

MoO₃ 박막의 전기변색 특성(The Electrochromic Properties of MoO₃ Thin Films)

서동균, 조봉희*, 김영호

수원대학교 전자재료공학과

*수원대학교 전기공학과

1. 서론

전기변색(electrochromic)재료는 에너지 절약형 스마트윈도우(smart windows), 광정보 기록(optical information recording), 전자사진(electrophotography) 등과 같은 기술적으로 다양한 응용 분야에 이용될 가능성으로 인하여 최근 많은 주목을 받고 있다.^[1]

전기변색 현상은 전압을 인가하면 산화, 환원 반응에 의해 재료의 광 특성이 가역적으로 변화하는 현상을 말하는데 대표적인 전기변색 특성을 나타내는 물질로는 WO₃, MoO₃, TiO₂ 등의 환원 발색형(cathodic coloration)재료와 IrO₂, Nb₂O₅, V₂O₅ 등의 산화 발색형(anodic coloration)재료가 있다.^[2] 그 중에서 환원 발색형 재료인 MoO₃는 파장에 따른 빛의 흡수가 균일하고 중간색을 나타내는 특성으로 인하여 다른 전기변색 재료보다 미적으로 우수하다는 평가를 받고 있으며 최근 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.^[3]

따라서 본 연구에서는 대표적인 전기변색 재료인 MoO₃ 박막을 thermal evaporation 방법으로 제조하여 광특성을 조사하였으며^[4] 기판온도 변화에 따른 MoO₃ 박막을 증착한 후, ITO(Indium-Tin Oxide)glass/ MoO₃ 박막/ LiClO₄-propylene carbonate/ Pt 대향전극 구

조를 갖는 전기변색 소자를 제작하여 증착조건에 따른 MoO₃ 박막의 전기변색 특성을 조사하였다.

2. 실험방법

Thermal evaporation(model : Auto 306, Edward) 방법을 사용하여 MoO₃(4N, 고순도 화학) powder를 1.0×10^{-6} Torr의 진공도에서 박막두께를 1000~6000 Å로 변화시키며 증착하였다.

기판으로는 ITO glass와 정확한 두께를 측정하기 위해 slide glass, Si wafer를 같은 조건에서 동시에 loading 하였다. 기판과 source와의 거리는 10~15 cm, heating source는 W boat, Mo boat, Ta boat를 사용하였다.

Chamber의 증착전 진공도는 5.0×10^{-6} Torr의 고진공을 유지하고 기판과 boat 온도를 각각 100 °C, 1100 °C에서 10분간pre-heating한 후 1500 °C까지 서서히 boat의 온도를 증가시킨 다음 증착하였다.

기판의 온도를 각각 상온, 100, 120, 140, 160, 180, 200 °C로 변화하여 증착하였으며 증착된 박막의 두께 측정은 Ellipsometer (model : L-116B HP 85B, $\lambda=6328\text{\AA}$)

incidence angle 70° Gaetner)와 α -step (model : α -200, Tenco)으로 측정하였다. 주입된 전하량은 Coulomb meter(model : HF-201, Hukuto Denko)로 측정하였다.

전기변색 광 변조 특성을 조사하기 위해 ITO glass/ MoO₃ 박막/ LiClO₄-propylene carbonate/ Pt 대향전극 구조를 갖는 전기변색 소자(electrochromic device)를 구성하고 double beam spectrophotometer(model : UV-160, SIMADZU)를 이용하여 Li⁺이온의 주입양에 따른 광학밀도(optical density)를 조사하고 전 파장영역(200~1100 nm)에서의 coloration과 bleaching현상이 일어날 때 투과율(transmittance)변화 등의 전기변색 특성을 조사하였다.

3. 결과 및 고찰

진공증착된 MoO₃ 박막은 증착온도가 증가함에 따라 연한 푸른색에서 탁한 푸른색을 나타내었고 증착박막의 두께가 증가함에 따라 연한 푸른색에서 회색을 띤 푸른색을 나타내었다.

기판온도 200 °C 이하에서 증착된 MoO₃ 박막은 XRD 분석 결과 비정질로 밝혀졌으며 광투과율과 반사율에서 구한 비정질 MoO₃ 박막의 광 에너지 갭(optical energy gap)은 2.75 ~ 2.8 eV로 나타났다.

기판온도를 100, 120, 140, 160, 180, 200 °C로 변화시키면서 증착한 비정질 박막의 광 변조량은 Li⁺이온을 20 mC/cm²으로 주입할때 파장 850 nm에서 각각 40.1%, 31.1%, 29.8%, 33.4%, 32.3%, 16.9%로 나타났으며, Li⁺이온 주입양이 증가함에 따라 연한 푸른색에서 짙은색을 띤 진한 푸른색으로 변화하였다. 기판온도 100 °C에서 증착된 비정질 박막이 가장 우수한 광변조 특성을 보였으며 역전압을 인가하여 bleaching현상이 일어날 때 100 °C와

120 °C에서 증착된 박막은 가역적인 반응이 완전하게 일어났다. 이에 반해 140 °C 이상에서 증착된 박막은 온도가 증가할수록 coloration현상이 일어날 때 투과율이 감소하고 bleaching현상이 일어날 때 가역적인 반응이 완전히 이루어지지 않았다.

기판온도 변화에 따라 증착한 비정질 박막의 광학밀도는 Li⁺이온 주입양이 증가함에 따라 증가하였으며, 기판온도가 증가함에 따라 감소함을 알 수 있었다. Li⁺이온을 20 mC/cm²으로 주입할 때 파장 850 nm에서 기판온도 100°C박막은 0.5로 나타났으며, 180 °C 이상의 박막에서는 0.3~0.17로 현저히 감소하였다.

증착된 MoO₃ 박막은 coloration time 보다 bleaching time이 긴 것을 알 수 있었으며^[5] 기판온도가 증가함에 따라 bleaching time이 길어졌다. 증착 두께를 100~600 nm로 변화를 주어 실험한 결과 300 nm인 박막이 전 파장 영역에서 균일하고 높은 광학밀도값을 나타내었다.

이와 같은 결과로 기판온도가 100 °C이며 두께가 300 nm인 MoO₃ 박막이 전기변색 소자에 사용시 최적임을 알 수 있었다.

4. 참고문헌

- [1] S. K. Deb, Solar Energy Research Institute, 3, 1617 (1985)
- [2] Carl M. Lampert, Solar Energy Materials II, 1~27, 22 June (1984)
- [3] A.Guerfi, Le H. Dao, J. Electrochem. Soc., 136, 2435 (1989)
- [4] S. K. Deb, J. A. Chopoorian, Journal of Applied Physics 37(13), 23 May (1966)
- [5] A. Donnadieu, SPIE Institute Series Vol. IS 4, 210 (1989)