

기판온도가 WO₃ 박막의 일렉트로크로믹 특성에 미치는 영향 (Effect of Substrate Temperature on the Electrochromic Properties of WO₃ Thin Films)

하 승호, 이 진민, 박승희, 조봉희*, 김영호

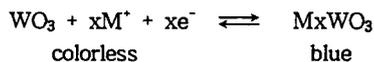
수원대학교 전자재료공학과

*수원대학교 전기공학과

1. 서론

오늘날까지 제시된 대부분의 광학 변조는 WO₃ 박막의 일렉트로크로믹 (electrochromic) 특성을 이용한 것이며, WO₃ 박막은 일렉트로크로믹 현상을 나타내는 대표적인 물질중의 하나이다. 일렉트로크로믹 현상은 전압을 인가하면 산화, 환원 반응에 의해 재료에 색이 나타나는 현상을 말하며 가시광선과 적외선을 제어할 수 있을 뿐 아니라 외부전압을 제거하여도 색이 남기 때문에 메모리 현상이 있다. 이와 같은 성질을 이용하여 대형 안내판, 계시판 등의 표시소자와 건축물의 조광체로서 사용할 수 있는 에너지 효율 smart windows의 응용에 관한 연구가 활발해지고 있다.

순수한 WO₃ 박막은 무색 투명하며 환원 반응에 의해 다음의 텡스텐 브론즈가 생성되어 청색으로 변하며 전압을 역으로 인가하면 산화 반응에 의해 원래 상태로 돌아간다. 즉,



여기서 M⁺는 H⁺, Li⁺, Na⁺, Ag⁺ 등의 양이온을 나타낸다. 그러나 WO₃ 박막의 광 특성 및

일렉트로크로믹 특성은 증착기술과 제조공정상의 변수에 따라 크게 좌우된다. 특히 태양 에너지를 가변하여 조절할 수 있는 광 변조 특성을 이용한 smart windows의 실용화를 위하여는 최적의 일렉트로크로믹 특성을 나타내는 WO₃ 박막을 얻는 것이 중요하다. 따라서 본 논문에서는 thermal evaporation 방법으로 WO₃ 박막을 제작하여 광 흡수 spectrum을 조사하였으며 WO₃ 박막 증착 시 기판온도를 변화시켜 기판온도가 WO₃ 박막의 일렉트로크로믹 특성에 미치는 영향을 조사하고 최적의 제작조건과 에너지 효율 smart windows의 응용 가능성을 제시하고자 한다.

2. 실험 방법

3000~4000Å 정도의 두께를 나타내는 WO₃ 박막을 5N의 WO₃ power를 사용하여 thermal evaporation (model : Auto 306, Edward) 방법으로 5×10⁻⁶ torr의 진공중에서 기판온도를 상온에서 300°C까지 변화시키면서 증착하였다. 기판은 ITO glass 와 corning glass를 사용하였으며, 기판과 source 와의 거리는 10~15 cm, heating source 는 텡스텐 boat를 사용하였다.

정확한 두께를 측정하기 위하여 실리콘 wafer를 WO₃ 박막 증착시 동시에 loading 하였다.

박막 증착은 lateral uniformity를 향상시키기 위하여 boat의 온도를 1100°C에서 10분 동안 pre-heating한 후 1500°C까지 서서히 boat의 온도를 증가시킨 다음 증착하였다. 박막의 두께는 ~4000Å 정도로 일정하게 유지하여 증착하였으며, 증착한 박막의 두께는 Ellipsometer (model : L-116B HP 85B, $\lambda=6328\text{Å}$, incidence angle 70° Gaetner) 와 α -step (model : α -200, Tenco)으로 측정하였다. 주입된 전하량은 Coulomb meter (HF-201, Hukuto Denko) 로 측정하였다. coloration과 bleaching 실험은 (+) 와 (-) 전압을 각각 2분씩 인가하고 중간에 30 초씩 쉬는 방법으로 5 회 이상 반복 실시하여 정상상태에 도달한 후 측정하였다.

WO₃ 박막 증착시 기판온도 변화에 따른 일렉트로크로믹 특성을 조사하기 위하여 Pt/LiClO₄-propylene carbonate/ WO₃ 박막/ ITO 구조를 갖는 일반형 일렉트로크로믹 소자를 구성한 다음 850nm의 파장대에서 double beam spectrophotometer (UV-160, SIMADZU)를 이용하여 시간 변화에 따른 coloration 과 bleaching 특성과 주입된 charge 양, 그리고 전파장 영역 (200~1100nm)에서의 coloration 과 bleaching시 투과율을 조사하였다. 또한 기판온도에 따른 optical density 와 corning glass에 증착한 WO₃

박막의 굴절율 $n(\lambda)$ 값을 계산하여 기판온도 변화에 따른 WO₃ 박막의 특성을 비교 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

상온과 50°C에서 증착한 WO₃ 박막은 life time 이 짧아 degradation 현상이 쉽게 발생하며 온도가 증가함에 따라 life time은 향상되나 150°C 이상에서는 WO₃ 박막의 일렉트로크로믹 특성이 나빠진다. Fig. 1 과 Fig. 2 는 전파장 영역에서의 coloration 과 bleaching 투과율을 나타낸 것이다. Fig. 1 과 Fig. 2 에서 볼 수 있듯이 100°C 부근에서의 WO₃ 박막 증착이 가장 좋은 일렉트로크로믹 특성을 나타냄을 알 수 있다.

4. 참고 문헌

- 1) Inversen. Welsy. R, *Electronic*, 60, 36 (1987)
- 2) T. Kamimori, J. Nagai, and M. Mizuhashi, *Solar Energy Mater.*, 16, 27~38 (1987)
- 3) H. Akaram, M. Kitao, and S. Yamada, *J. Appl. Phys.* 66(9), 1 November 1989
- 4) H. Demiryont, K. E. Nietering, *J. Appl. Optics*, 28, 8 (1989)
- 5) J. Nagai, T. Kamimori, and M. Mizuhashi, *Solar Energy Mater.*, 14, 175~184 (1986)

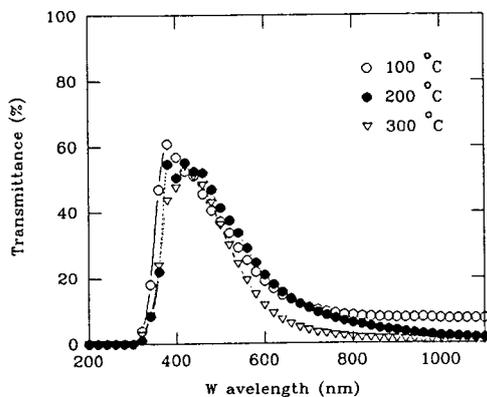


Fig. 1. Coloration transmittance of electrochromic devices as a function of substrate temperature.

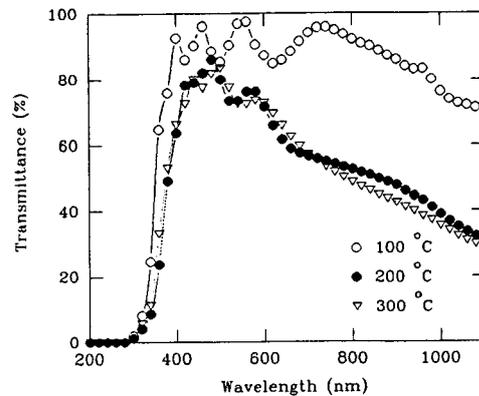


Fig. 2. Bleaching transmittance of electrochromic devices as a function of substrate temperature.