

마그네트론 2원 동시 방전법을 이용하여 증착한 ISZO 및 IZO 박막의 특성에 관한 연구
 Characteristics of ISZO and IZO films deposited using magnetron co-sputtering system by two cathodes

이동엽^{1*}, 이정락¹, 이진환², 송풍근¹

(1) 부산대학교, 재료공학과
 (2) 한국기계연구원, 표면기술 연구 센터

초 록 : In-Sn-Zn-O (ISZO)박막과 In-Zn-Sn-O (IZO)박막은 상온에서 2개의 캐소드 (DC, RF)를 이용하여 마그네트론 2원 동시 방전법에 의해 pol eth lene terephthalate (PET)기판 위에 실온에서 증착되었다. ISZO 박막의 경우, Zn함량이 증가함에 따라 비저항은 증가하였지만, Zn원자의 도입에 의해 표면 조도는 개선되었다. 반면, IZO 박막의 경우, 최저 비저항 ($3.17 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$)은 SnO₂ 타겟의 RF power 40W에서 얻어졌지만, Sn원자의 도입에 의해 표면 조도는 거칠어졌다. XRD 측정 결과 모든 박막은 비정질 구조로 사료되고, 가시광선 영역에서 80% 이상의 높은 투과율을 보였다.

1. 서 론

축퇴 반도체로써 넓은 band gap을 가지는 transparent conducting oxide (TCO)는 평판 디스플레이, 플렉서블 디스플레이, 그리고 태양전지 등의 광전자 소자에서 투명전극으로서 널리 사용되어 왔다.[1] 최근 광전자 소자의 주된 흐름은 고 품질의 대면적과 휴대성을 요구한다. 일반적으로 TCO 박막의 전기적, 광학적, 구조적 성질과 표면의 균일성이 디스플레이 응용에 있어 밀접한 관련이 있다는 것은 잘 알려져 있다.[2] 특 , 플렉서블 디스플레이 응용을 위해 TCO 박막은 저온에서 폴리머 기판위에 증착되어야 하고 높은 표면 균일성이 요구된다. TCO중에서 Indium-Tin Oxide (ITO)는 가시광선 영역에서 높은 투과율과 높은 전기적 특성을 가지므로 가장 많이 사용되고 있다. 하지만 폴리머 기판 위에 증착된 다결정 구조의 ITO 박막은 높은 압축 응력 때문에 crack이 발생하기 쉽고 낮은 식각특성을 가진다.[3, 4] 반면, Indium-Zinc Oxide (IZO)박막은 넓은 범위의 증착 조건에서 전체적으로 비정질 구조를 나타내기 때문에 표면 균일성이 좋으며 높은 식각특성을 가진다. 하지만, IZO 타겟의 제조 공정의 난이성과 높은 가격이 단점으로 지적되고 있다.[5] 이와 같은 문제들을 극복하기 위하여 최근에 새로운 투명전극 산화물에 대한 연구가 활발 진행되고 있다.

따라서, 본 연구는 본 연구실의 선행 연구인 ITO와 IZO 박막보다 우수한 특성을 가지는 TCO박막을 제작하기 위하여 ZnO를 도핑한 ITO (ISZO)박막과 SnO₂을 도핑한 IZO (IZO)박막을 연구하였다.[6] ISZO 및 IZO 박막은 상온에서 마그네트론 2원 동시 방전법으로 pol eth lene terephthalate (PET)기판 위에 증착되었고 이들 막의 전기적, 구조적, 광학적 특성과 표면 형상을 연구하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

150~160nm 두께의 ISZO 및 IZO 박막은 고밀도 세라믹 타겟을 사용하여 마그네트론 2원 동시 방전법으로 상온에서 PET (125 μm)기판 위에 증착 하였다. ISZO 박막의 증착시, ITO (90wt% In₂O₃ : 10wt% SnO₂)타겟과 ZnO 타겟은 In-Sn-O source와 Zn source로서 각각 사용되었다. ISZO 박막의 조성은 ITO 타겟에 DC power가 인가되는 동안 ZnO 타겟에 공급되는 RF power의 크기에 의해 결정되었다. 또

한, IZO 박막의 증착시, IZO (90wt% In₂O₃ : 10wt% ZnO) 타겟과 SnO₂ 타겟은 In-Zn-O source와 Sn source로서 각각 사용되었다. IZO 박막의 조성은 IZO 타겟에 DC power가 인가되는 동안 SnO₂ 타겟에 공급되는 RF power의 제어에 의해 결정하였다. 본 연구실의 선행 연구를 통해서, DC power와 챔버내 압력은 70W와 0.5Pa로 각각 유지되었다.[6] 높은 재현성을 위해, 모든 타겟은 증착 전에 5분 동안 pre-sputtering을 수행 하여 타겟 표면의 불순물을 제거하였다. 박막의 두께와 증착 속도는 surface profiler에 의해 결정되었다. 또한, 박막의 전기적, 구조적, 광학적 성질과 표면 조도는 Hall effect measurements, X-ra diffraction (XRD), UV-Visible spectrophotometer, 그리고 atomic force microscope (AFM)을 각각 이용하여 평가하였다.

2.2 결과 및 고찰

그림 1.은 DC 및 RF 동시방전을 이용하여 증착한 ISZO 및 IZO 박막에 있어서 ZnO 타겟과 SnO₂ 타겟의 RF power 증가에 따른 ISZO 및 IZO 박막의 (a) 비저항, (b) 캐리어 밀도, (c) 홀 이동도를 나타내었다.

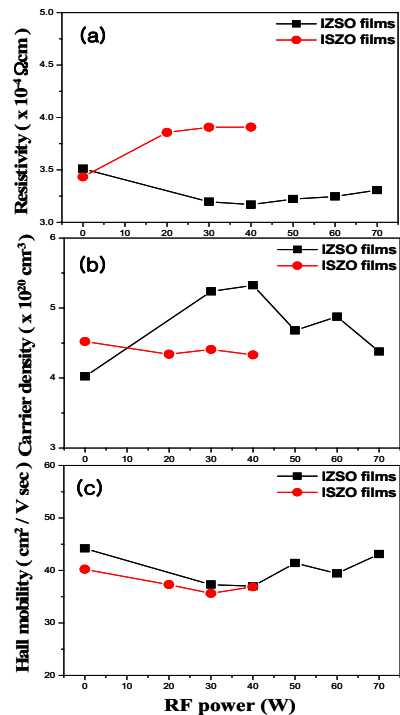


그림 1. ZnO 와 SnO₂ 타겟의 RF power에 따른 ISZO 박막과 IZO 박막의 (a) 비저항, (b) 캐리어 밀도, (c) 홀 이동도.
 ISZO 박막의 경우, Zn함량이 증가함에 따라 비저항은 증가

하는 경향을 보였다. 이 결과는 캐리어 밀도와 홀 이동도의 감소에 기인하는 중성 불순물 산란에 의해 설명될 수 있다. 따라서 ITO 타겟의 경우, 도펀터인 Zn는 전기적으로 활성화 되지 않아 캐리어 생성에는 기여하지 않는 것으로 나타났다. IZSO 박막의 경우, SnO₂ 타겟의 RF power가 증가 할수록 비저항은 감소하는 경향을 보였으며, RF power 40W에서 IZSO 박막의 최저 비저항 ($3.17 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$)을 얻었다. Sn함량의 증가에 따른 비저항의 감소는 캐리어 밀도의 증가에 기인한 것으로 생각된다. 반면, SnO₂ 타겟의 RF power 40W 이상에서 IZSO 박막의 비저항은 증가하는 경향을 보였다.

그림 2는 ZnO 타겟과 SnO₂ 타겟의 RF power에 따른 (a) ISZO 와 (b) IZSO 박막의 XRD 패턴을 나타내었다.

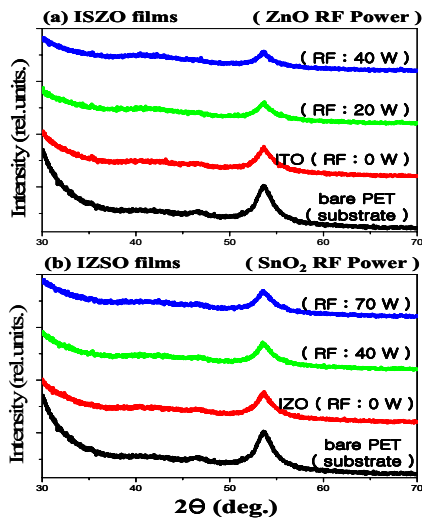


그림 2. ZnO 와 SnO₂ 타겟의 RF power에 따른 (a) ISZO 박막과 (b) IZSO 박막의 XRD 패턴.

모든 박막의 XRD peak는 bare 기판의 결과로부터 PET 기판 위에 hard 코팅된 물질의 peak로 사료된다. 따라서 상온에서 PET 기판 위에 증착된 모든 박막은 halo 패턴을 나타내므로 비정질 구조로 사료된다.

그림 3은 (a) ITO 박막, (b) ISZO 박막, (c) IZO 박막, 그리고 (d) IZSO 박막의 표면조도를 AFM 사진을 통해 비교한 결과이다.

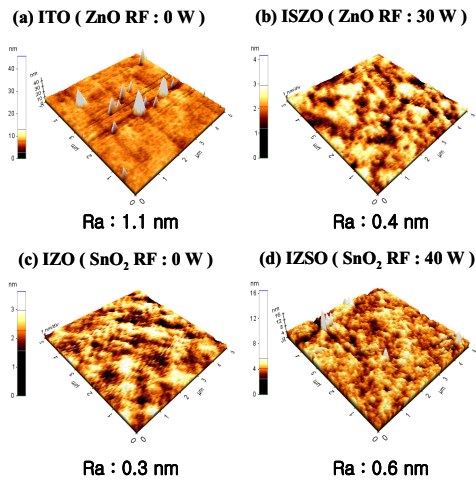


그림 3. (a) ITO 박막, (b) ISZO 박막, (c) IZO 박막, 그리고 (d) IZSO 박막의 AFM 사진.

ISZO 박막은 ZnO 타겟의 RF power 30W에서, IZSO 박막

은 SnO₂ 타겟의 RF power 40W에서 증착되었다. 각 박막의 표면조도는 R_a (average roughness)를 통해 평가하였다. ITO 박막과 ISZO 박막의 R_a는 각각 1.1nm와 0.4nm로서 ISZO 박막의 표면조도는 ITO 박막보다 훨씬 우수한 것으로 나타났다.[3] 반면 IZO 박막과 IZSO 박막의 R_a는 각각 0.3 nm와 0.6nm로서 IZSO 박막의 표면조도는 IZO 박막보다 거칠었다.

ISZO 박막 및 IZSO 박막의 가시광 투과율은 80%이상으로 높은 투과도를 나타내었으며, 막들 간의 투과도의 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다.

3. 결 론

2개의 케소드(DC, RF)를 이용하여 마그네트론 2원 동시 방전법으로 PET기판 위에 ISZO 박막과 IZSO 박막을 성공적으로 증착할 수 있었다.

ISZO 박막의 경우, Zn함량이 증가함에 따라 비저항은 증가하였지만, Zn원자의 도입에 의해 표면 조도는 개선되었다. 이 결과는 Zn원자가 ITO에 도입될 때 캐리어 생성에는 기여하지 않지만 스퍼터 원자들의 표면의 확산에 기여하는 것으로 생각되어진다. 반면, IZSO 박막의 경우, 최저 비저항 ($3.17 \times 10^{-4} \Omega\text{cm}$)은 SnO₂ 타겟의 RF power 40W에서 얻어졌지만, Sn원자의 도입에 의해 표면 조도는 거칠어졌다. 이 결과로부터 Sn원자가 IZO에 도입될 때 캐리어 생성에는 기여하지만 표면 조도 개선에는 기여하지 못했다.

감 사 의 글

본 연구는 과학기술부/한국과학재단 국가핵심연구센터사업 (R15-2006-022-01001-0)과 한국기계연구원 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] D. H. Kim, M. R. Park and G. H. Lee, "Preparation of high quality ITO films on a plastic substrate using RF magnetron sputtering", Surf. Coat. Tech, Vol. 201, P. 927, 2006.
- [2] H. M. Kim, S. K. Jung, J. S. Ahn, Y. J. Kang and K. C. Je, "Electrical and optical properties of In₂O₃-ZnO films deposited on polyethylene Terephthalate substrates by radio frequency magnetron sputtering", Jpn. J. Appl. Phys, Vol 42, P. 223, 2003.
- [3] J. R. Lee, D. G. Kim, G. H. Lee, Y. H. Park and P. K. Song, "Characteristic of IZSO films deposited by co-sputtering system", Advanced Ceramic Processing International, Vol. 3, P. 47, 2006.
- [4] T. Sasabayashi, N. Ito, E. Nishimura, M. Kon, P. K. Song, K. Utsumi, A. Kaijo and Y. Shigesato, "Comparative study on structure and internal stress in tin-doped indium oxide and indium-zinc oxide films deposited by r.f. magnetron sputtering", Thin Solid Films, Vol. 445, P. 219, 2003.
- [5] D. S. Liu, C. H. Lin, B. W. Huang and C. C. Wu, "Electrical, optical and material properties of ZnO-doped Indium-Tin Oxide films prepared using radio frequency magnetron cosputtering system at room temperature", Jpn. J. Appl. Phys, Vol. 45, P. 3526, 2006.
- [6] J. R. Lee, D. Y. Lee, D. G. Kim, G. H. Lee, Y. S. Kim and P. K. Song, "The characteristic of ITO films deposited on PET substrate under various deposition conditions", Submitted to "TOEO-5 proceedings", 2007.