

## 반응성 DC 마그네트론 스퍼터링 법으로 증착한 ITO 박막의 전기적 특성 평가

## Electrical properties of ITO thin film deposited by Reactive DC magnetron sputtering

김민제<sup>a\*</sup>, 강세원, 송풍근<sup>a</sup><sup>a\*</sup>부산대학교 재료공학과(E-mail: meanjekim@gmail.com)

**초 록 :** 인듐 주석 산화물 박막을 In/Sn (2, 5 wt.%) 합금 타겟을 사용하여 DC 마그네트론 반응성 스퍼터링법을 이용하여 증착하였다. 기판온도는 상온에서 증착하였으며, 증착 중 DC 파워는 70W부터 120W 까지 10W 단위로 증가시켜 증착하였다. 증착 된 박막을 대기중에서 후 열처리를 각 6, 12 시간 진행하여 전기적 특성을 평가하였으며 평가 장비는 Hall-effect measurements system을 사용하였다. ITO (Indium Tin Oxide) 박막의 비저항은 합금의 Sn 조성별로 다르게 나타났다. Sn 5 wt.% 타겟을 이용한 경우에는 DC 파워 90W를 기준으로 더 낮은 파워에서는 열처리에 따라 비저항이 증가하였고, 더 높은 파워에서는 열처리를 한 경우 비저항이 더 낮게 나타났다. 이러한 결과가 나온 이유는, DC 파워가 높은 경우 스퍼터링 공정 중 발생하는 고 에너지 입자 충돌에 의해 산소가 re-sputtering되어 산소가 부족한 박막이 형성되기 때문인 것으로 판단된다. Sn 2 wt.% 타겟의 경우에는 큰 차이를 나타내지 않았으며, 이러한 원인은 Sn 함량이 적기 때문에 산소 공급으로 인해 결정성이 향상되더라도 활성화 Sn의 양이 적기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다.

## 1. 서론

현재 LCD, PDP, OLED, 태양전지, 광센서 등 여러 응용분야에서 투명전도성 산화물(TCO, Transparent Conducting Oxide)이 다양하게 사용되고 있다. 이에 따라 각종 소자의 개발이 가속화 되면서 이러한 소자에 필요한 필수적인 투광성과 전기 전도성이 우수한 투명 전극용 재료의 개발이 활발하게 이루어지고 있다. 가장 널리 사용되고 있는 투명 전도성 산화물재는 ITO로 1990년대부터 마그네트론 스퍼터링법을 사용하여 증착면적이 대형화됨에 따라 디스플레이에 사용되기 시작하였다. ITO는 산화인듐 ( $\text{In}_2\text{O}_3$ )을 혼합하여 사용하며, 산화주석이 5-10 wt.% 함유되었을 경우 투명전극으로서의 특성이 가장 좋기 때문에 제품화된 타겟의 경우 산화주석을 10 wt.% 함유한 조성을 많이 사용하고 있다. 이렇게 투명 전극 재료의 대표적인 물질인 ITO는 디스플레이 산업에 있어 없어서는 안 될 핵심적인 부품중의 하나이다. 차세대 디스플레이로 주목받고 있는 분야가 바로 터치 스크린 패널(Touch Screen Panel)이다. 그중 정전용량 방식은 고투과율과 내구성, 고감도 등의 장점으로 Apple사의 iPhone, iPad에 적용되면서 터치 시장에서의 비중을 높이고 있다. 하지만, 정전용량 방식은 다른 터치 패널에 비해 낮은 면저항을 요구하고 있다. 일반적으로 저항막 방식의 경우 4인치 급 디스플레이 기준으로  $150\Omega/\square$ 의 면저항이 요구된다. 정전용량 방식의 경우 10포인트 이상 터치 포인트 및 수많은 신호를 전달하기 위해서는  $10\Omega/\square$  이하의 저항이 요구된다. 스퍼터링법으로 면저항  $10\Omega/\square$  이하를 가지는 ITO 박막을 제작하는 것은 매우 고난이도 기술이다.

본 연구에서는 산업적으로 많이 쓰이는 DC 스퍼터링법보다 증착율 및 재료 코스트면에서 이점을 가지는 반응성 DC 스퍼터링법을 이용하여 ITO 막을 제작하였다. 다양한 DC power에서 ITO 필름을 PET위에 증착한 후, 대기 중에서 열처리를 실시하여 증착조건과 열처리 시간에 따른 전기적 물성 변화를 관찰하였다.

## 2. 본론

본 연구에서는 50mm × 50mm 크기의 PET 기판 위에 반응성 DC 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 30 nm 두께의 ITO 박막을 증착하였다. 증착 전 챔버 내의 base pressure는 약  $1.0 \times 10^{-6}$  torr 까지 배기하였으며, 증착 압력은 Ar + O<sub>2</sub> 분위기에서 0.28Pa 을 유지하였다. 증착 중 산소 유량 [ $\text{O}_2/(\text{Ar}+\text{O}_2)$ ] 은 25 %로 유지하였고, 산소 주입 전 pre-pre sputtering 15분, 산소 주입 후 pre sputtering을 10분 행한 후 증착을 시작하였다. 증착 중 DC power는 70W부터 10W 씩 증가하여 120W 까지 증가시키며 증착을 진행하였다. 스퍼터링 타겟으로는 직경 3inch 크기의 In/Sn (Sn 2, 5wt.%) 합금 타겟을 Cu backing plate에 bonding하여 사용하였다. 열처리는 관상로 안에서 대기 분위기에서 진행되었으며 각 6, 12시간동안 열처리를 진행하였다. 앞선 실험을 통해 증착한 박막의 전기적 특성은 Hall-effect measurements system (ECOPIA, HMS3000)을 통해 측정되었으며, 증착 시 DC 파워와 열처리 시간에 따른 비저항, 캐리어 농도, 및 이동도를 관찰하였다.

## 3. 결론

In에 Sn을 2, 5 wt.% 첨가한 두 종류의 금속 합금 타겟을 이용하여 산소 분위기에서 반응성 스퍼터링법으로 증착한 ITO 박막을 대기중에서 후 열처리를 실시하여 전기적 특성을 비교하였다. Sn 5 wt.%가 첨가된 타겟으로 증착한 ITO 박막은 후 열처리 전에는 DC 파워가 증가함에 따라 비저항이 증가하였다. 이것은 스퍼터링 중 고 에너지 입자 충돌에 의해 산소가 re-sputtering되며 나타난 현상으로 생각된다. 열처리를 실시할 경우 DC 파워 90W를 기준으로 낮은 경우에는 비저항이 증가하였고, 높은 경우에는 비저항이 감소하였다. 낮은 DC 파워에서는 산화로 인해 산소공공의 감소로 인한 비저항 증가로 판단되며, 높은 DC 파워에서는 산소 공급으로 인한 결정성 향상 및 산소공공의 생성으로 인한 비저항 감소로 판단된다. Sn 2 wt.%가 첨가된 타겟으로 증착한 ITO 박막은 DC 파워에 따라 비저항에서 큰 차이를 나타내지 않았다. 후 열처리가 진행됨에 따라 비저항이 약간 증가하는 경향을 보였고, 이것은 산소공공의 감소 때문이라고 판단되며, Sn 함량이 적어 활

성화 Sn의 영향은 5 wt.% 타겟을 사용한 경우보다 작다고 판단된다.

#### 참고문헌

1. 박이섭, 한국표면공학회지, 제40권 3호 (2007), p.107-112
2. 정재현, 한국표면공학회지, 제46권 1호 (2013), p.16-21
3. Jung-Hyuk Kim, Journal of nanoscience and nanotechnology, Vol.12 No.2, p.1284-1287
4. Shinich Honda, Thin Solid Films, Vol.281 No.3, p.206-208
5. Meng CHEN, Journal of Material Science and Technology, Vol.16 No.3, p.281-285