

비정질 IZO 박막의 전기적 특성에 미치는 극미량 Sn 첨가의 효과

Effects of micro Sn addition on amorphous sputtered IZO thin films

김도영^{a*}, 이현준^a, 송풍근^a^{a*}부산대학교 재료공학과(E-mail:abecedaire@pusan.ac.kr)

초 록 : 비정질 투명 전도성 산화물의 전기적 특성을 개선하기 위해 불순물 도입을 통한 연구가 많이 진행되고 있다. 하지만 50 nm의 박막 두께에서는 물론, 얇은 박막 두께에 맞춰 극미량의 Sn 첨가를 통한 4성분계 IZO에 대한 연구는 보고된 바 없다. 본 연구에서는 DC 마그네트론 스퍼터링 법을 이용하여 Sn을 미량 도핑 한 50 nm IZO 박막을 제조하였으며, 후열처리 전후의 전기적, 기계적, 광학적 특성을 비교 분석 하였다. Sn이 미량 도핑 되었을 때 전기적 특성이 개선되었고, 이러한 현상은 후열처리 온도에 따라 뚜렷하게 관찰되었다. 이것은 불순물 Sn이 전기적으로 활성화되었기 때문이라고 생각 된다.

1. 서론

투명 전도성 산화물 (TCO)는 대면적 평판 디스플레이, 플렉서블 디스플레이, 태양 전지 산업에서 투명 전극으로서 활발히 사용되고 있다. 현재 가장 널리 사용되고 있는 결정질 ITO (c-ITO)는 전기적 성질이 우수하지만 낮은 에칭 속도와 좋지 못한 표면 균일성, 낮은 기계적 특성과 같은 단점이 대두되고 있다. 그 대안으로, 비정질 ITO (a-ITO)에 대한 연구가 진행 되었으나 이 또한 상온 증착 시 오직 3 - 5 Pa과 같은 높은 가스 압력에서만 완벽한 비정질 박막을 형성한다는 문제가 있다. 반면, IZO 박막은 증착 조건인 작업 압력과 기판 온도가 300 °C에 가까운 넓은 영역에 걸쳐서 전체적인 비정질 구조를 형성하고 재현성도 좋다. 또한 좋은 패터닝 특성, 매끄러운 표면 조도와 낮은 내부 응력을 가진다. 따라서 본 연구에서는 IZO 박막에 대한 연구를 진행하였으며, c-ITO와 비교하였을 때 낮은 전기적 특성을 강화하기 위해서 불순물 Sn 도입을 고 안하였다. 그러나 Sn이 10 wt.% 이상 도핑된 IZO 막에서 온도 안정성, 표면 거칠기, 기계적 특성에서의 문제를 발견할 수 있었다. 이런 문제점을 개선하기 위하여 본 연구에서는 IZO에 Sn을 극미량으로 첨가하여 박막에 미치는 효과를 관찰하였 다.

2. 본론

DC 반응성 마그네트론 스퍼터링법으로 IZO (10 wt.% ZnO), Sn (800, 2000 ppm) 미량 도핑 된 IZO (10 wt.% ZnO) 세라믹 타겟을 사용하여 non-alkali glass (삼성코닝 E2000), PI (Neopulim-L3430) 기판 위에 상온 증착 하였다. DC power 110 W (2.41 W/cm³), 기판과 타겟 간의 거리는 50 mm, Working pressure는 고 순도 Ar을 이용하여 0.7 Pa로 고정하였다. 증착 속도는 평균 1.39 nm/s 이었으며, 모든 실험은 50 x 50 mm 기판 위에 두께 50 nm±2 박막을 증착하였다. 또한 이들 박막에 대해 170 °C, 220 °C의 온도에서 대기와 진공 중 열처리를 각각 시행하여 박막의 전기적 특성 및 광학적 특성을 비교하였으며 밴딩 테스트기를 통한 기계적 특성을 확인하였다. Sn이 도입됨에 따라 캐리어 밀도가 달라지고 이에 따라 비저항 값의 변화를 보였으며 이를 통해 Sn 도입이 캐리어 생성에 영향을 미쳤음을 알 수 있었다. RT에서 증착한 막의 경우, Sn이 800 ppm 도핑 된 박막의 상대적으로 가장 큰 캐리어 밀도와 함께 가장 낮은 비저항 값을 보였다. 대기 중 후열처리 박막에서는 후열처리 온도가 증가함에 따라 비저항이 증가하는 경향을 보였으나 Sn을 도핑한 박막의 비저항 증가폭이 상대적으로 적은 것을 볼 수 있었다. 또, 진공 중 후열처리에서 Sn이 2000 ppm 첨가된 박막의 비저항이 급격한 감소를 보이는 것을 고온인 220 °C에서 발견할 수 있었다.

3. 결론

미량의 Sn을 도입한 (0, 800, 2000 ppm) IZO 박막의 특성 변화를 관찰하였을 때, Sn을 800 ppm 첨가한 박막의 비저항이 상대적으로 낮은 것이 관찰 되었으며 진공 중 220 °C에서 후열처리 하였을 때 가장 낮은 비저항 값 (3.957x10⁻⁴ Ω · cm)을 보였다. 이는 비정질 구조의 박막이지만 부분적으로 결정화를 이루고 있는 미정질 영역에서의 Sn의 전기적 활성화에 의한 원 인과 Sn 첨가에 따른 화학양론적인 산소 공공 생성에 기인한 것으로 생각된다. 또 열처리에 의해 내부응력이 감소하는 경향 이 있었으며, Sn의 첨가량이 늘어나면서 내부응력이 증가하여 기계적 성질이 저하되는 경향을 볼 수 있었다.

참고문헌

1. E. Fortunato, D. Ginley, H. Hosono, and D. C. Paine, MRS Bulletin 32 (2007) 242
2. P. K. Song, Y. Shigesato, M. Kamei, I. Yasui, Jpn. J. Appl. Phys. 38 (1999) 2921
3. N. Ito, Y. Sato, P. K. Song, A. Kaijio, K. Inoue, Y. Shigesato, Thin Solid Films 518 (2010) 3081

4. D. J. Son, Y. D. Ko, D. G. Jung, J. H. Boo, S. H. Choa, Y. S. Kim, *Bull. Korean Chem. Soc.* 32 (2011) 847
5. D. Y. Lee, J. R. Lee, G. H. Lee, P. K. Song