

분광타원법을 이용한 스퍼터된 Ta₂O₅ 박막의 광학적 특성

Optical Properties of Sputtered Ta₂O₅ Thin Films

by Using Spectroscopic Ellipsometry

김선희 *, 이의현 *, 정인우 *, 현장훈 *, 이성룡 *, 강만일, 류지욱

* 충남과학고등학교, 공주대학교 물리학과

e-mail : jwryu@kongju.ac.kr

Ta₂O₅는 근자외선에서 적외선까지의 넓은 파장영역에서 높은 광투과율을 가지고 있으며, 화학적, 기계적 안정성이 뛰어난 고굴절률 물질이다. 이러한 특성 때문에 Ta₂O₅는 간섭필터, 광도파로, 기능성 광학 박막 등에 많이 사용되고 있다. 그 밖에도 DRAM 및 SRAM의 커패시터 절연막 등으로 활용되고 있으며 최적의 화학양론적인 조성비를 갖는 Ta₂O₅ 박막을 얻기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다.^{(1),(2)}

Ta₂O₅ 박막의 제작 방법으로는 전자선 가열 증착법, CVD법, 스퍼터링법 등이 사용되고 있다. Ta₂O₅ 박막은 기판의 종류, 기판온도, 산소분압비 등의 제작 조건에 많은 영향을 받으며 이에 따라 제작 조건에 따른 미세구조가 변하게 되어 박막의 광학적 특성 또한 변하게 된다.^{(3),(4)}

본 연구에서는 비교적 조밀한 Ta₂O₅ 박막을 얻기 위해 RF 스퍼터링법을 이용하였다. RF 파워, 기판의 종류, 산소분압비에 따른 박막의 광학적 특성의 변화를 조사하였다. RF 스퍼터링법으로 제작된 Ta₂O₅ 박막의 분석을 위해 위상변조방식의 분광타원계(Phase Modulated Spectroscopic Ellipsometer)를 이용하여 타원상수를 측정하였고, Tauc-Lorentz 분산관계식을 이용하여 박막의 두께와 광학상수를 결정하였다. 또한 UV-Vis 분광광도계를 이용하여 박막의 투과율 스펙트럼을 300~900 nm의 파장 영역에 걸쳐 측정 하였고, 분산관계식에 의해 결정된 박막의 두께, 굴절률을 이용하여 얻은 투과율 스펙트럼을 UV-Vis 분광광도계에 의해 측정된 값과 비교하여 분석의 신뢰성을 확인하였다.

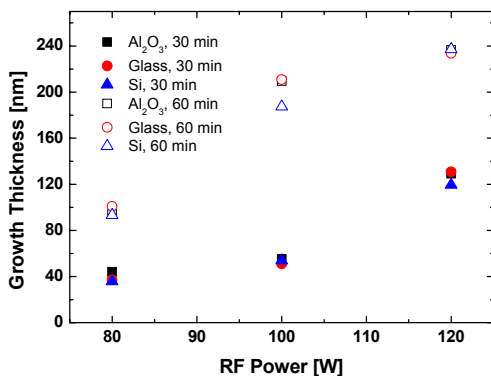


Fig. 1. Growth thickness of Ta₂O₅ thin films deposited on the various substrates.

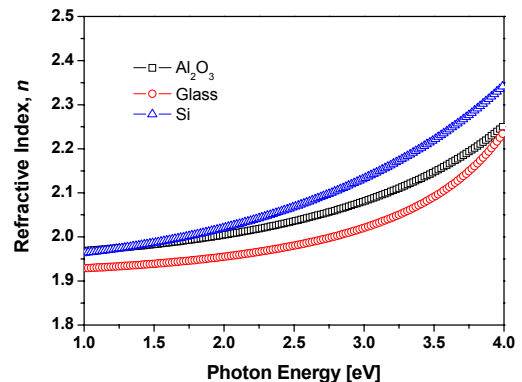


Fig. 2. Refractive index spectra of Ta₂O₅ thin films deposited on the various substrates.

그림 1은 다양한 기판(Al₂O₃, Glass, Si)에 80, 100, 120 W의 RF 파워로 30분, 60분 동안 성장시킨

Ta₂O₅ 박막의 성장 두께를 비교한 것이다. 그림 1의 결과에서 알 수 있듯이 RF 파워의 증가에 따른 성장 두께의 증가는 선형적이지 않았다. 기판의 종류에 따른 성장 두께는 RF 파워 100 W에서 60분 동안 Si 기판에 성장된 박막의 두께가 다른 기판에 비해 약 23 nm 정도 작게 나타났다. 성장 시간의 증가에 따른 박막의 성장 두께는 RF 파워 100 W를 제외하면 성장 시간에 비례하여 증가하였다.

그림 2는 RF 파워 100 W에서 60분 동안 Al₂O₃, Glass, Si 기판에 성장된 박막의 굴절률 스펙트럼을 비교한 것이다. 그림 2의 결과에 따르면 Glass 기판에 성장된 박막의 굴절률이 전 광자에너지 영역(1.0~4.0 eV)에 걸쳐 가장 작게 나타났으며 Si 기판에 성장된 박막의 굴절률이 가장 크게 나타났다. 굴절률의 분산은 Al₂O₃ 기판에 성장된 박막에서 가장 완만한 형태의 분산을 갖는 것으로 조사되었다.

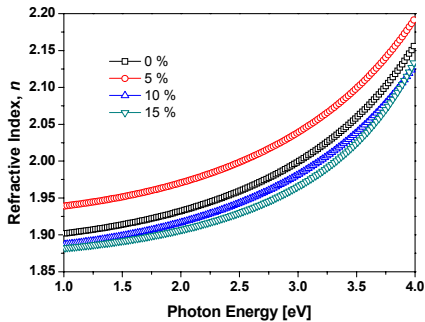


Fig. 3. Refractive index spectra as a function of O₂ partial pressure.

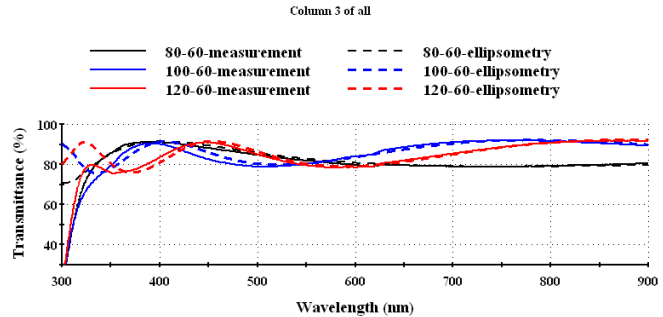


Fig. 4. Transmittance spectra of Ta₂O₅ thin films.

그림 3은 RF 파워 120 W에서 Al₂O₃ 기판에 성장된 박막들의 산소분압비에 따른 굴절률 스펙트럼의 변화에 대한 그림이다. 그림 3에서 보여 지듯이 굴절률 스펙트럼의 분산형태는 큰 차이가 없었다. 산소분압비에 따른 굴절률의 크기는 산소분압비 5%에서 가장 크게 나타났으며 산소분압비 5%를 제외하면 산소분압비가 증가함에 따라 굴절률은 전 광자에너지 영역에 걸쳐 작아졌다. 이러한 결과는 산소분압비가 5%일 때 화학양론적으로 안정화되어 굴절률이 커진 것으로 생각되며 그 이상의 산소분압비에서는 산소가 과잉되어 굴절률이 낮아진 것으로 생각된다.⁽⁵⁾ 또한 산소분압이 0%인 경우에는 산소결핍에 의해 굴절률이 산소분압이 5%인 박막에 비해 굴절률이 작게 나타났다.

그림 4는 80, 100, 120 W의 RF 파워로 60분 동안 Glass 기판에 성장시킨 박막들에 대한 투과율 스펙트럼으로 분산관계식에 의해 결정된 박막의 두께, 굴절률을 이용하여 얻은 투과율과 UV-Vis 분광광도계에 의해 측정된 투과율을 비교한 것이다. 비교결과 전 파장영역에 걸쳐 근소한 차이로 잘 일치함을 볼 수 있으며 이러한 결과는 분산관계식에 의한 얻어진 결과가 타당함을 잘 입증해 준다.

참고문헌

1. E. Atanassova and D. Spassov, Appl. Surf. Sci. **135**, 71 (1998).
2. M. Ohring, The Materials Science of Thin Films (Academic Press, 1992).
3. G. S. Oehrlien, Thin Solid Films **156**, 207 (1988).
4. 박동욱, 금동열, 김기완, 최규만, 센서학회지 **1**, 173 (1992).
5. 류태욱, 김동진, 김석원, 한성홍, 한국광학회지 **11**, 147 (2000).