

# 스마트 윈도우용 일렉트로크로믹 소자

## (Electrochromic Device for Smart Windows)

\*박승희 , \*하승호, \*\*조봉희, \*김영호

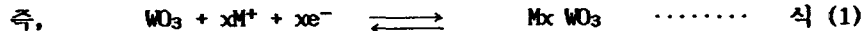
\* : 수원대학교 전자재료공학과,

\*\* : " 전기공학과

### 1. 서론

산화텅스텐(WO<sub>3</sub>) 박막은 EC(electrochromic)현상을 나타내는 대표적 물질중 하나이다.<sup>(1)</sup> EC 현상은 전압을 인가하면 산화, 환원 반응에 의해 재료에 색이 나타나는 현상으로 외부전압을 제거하여도 색이 남기 때문에 메모리성이 있다. 이와 같은 성질을 이용하여 대형 안내판, 게시판 등의 표시소자<sup>(2)</sup>와 건축물등의 조광체로 사용되는 smart window<sup>(3)</sup>에의 응용에 관한 연구가 활발해지고 있다.

순수한 WO<sub>3</sub> 박막은 무색 투명하며 환원반응에 의해 다음의 텅스텐 브론즈가 생성되어 청색으로 되며 전압을 역으로 인가하면 산화반응에 의해 원래 상태로 돌아간다.



여기서 M<sup>+</sup>는 H<sup>+</sup>, Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, Ag<sup>+</sup>등의 양이온을 나타낸다. 그러나 WO<sub>3</sub> 박막의 광특성 및 EC 특성은 증착기술과 제조 parameter<sup>(4)</sup> 및 대향전극에 따라 좌우된다. 특히 태양 에너지를 가변하여 조절할 수 있는 광변조 특성을 이용한 smart windows의 실용화를 위하여는 최적의 대향전극 구조를 얻는 것이 중요하다. 따라서 본 논문에서는 thermal 및 e-beam 증착법으로 WO<sub>3</sub> 박막을 제작하여 광흡수 spectrum을 조사하였으며 Pt, ITO 투명전극, ITO/V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ LiClO<sub>4</sub>-propylene carbonate/ WO<sub>3</sub> /ITO 박막 대향전극 갖는 EC 소자를 구성하여 대향전극에 따른 태양광 변조 특성을 조사하고 최적의 제작 조건과 에너지 효율 smart windows의 응용가능성을 제시하고자 한다.

### 2. 실험 방법

고순도의 WO<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>( 5N, powder )를 thermal evaporation ( model : Auto 306, Edward )방법으로 5×10<sup>-6</sup> torr 의 진공에서 WO<sub>3</sub>, V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 박막을 제작하였다. 기판은 ITO glass 와 Corning glass 를 사용하였으며, 기판과 source 와의 거리는 10 cm ~ 15 cm, heating source 는 텅스텐 boat 와 몰리브덴 boat 를 사용하였다.

정확한 박막 두께를 측정하기 위하여 실리콘 wafer를 같은 증착조건에서 동시에 loading 하였다. 박막증착은 lateral uniformity 를 좋게하기 위하여 기판온도와 boat 의 온도를 각각 100℃, 1100℃ 에서 10분간 pre-heating 한 후 서서히 boat의 온도를 올려가면서 1500℃ 근처에서 증착시켰다. 증착된 박막의 두께는 Ellipsometer ( model

: L-116B HP 85B,  $\lambda = 6328 \text{ \AA}$ , incidence angle  $70^\circ$  Gaetner)와  $\alpha$ -step(model:  $\alpha$ -200, Tenco)으로 측정하였다.

Pt, ITO glass,  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{ITO}$  /  $\text{LiClO}_4$ -propylene carbonate /  $\text{WO}_3$  박막 / ITO 구조를 갖는 EC 액체형 소자를 구성한 다음 850nm의 파장대에서 spectrophotometer ( model : UV-160A, SHIMADZU)를 이용하여 시간 변화에 따른 coloration 과 bleaching 특성을 조사하였다. 또한 대향전극을 Pt, ITO,  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{ITO}$ 을 사용하여  $\text{WO}_3$  박막의 파장에 따른 투과율 및 반사율을 측정하였으며. coloration 특성을 측정시에는 Pt, ITO glass,  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{ITO}$  대향전극에 (-), Pt 대향전극에 (+) 전압을 인가하였을때 식(1) 에서와 같이 투명전극으로부터 전자와  $\text{LiClO}_4$ -propylene carbonate 전해액으로부터  $\text{Li}^+$  이온이 이중주입에 의하여 리튬 bronze 가 형성되어 청색으로 변하면서 coloration 현상이 일어났다.  $\text{V}_2\text{O}_5$ 의 막의 특성을 알기위하여 350°C 열처리 전과 열처리후의 coloration 과 bleaching 특성을 비교 분석하였다.

### 3. 실험 결과 및 고찰

진공증착으로 제작된  $\text{WO}_3$  박막의 광특성과 ITO 투명전극/  $\text{WO}_3$  박막/  $\text{LiClO}_4$ - PC/ Pt, ITO glass,  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{ITO}$  대향전극 구조를 갖는 소자를 구성하여 EC 특성을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1)  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{ITO}$ , Pt를 대향전극으로 사용한경우 EC 특성이 ITO 투명전극을 대향전극으로 사용시 보다 월등히 좋음을 알수있었다.
- 2)  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{ITO}$  와 Pt 전극 비교시 charge 주입량, coloration, bleaching 등 EC 특성이 유사함을 나타냈다.
- 3)  $\text{V}_2\text{O}_5/\text{ITO}$  대향전극 사용시 비정질  $\text{V}_2\text{O}_5$ 막이 결정질  $\text{V}_2\text{O}_5$ 막에 비해 EC 특성이 우수하게 나타났으며 이는 박막의 결함으로 인해 coloration 을 일으키는  $\text{Li}^+$  이온의 주입이 보다 용이하기 때문으로 사료된다.
- 4)  $\text{V}_2\text{O}_5$ 의 막을 너무 얇게 증착시키면 막의 분리 현상이 일어나며, 두껍게 증착하면 bleaching 특성이 나빠짐을 알수 있었다. 그러므로 적정한 두께의 증착이 요구된다.

### 참고 문헌

- 1) C. M. Lampert, Solar Energy Mater. , 11 , 1 (1984)
- 2) Inversen. Welsy. R, Electronics, 60, 36 (1987)
- 3) T. Kamimori, J. Nagai, and M. Mizuhashi, Solar Energy Mater. 16 (1987) 27~38
- 4) H. Akaram, M. Kitao, and S. Yamada, J. Appl. Phys. 66(9), 1 November 1989
- 5) S.K.Deb, US Patent. No.4, 170,406 (1979)