

열처리된 ZrO₂ 박막의 구조적 특성 및 광학상수 결정

Structural Properties and Optical Constants Determination of Annealed ZrO₂ Thin Films

강만일, 김경남, 김하나, 임성택, 김용기, 류지욱*

공주대학교 자연과학대학 물리학과

e-mail : ifriver@kongju.ac.kr

ZrO₂는 단사정계(*monoclinic*), 정방정계(*tetragonal*), 입방정계(*cubic*)의 3가지 안정한 상(phase)을 가지고 있으며, 각각의 상은 그들의 전이 온도 아래에서 안정하게 존재한다. ZrO₂의 상전이(phase transition) 온도는 1170°C에서 단사정계에서 정방정계로 상전이를 일으키며, 2370°C 이상에서 입방정계로 상전이를 일으킨다. ZrO₂는 가시광선 영역을 포함한 넓은 파장영역(약 0.34~12 μm)에서 좋은 광투과율을 가지고 있으며, 내구성이 강한 고굴절률 물질이다. 이러한 특성 때문에 ZrO₂는 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.⁽¹⁾⁻⁽³⁾

본 연구에서는 다양한 온도에서의 열처리를 통해 열처리 온도에 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, Sellmeier 분산관계식을 이용하여 박막의 광학상수를 결정하였다.

RF 파워 200 W에서 60분간 스퍼터링하여 상온, 773 K, 1073 K의 다양한 온도에서 60분간 열처리된 시료들의 X-ray 회절 패턴을 분석한 결과 상온과 773 K에서 열처리된 시료에서는 54.5°에서 단결정구조기판에 의한 피크만이 나타났고, ZrO₂의 3가지 결정구조(단사정계; *m*-ZrO₂, 정방정계; *t*-ZrO₂, 입방정계; *c*-ZrO₂)에 대응하는 피크들은 관찰되지 않았다.

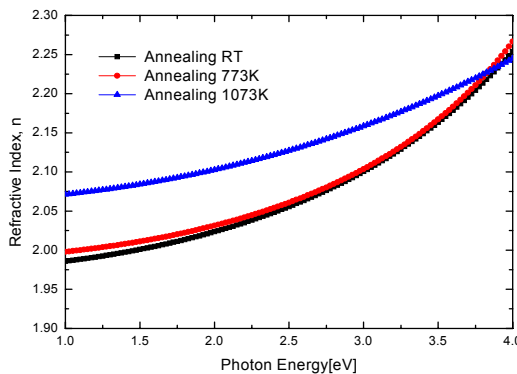


그림 1. 200 W에서 60분간 스퍼터링하여 상온, 773 K, 1073 K에서 열처리된 시료들의 *n* 스펙트럼

그림 1은 200 W에서 60분간 스퍼터링하여 상온, 773 K, 1073 K에서 열처리된 시료들의 ZrO_2 층에 대한 굴절률(n) 스펙트럼이다. 상온과 773 K에서 열처리된 시료들의 굴절률 스펙트럼은 모든 에너지 영역에서 아주 유사한 굴절률 분산을 보였고, 상온에서 열처리된 시료의 굴절률이 1.0 eV와 4.0 eV에서 0.01정도 큰 값을 가졌다. 1073 K에서 열처리된 시료의 굴절률 스펙트럼은 1.0 eV에서 2.07, 4.0 eV에서 2.24의 굴절률 값을 갖는 분산을 보여 상온과 773 K의 시료들보다 굴절률 분산이 작게 일어났고, 3.825 eV 이상의 영역을 제외한 모든 에너지 영역에서 굴절률이 더 컸으며, 1.0 eV에서 각각 0.09와 0.08의 가장 큰 차이를 보였다.

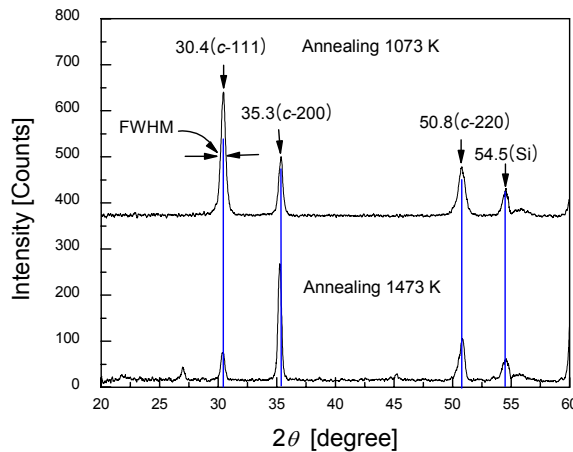


그림 2. 1073 K와 1473 K에서 열처리된 시료의 XRD 스펙트럼 비교

RF 파워 200 W에서 60분간 스퍼터링하여 상온, 773 K, 1073 K, 1473 K의 다양한 온도에서 60분간 열처리된 시료들의 X-ray 회절 패턴을 분석한 결과 상온과 773 K에서 열처리된 시료에서는 54.5°에서 단결정구조기판에 의한 피크만이 나타났고, ZrO_2 의 3가지 결정구조에 대응하는 피크들은 관찰되지 않았다.

그림 2는 1073 K와 1473 K에서 열처리된 시료의 XRD 스펙트럼을 비교한 것이다. $c-ZrO_2$ 의 (111), (200), (220)면들에 대응하는 회절 피크들의 강도가 열처리 온도가 1073 K에서 1473 K로 증가함에 따라 $c-ZrO_2$ 의 (111)면에 대응하는 30.4°의 피크는 감소되고, (200)면에 대응하는 35.3°의 피크가 증가되어 (111)면 지향의 성장이 약해지고, (200)면 지향의 성장이 강해진 것을 알 수 있었다. 또한 측정된 XRD 데이터와 Bragg의 법칙을 이용하여 $c-ZrO_2$ 의 (111), (200), (220)면들의 면간격과 격자상수를 계산할 수 있었고, 이러한 결과는 Kukli, Moulzolf, Srinivasan, Mehner 등의 선행된 연구의 결과와 일치하였다.⁽⁴⁾⁻⁽⁵⁾

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. S. C. Moulzolf, Y. Yu, D.J. Frankel, and R. J. Lad, J. Vac. Sci. Technol. A **15**, 1211 (1997).
5. R. Srinivasan, L. Rice, and B. H. Davis, J. Am. Ceram. Soc. **73**, 3528 (1990).