

## 진공자외선 분광타원법을 이용한 이산화티타늄 박막의 복소유전율 및 두께 결정

### Determination of Complex Dielectric Functions 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

최근 국내의 연구진에 의해 70 nm 공정기술을 이용한 초대용량, 초고집적 반도체 소자가 개발되었고, 일본의 연구진에 의해 65 nm 급의 반도체 소자도 제작되었다. 이처럼 갈수록 치열하게 진행되고 있는 반도체 공정기술 개발경쟁은 게이트 산화막인 이산화규소(SiO<sub>2</sub>)의 한계까지 이르는 상황이 되었고, 이산화규소를 대체하기 위해 고굴절률(high-k) 물질들을 게이트 유전체박막으로 이용하려는 연구가 활발하게 진행되고 있다. 이산화티타늄(TiO<sub>2</sub>)은 고굴절률 물질 후보들중에 하나로 전기적, 화학적 특성 및 광학적 특성연구<sup>(1-4)</sup>가 진행되고 있으며 최근에는 태양전지를 위한 나노결정을 이용하는 연구<sup>(5, 6)</sup>도 수행되고 있음이 보고되었다.

본 연구는 이산화티타늄 박막의 광학적 특성을 진공자외선 분광타원법(vacuum ultraviolet spectroscopic ellipsometry; VUV SE)을 이용하여 결정하였다. 이산화티타늄 박막은 이온빔 보조증착 방법(ion beam assisted deposition; IBAD)으로 단결정규소(c-Si) 기판위에 이온빔, 진공도(vacuum pressure), 증착율(depositon rate) 등을 조절하면서 성장시켰다. 이온빔을 작동유무에 따라서 이산화티타늄 박막의 차이를 확인하였으며  $3 \times 10^{-5}$  Torr 와  $3 \times 10^{-6}$  Torr 의 진공도에서 성장된 시료를 이용하여 각 박막의 특성과 진공도와와의 관계를 비교하였고, 성막되는 비율인 증착율을 0.35 nm/sec. 와 0.12 nm/sec. 로 조절하여 증착율의 차이에 따른 박막의 특성변화를 분석하였다. 각각의 증착조건을 표 1에 정리하였으며 이렇게 성장된 이산화티타늄 박막 시료들의 두께는 약 30-40 nm 이다. 측정은 0.76 - 8.7 eV 의 대역에서 0.02 eV 의 간격으로 수행하였고, 빔의 입사각은 75° 로 고정하였다. 이산화티타늄 박막의 복소유전율, 광학적 띠 간격과 박막의 두께등을 결정하기 위하여 일반화된 Tauc-Lornetz (Generalized Tauc-Lorentz; GTL) 분산관계식<sup>(7)</sup>을 적용하였다.

진공자외선 분광타원법을 이용하여 결정한 이산화티타늄 박막의 복소유전율을 통하여 4.7 eV 근방과 8.5 eV 근방에서 각각 피크(peak) 형태를 가지는 것으로 볼 때 다결정질의 광학적 특성을 가지고 있음이 간접적으로 확인되었으며, 약 3.3 eV 근방에서 광학적 띠 간격이 나타남을 모든 시료에서 확인하였다.

표 1. 단결정규소(c-Si) 기판위에 성장된 이산화티타늄(TiO<sub>2</sub>) 박막의 증착조건

시료명	증착물질	증착조건	
WTI-1	TiO <sub>2</sub>	이온빔	유
WTI-2			무
WTV-1		진공도	3×10 <sup>-5</sup> Torr
WTV-2			3×10 <sup>-6</sup> Torr
WTR-1		증착속도	0.35 nm/s
WTR-2			0.12 nm/s

참고문헌

1. 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)
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. D. Mardare, "Optical constants of heat-treated TiO<sub>2</sub> thin films", Materials Science and Engineering B95, 83-87 (2002)
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

