

## 진공자외선 분광타원법을 이용한 이산화티타늄 박막의 복소굴절률 및 두께 결정

### Determination of Complex refractive indices and Thicknesses of Titanium Dioxide Thin Films by Using Vacuum Ultraviolet Spectroscopic Ellipsometry

김현중, 제갈원, 조용재, 조현모, 이운우, 김상열\*

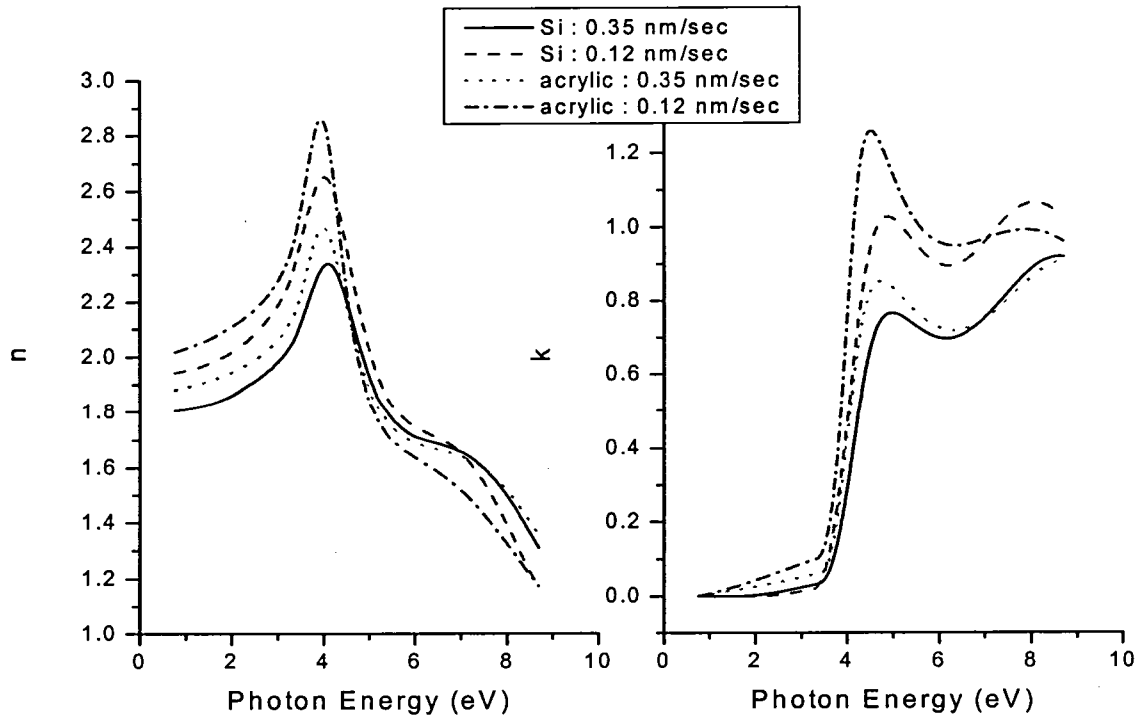
한국표준과학연구원 광기술표준부, \*아주대학교 분자과학기술학과

kimhj@kriss.re.kr

이산화티타늄( $\text{TiO}_2$ )은 우수한 광학적<sup>(1-4)</sup>, 전기적, 화학적 특성을 가지고 있는 물질로 알려져 있으며 결정상태도 여러종류가 존재한다<sup>(2)</sup>. 고굴절률의  $\text{TiO}_2$ 는 광학필터 및 거울등의 광학소자 제작을 위한 광학박막으로써 중요할 뿐만 아니라 반도체 산업에서 high-k 물질로써의 응용연구<sup>(3)</sup>가 진행되었으며, 환경오염을 방지하는 광촉매, 그리고 태양전지제작을 위한 나노결정에 대한 연구<sup>(5-6)</sup>가 보고되었다.

이온보조증착법(ion assisted deposition; IAD)으로 성장된  $\text{TiO}_2$  박막의 광학적 특성을 진공자외선 분광타원법(vacuum ultraviolet spectroscopic ellipsometry; VUV SE)을 이용하여 결정하였다.  $\text{TiO}_2$  박막은 단결정규소(c-Si) 기판과 아크릴(acrylic) 기판 위에 진공도(vacuum pressure), 증착속도(deposition rate) 등을 조절하면서 성장시켰다. 이때의 챔버내부 온도는 60 °C, 박막의 증착속도는 0.2 nm/sec로 유지하면서  $3 \times 10^{-5}$  Torr와  $8 \times 10^{-6}$  Torr로 진공도를 각각 조절하여 시료를 제작하였으며, 증착속도는 각각 0.35 nm/sec.와 0.12 nm/sec.로 조절하였 시료들을 제작하였다. 제작된 시료들을 이용하여 진공도 및 증착속도의 차이에 따른 박막의 광학적 특성들을 분석하였다. 이를 위하여 분광타원법 측정은 0.76 - 8.7 eV의 에너지 대역에서 0.02 eV 간격으로 수행하였고, 이때 입사각은 75°로 고정하였다. 측정된 타원상수인  $\Delta$ ,  $\Psi$ 로부터  $\text{TiO}_2$  박막의 복소유전율, 광학적 띠 간격과 박막의 두께등을 결정하기 위하여 일반화된 Tauc-Lorentz (Generalized Tauc-Lorentz:GTL) 분산관계식<sup>(7)</sup>을 적용하고 공기/ $\text{TiO}_2$  박막/기판으로 구성된 3 상계 모델을 사용하였다.

결정된  $\text{TiO}_2$  박막의 복소굴절률에서 소광계수는 2 개의 피크를 가지고 있음을 확인할 수 있었으며 X-선 회절분석법을 이용하여 제작된  $\text{TiO}_2$  박막이 비정질상태임을 확인하였다. 한편  $(\alpha(E) \cdot n(E) \cdot E)^{1/2}$  vs. E 그래프를 그리면 x 절편이 박막의 광학적 띠 간격이 된다는 Tauc 방법을 이용하여 결정된  $\text{TiO}_2$  박막의 광학적 띠 간격은 3.4 eV 근방에 있음을 확인하였다. 그림 1 은 단결정 규소와 아크릴 기판에서 증착속도 변화에 대한  $\text{TiO}_2$  박막의 복소굴절률을 보여준다. 박막의 증착속도가 느릴 때 그리고 같은 증착속도에서는 아크릴 기판위에  $\text{TiO}_2$  박막을 성장시켰을 때 보다 높은 굴절률과 소광계수를 가지고 있다.



참고문헌

1. D. Mardare, "Optical constants of heat-treated TiO<sub>2</sub> thin films", Materials Science and Engineering B95, 83-87 (2002)
2. D.-J. Won, C.-H. Wang, H.-K. Jang, D.-J. Choi, "Effect of thermally induced anatase-to-rutile phase transition in MOCVD-grown TiO<sub>2</sub> films on structural and optical properties", Appl. Phys. A 73, 595-600 (2001)
3. M. Kadoshima, M. Hiratani, Y. Shimamoto, K. Torii, H. Miki, S. Kimura, T. Nabatame, "Rutile-type TiO<sub>2</sub> thin film for high-k gate insulator", Thin Solid Films 424, 224-228 (2003)
4. J.-H. Kim, S. Lee, H.-S. Im, "The effect of different ambient gases, pressures, and substrate temperatures on TiO<sub>2</sub> thin films grown on Si(100) by laser ablation technique", Appl. Phys. A 69[Suppl.], S629-S632 (1999)
5. J.-Y. Zhang, I. W. Boyd, B. J. O'Sullivan, P. K. Hurley, P. V. Kelly, J.-P. Senateur, "Nanocrystalline TiO<sub>2</sub> films studied by optical, XRD and FTIR spectroscopy", Journal of Non-crystalline Solids 303, 134-138 (2002)
6. Q. Shen, T. Toyoda, "Studies of optical absorption and electron transport in nanocrystalline TiO<sub>2</sub> electrodes", Thin Solid Films 438-439, 167-170 (2003)
7. Y. J. Cho, and N. V. Nguyen, "Analytical model for optical dielectric functions of amorphous materials in broad interband transition region", unpublished

