

일렉트로크로믹 V_2O_5 박막의 광 특성

(Optical Properties of Electrochromic V_2O_5 Thin Films.)

서동규, 하승호, 조봉희*, 김영호

수원대학교 전자재료공학과

*수원대학교 전기공학과

1. 서론

태양광 에너지를 임의적으로 조절할 수 있는 smart windows의 mechanism인 일렉트로크로믹 (electrochromic)기술은 과학 및 공학분야에서 잘 알려져있지 않을 뿐 아니라 폭 넓게 이해되지 못한 현상이다.

그러나, 지난 20여년 동안 이런 일렉트로크로믹 현상은 일렉트로크로믹 재료의 광 변조 특성과 메모리 특성으로 인하여 이에 대한 연구가 계속 진행되어 왔으며 기술논문과 특허들이 현재까지 많이 발표되어 오고 있다.^{(1)~(2)} 특히 건축물, 자동차산업 및 항공산업 분야에서 태양에너지를 조절할 수 있기 때문에 최근 많은 주목을 받고 있다.⁽³⁾

일렉트로크로미즘은 일렉트로크로믹 재료들을 통하여 전류가 흐를때 물질내에서 발생하는 color change를 뜻한다⁽⁴⁾. 전류는 물질이 화학적 변화 즉, 산화와 환원반응을 일으키게 만들며, 만약 물질이 환원상태에서 color가 나타나고 산화 상태에서 colorless이면 환원 발색형 재료이며,

가장 대표적인 환원발색형 재료로 비정질 WO_3 박막이 있고 MoO_3 , TiO_2 등의 박막 및 이의 복합 박막에 대해서도 같은 환원 발색형으로 보고되었다.

환원상태에서 colorless이고 산화상태에서 color가 나타나면 산화 발색형이며, V_2O_5 박막은 산화 발색되는 대표적인 산화 발색형 재료다. 또한 V_2O_5 박막은 좋은 Lithium 이온 주입 물질이며 박막으로서 완전히 투명⁽⁵⁾⁽⁶⁾하고 가시광선 영역에서 광 변조 현상이 비정질 WO_3 박막에 비해 상대적으로 매우 작기⁽⁷⁾때문에 환원 발색형 일렉트로크로믹 재료, 즉 비정질 WO_3 박막의 대항전극으로서 선택되기도 한다.

이 외에 IrO_2 , Nb_2O_5 등의 박막 및 이의 복합 박막에 대해서도 V_2O_5 박막과 같은 산화 발색형으로 보고되었다.

본 연구에서는 산화 발색형인 V_2O_5 박막의 광 특성 및 증착시 기판온도 변화에 따른 일렉트로크로믹 특성을 조사하여 smart windows로의 응용 가능성을 제시하고자 한다.

2. 실험 방법

Thermal evaporation 방법을 사용하여 atmosphere 분위기에서 base pressure를 8.0×10^{-6} torr까지 떨어뜨린 후 약 30분간 preheating 하여 powder가 완전히 melting 되도록 하였다. Working pressure는 약 1.0×10^{-5} torr 정도로 유지한 다음 셔터를 열어 증착을 시작하였다.

기판과 source의 거리는 15cm로 고정하였고 source는 molybdenum-boat를 사용하였다. 시료는 V_2O_5 (일본 고순도 화학, 4N) powder를 사용하였으며 증착시 기판온도를 radiant heater를 사용하여 100°C 에서 200°C 로 변화시켜 증착하였다. Deposition rate는 thickness monitor를 사용하여 ~ 3 nm/sec 로 일정하게 유지한 후 두께를 $\sim 3000 \text{ \AA}$ 범위내에서 증착하였다.

기판으로 ITO(Indium-Tin Oxide) glass와 Slide glass, Si wafer를 동시에 loading 하였으며, 기판의 크기는 $50 \times 20 \times 1.5 \text{ mm}^3$ 로 자르고 V_2O_5 박막 증착시 기판의 증착 면적은 $15 \times 20 \text{ mm}^2$ 로 일정하게 유지하였다.

V_2O_5 박막의 두께는 Si wafer에 증착된 박막을 Ellipsometer와 α -step을 사용하여 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

$100^\circ\text{C} \sim 200^\circ\text{C}$ 로 기판온도를 변화시켜 증착한 V_2O_5 박막의 XRD 분석 결과와 비정함값, ρ 측정 결과로 기판온도 120°C 전후에서 결정화가 시작되며 140°C 부근에서는 완전히 결정화됨을 알 수 있었다(Fig. 1). 또한 기판온도 120°C 이하에서 증착한 비정질 V_2O_5 박막의 광 변조는 가시광선 영역에서 나타나고(Fig. 2) 기판온도 $140^\circ\text{C} \sim 160^\circ\text{C}$ 에서 증착한 결정질 V_2O_5 박막은 가시광선과 근적외선 영역에서 모두 광 변조 현상이 나타났다(Fig.3). 그러나 기판온도 200°C 에서 증착한 결정질 V_2O_5 박막은 근적외선 영역에서 광 변조 현상

이 가시광선에서의 광 변조 현상보다 우세하게 나타났다(Fig. 4). 따라서 흡수율의 두가지 다른 특성이 V_2O_5 박막의 결정화에 관련되어 있음을 알 수 있었으며, 환원 발색형 일렉트로크로믹 재료, 즉 비정질 WO_3 박막의 대항전극으로서 V_2O_5 박막을 선택하기 위해서는 가시광선 영역에서 광 변조 현상이 작은 특성을 나타내는 V_2O_5 박막을 사용하는것이 바람직하다.

4. 참고 문헌

- (1) C. M Lampert, Solar Energy Mater. 11,1 (1984)
- (2) S. Kawate et al, US Patent 4902109, (1990)
- (3) M. A. Habib et al, J. Appl. Electrochem. 21, 203 (1991)
- (4) Wei, Guang, Ph. D. Tufts University, 1991 " Lithium cobalt oxide thin films : Preparation and characterization for electrochromic applications"
- (5) J. P. Randin and R. Viennet, *ibid.*, 129, 2349 (1982)
- (6) S. Sato and Y. Seino: Vacuum 24 (1981) 36 [in Japanese]
- (7) S. F. Cogan, N. M. Nguyen, S. J. Perotti, and R. D. Rauh, *Proc. SPIE*, 1016, 57 (1988)

본 연구는 한국전력공사의 지원에 의하여 수행되었음.

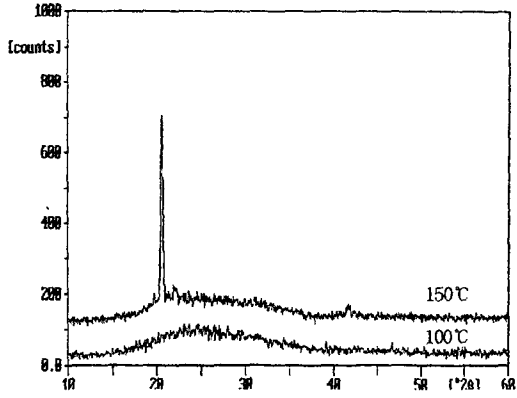


Fig. 1 X-ray diffraction peaks of V_2O_5 films by substrate temperature.

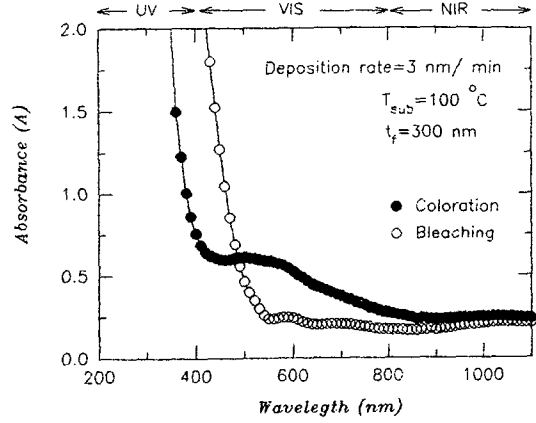


Fig. 2 Spectral absorption of V_2O_5 thin films deposited at $100^\circ C$ substrate temperature.

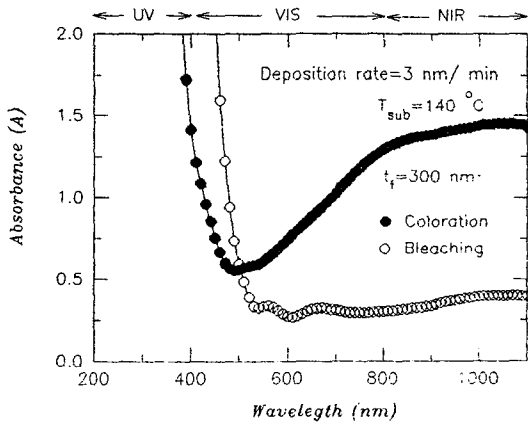


Fig. 3 Spectral absorption of V_2O_5 thin films deposited at $140^\circ C$ substrate temperature.

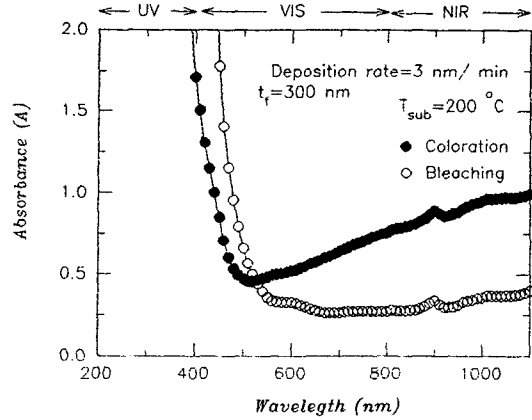


Fig. 4 Spectral absorption of V_2O_5 thin films deposited at $200^\circ C$ substrate temperature.