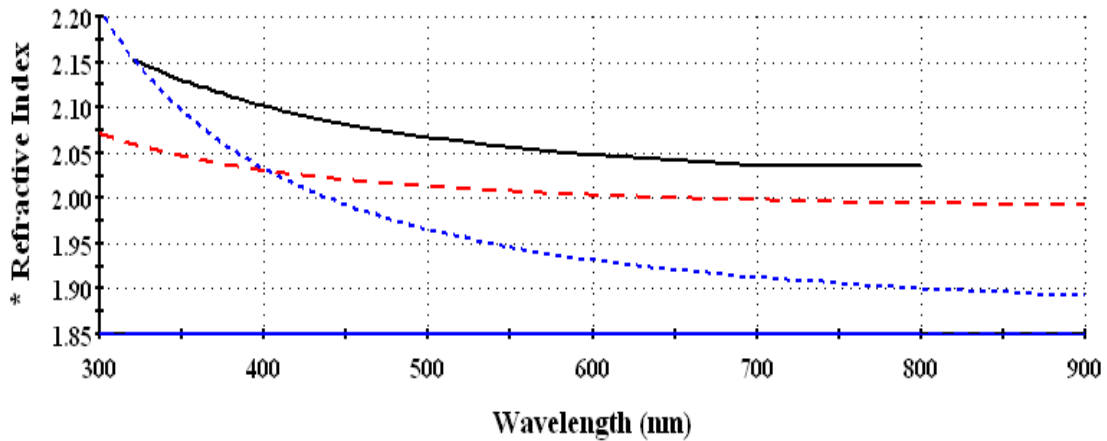


Fig. 1. Refractive indices spectra of  $ZrO_2$  thin films (solid line; ref., dotted line; sample 1, dashed line; sample 2).

Table 1은 Tauc-Lorentz 분산관계식에 의해 얻어진 스퍼터된  $ZrO_2$  박막의 분석두께이고, Fig. 1은 결정된 굴절률 스펙트럼이다. 각각의 두께에 따른  $ZrO_2$  층의 굴절률 스펙트럼을 비교한 결과,  $ZrO_2$  층들 사이의 굴절률 차이도 컸고, 굴절률의 분산형태도 크게 달랐다. 이러한 이유는  $ZrO_2$ 의 두께 증가에 따른 박막의 불균질성에 의한 것으로 생각된다. 이러한 불균질성은  $ZrO_2$ 의 정방정계와 단사정계의 2가지 결정계에 기인하며 박막의 응축과정에서 깊이에 따른 결정계의 분포가 달라진다. 이 때문에 박막의 두께가 50 nm 이상으로 두꺼워지면 불균질성이 현저하게 나타난다.<sup>(5)</sup> Table 1의 결과에서 시료 2  $ZrO_2$  층의 두께는 48.5 nm인데 비해 시료 1  $ZrO_2$  층의 두께는 71.3 nm였다. 따라서  $ZrO_2$  층들 사이의 굴절률과 그 분산형태의 차이는  $ZrO_2$ 의 두께 증가에 따른 박막의 불균질성의 증가에 의한 것으로 생각된다.

## 참고문헌

1. A. Christensen and Emily A. Carter, Phys. Rev. B **58**, 8050 (1998).
2. R. H. French, S. J. Glass and F.S. Ohuchi, Phys. Rev. B **49**, 5133 (1993).
3. K. Kukli, M. Ritala and M. Leskela, Nano Structured Materials **8**, 785 (1997).
4. R. E. Klinger and C. K. Carniglia, Appl. Opt. **24**, 3184 (1985).
5. L. I. Maissel et al., *Handbook of Thin Films Technology* (Mcgraw-Hill, 1970).