

## Characterization of $\text{In}_2\text{O}_3$ Films by AES and XPS

전재인, 문중호, 홍재화, 강정수, 이영백

산업과학기술연구소 기초과학 연구분야

### 1. 서 론

투명도전막은 LCD, TFT, 태양전지, 도전성 스크린 등의 다양한 용도에 사용되고 있다. 산화인듐( $\text{In}_2\text{O}_3(\text{IO})$ ) 박막은 투명도전막 중에서 가장 많이 사용되는 물질중의 하나이다. 특히 ITO로 잘 알려진 투명도전막은 IO에 주석을 5-10 % 첨가하여 피막을 만드는 것으로 지금까지 알려진 투명도전막 중 비저항이 가장 낮고, 가시광선 투과율이 높은 것으로 알려져 있다. 주석이 첨가되지 않은 IO 박막의 경우는 비저항이  $5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$  이상이며, 투과율이 90% 정도로 알려져 있다. 투과율 관점에서는 IO 박막 만으로도 충분하나 최근의 투명도전막에 대한 요구 조건의 관점에서 보면 비저항이 너무 높아 소자 제조에 어려움이 있다. IO는 격자상수가 10.118 Å인 cubic bixbyte 구조를 이루고 있으며, IO에 대한 화학조성의 정량화는 구조의 복잡성과 공공(vacancy)으로 인한 조성변화 등으로 인해 몇개의 논문에서 시도한 것을 제외하면 거의 연구되지 않았다. 특히, IO 피막의 화학조성과 비저항 또는 투과율과의 관계에 대한 자료는 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 비저항이  $5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$  이하가 되는 IO 박막을 제조하여 그 특성을 평가 하였으며, bulk IO 와 비교하여 피막의 화학성분비 등을 AES, XPS를 이용하여 조사하였다. 또한 이를 자료와 비저항 또는 투과율과의 상관성을 비교 검토하고자 하였다.

### 2. 실험 방법

IO 피막의 제조는 통상의 진공증착기에서 저항가열 증발원을 이용하여 인듐 금속을 증발시키면서 산소가스를 주입하여 기판에 산화피막을 제조하는 소위 반응성 증착법과, 증발원 근처에 이온화 장치를 설치하여 증발원과 가스를 이온화시켜 반응도를 증가시킨 후 기판에 증착시키는 반응성 이온플레이팅 방법을 이용하였다. 증착변수는 증착율, 기판온도, 가스유량, 이온화 전압 등을 선정하여 이들 변수를 각각 변화시키면서 피막을 제조하였다. 기판의 온도는 상온에서 400 °C까지 변화시켰고, 증착율은 증착의 경우 각각 1, 3, 5 Å/s, 이온플레이팅의 경우는 7 - 15 Å/s 으로 변화시켰다. 기판은 Corning #2947 microslide glass를 이용하였다. 제조된 피막의 화학성분은 AES와 XPS로 분석하였으며, 비교를 위해 일본 고순도사의 99.99%의 순도를 가진  $\text{In}_2\text{O}_3$  grain을 이용하였다. 인듐과 산소의 성분비를 조사하기 위해 필요한 경우 Ar 이온으로 스퍼터링한 후 스펙트럼을 얻었으며, Grain bulk 시료의 경우는 기공이 많아 탄소가 제거되지 않았으므로 산소의 피크 강도가 포화될 때까지 스퍼터링한 후 성분비를 산출하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

(1) 비저항과 투과율 : 진공증착한 피막은 같은 기판 온도에서 증착율이 낮은 피막의 경우가 보다 낮은 저항값을 보였으며, 개스유량에 따라 최소가 되는 점이 나타났다. 투과율의 경우는 개스유량이 증가 하면 투과율도 증가하다가 어느 일정값이 되면 포화되며, 증착율이 증가하면 그 포화되는 투과율이 낮아짐이 확인되었다. 진공증착으로 제작된 IO 피막의 가장 낮은 저항값은 약  $4.5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 이었으며, 투과율은 92 %로 나타났다.

이온플레이팅 피막의 경우는 이온화 전압에 따라 저항값에 매우 큰 차이를 보였으며, 40 V 일때  $1.5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 로 매우 낮은 저항값을 보였고 투과율도 90 % 이상이 되어 ITO 피막에 못지 않은 특성을 보였다.

(2) 화학조성 및 성분비 : AES에 의한 피막 및 bulk IO의 화학조성비는 as-received 표면에서와 스퍼터링으로 표면탄소를 제거했을 경우에서 차이를 보였다. 특히 bulk IO의 경우 O/In의 피크강도비가 0.75에서 스퍼터링 후 0.59 까지 떨어져, IO 피막이 0.05 - 0.1 정도의 차이를 보이는 것과는 대조를 이루었다. 이는 bulk의 경우가 스퍼터링에 의한 In과 O의 decomposition이 보다 많아지는 것으로 생각할 수 있다. 스퍼터링전의 bulk IO의 O/In 조성비를 1.5로 가정했을 경우 진공증착 피막의 경우는 1.38 - 1.40 정도가 되었으며, 이온플레이팅 피막은 1.48 - 1.51로 되어 bulk와 유사한 비율을 나타내었다. 스퍼터링으로 표면탄소를 제거한 bulk를 1.5로 했을 때에는 진공증착은 1.4 - 1.55 그리고 이온플레이팅 피막은 1.66으로 bulk보다 큰 값을 나타내었다.

XPS에서는 bulk IO의 산소피크가 2개의 성분(금속 산화물, 흡착된 산소성분)으로 갈라져 나타났으며, 조성계산에는 deconvolution에 의해 금속 산화물 피크만을 분리, 이용하였다. 알려져 있는 sensitivity factor를 이용하여 계산한 화학조성은 산소가 30 - 35 at.% 로 나타나 실제의 조성과는 매우 큰 차이를 보였다. Bulk 시료의 O/In 조성비를 1.5로 가정하여 분석한 표면 탄소가 제거된 IO 피막의 조성비는 진공증착의 경우 1.40 - 1.5였으며, 이온플레이팅의 경우는 1.45 이상을 나타내었다.

### 4. 결 론

(1) IO를 투명도전막으로 유리상에 제조하였을 경우 진공증착에서는  $4.5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$  정도의 비저항을 나타내었으나, 이온플레이팅한 피막 경우는  $1.5 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$  이하를 나타내어 특성이 매우 우수한 피막임을 확인하였다.

(2) XPS에 의한 화학조성의 분석은 Bulk IO의 산소피크가 갈라짐으로 인해 어려움이 있었으나 흡착산소 피크를 제거하여 적용한 결과, O/In 조성비가 bulk와 박막이 거의 일치함을 알 수 있었다. 그러나 알려져 있는 sensitivity factor를 이용하여 정량화한 bulk 조성은 실제값과는 매우 큰 차이를 보였다.

(3) AES에 의한 화학조성 분석결과는 스퍼터링에 의한 In-O결합의 decomposition으로 인하여 스퍼터링 전후에 매우 큰 차이를 보였으며, 따라서 정량화에 어려움이 있었다.