

TiO₂가 도핑된 ZnO박막의 전기적 광학적 특성

서성보, 윤형오, 지승훈, 김미선, 배강, 김화민*
 대구가톨릭대학교 전자디스플레이 공학과

Abstract : 본 연구에서는 고주파 마그네트론 스퍼터링방법을 사용하여 ITO박막을 대체할 수 있는 새로운 TCO박막으로서 TiO₂가 도핑된 ZnO(TZO) 박막을 성장하였다. 이때, TiO₂의 도핑량을 1wt.%에서 5wt.%까지 변화를 주었으며 제작된 TZO 박막에 대해서 전기적 특성과 광학적 특성들의 조성비와 박막두께의 함수로서 조사하였다. 그 결과, TiO₂가 2wt.% 도핑된 박막에서 가장 낮은 $1 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 의 비저항이 얻어졌으며, TiO₂의 도핑량이 증가함에 따라 비저항은 점점 증가하는 것으로 나타났다. 이와같은 비저항의 변화는 TiO₂도핑량이 다른 TZO박막의 홀이동도(Hall mobility)에 비례하며, 이동도는 결국 TZO박막을 형성하고 있는 결정립의 크기에 의존하는 것이 X선 회절 패턴으로부터 확인 되었다. XRD 패턴에서 ZnO(002)방향의 결정성이 가장 큰 것으로 나타났으며, 도핑량이 증가할수록 (002)피크의 크기가 점점 감소하는 것을 볼 수 있다. 이는 결정성의 크기가 2wt.%일 때 가장 크며 도핑량이 증가할수록 결정성의 크기가 감소하는 것으로 나타났다. 결정립의 크기변화는 TZO박막의 전기적 이동도에 영향을 주는 것으로 나타난다. 즉, 2wt.%일 때 이동도가 가장 크며 도핑량이 증가할수록, 이동도가 감소하였으며 이결과는 TZO박막의 Hall effect 측정 으로부터 확인된다. 따라서, TiO₂도핑량에 따른 TZO 박막의 비저항을 도핑량이 2wt.%일 때 가장 낮으며 이는 TZO 박막의 결정성이 가장 우수하였으며 그결과 이동도가 증가했기 때문인 것으로 확인 되었다.

Key Words : TCO, RF Magnetron Sputtering, ZnO, TiO₂

1. 서 론

디스플레이 산업이 발달함에 따라 투명전도성 산화물(TCO : Transparent Conductive Oxide)은 LCD,OLED,PDP 같은 평면표시소자 및 광전소자, 가스센서등 다양한 분야에 사용되어지고 있다. 현재 투명전극으로 가장 많이 사용되어지고 있는 ITO(Indium Tin Oxide)는 낮은 비저항과 높은 광투과율을 가지고 있지만, 인듐의 높은가격과 독성, 열화로인한 광학적특성은 문제점으로 대두되고 있다. 이를 해결하기위해 최근 가격이 저렴하고 전기적으로 안정적인 ZnO산화물 박막의 연구가 활발히 이루어지고 있다. ZnO는 시간의 경과에 따라 금속환원 반응을 일으키고 높은 비저항을 가지므로 비저항을 낮추기 위해 도핑을 이용해 비저항을 낮추어야 한다.[1,2,3,4].

본 연구에서는 RF Magnetron Sputtering 방법을 이용해 ZnO에 TiO₂를 1~5wt.%도핑한 TZO박막을 제작하였으며, 전기적 광학적 특성을 분석하여 ITO의 대체 가능성을 확인하였다.

2. 실험

실험은 표1 과 같이 진행하였다. 2인치 타겟을 사용하여 TiO₂의 도핑량을 1~5wt.%로 혼합하여 TZO박막의 최적 도핑량을 알아보기위해 RF Power을 80W로 고정하였으며 두

께를 1000Å ~ 5000Å 까지 변화를 주었다. TZO 박막의 전기적 특성을 알아보기위해 4point-probe 와 Hall effect를 사용하여 면저항, 비저항 및 이동도와 캐리어 밀도를 측정하고, UV-vis를 통해 광투과율과 광학적 에너지 밴드갭을 측정하였다.

표1. TZO박막의 실험조건

Deposition parameter	Conditions
Target	TZO (TiO ₂ :1~5wt.%)
Substrate	slide glass
Substrate temperature	RT
RF power	80W
Target to Substrate	60mm
Ar gas	25(sccm)
Base pressure	3.0×10^{-5} Torr
Thickness	1000~5000Å

3. 결과 및 고찰

그림1.은 TiO₂의 도핑량에 따른 면저항의 변화이다. TiO₂ 도핑량이 2wt.%일때 $1.0 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 로 가장 낮은 비저항을 가지고 도핑량이 증가할수록 비저항이 증가하는 것을 알 수 있다. 한편, 그림 2는 TiO₂ 도핑량에 따른 TZO박막에

대한 XRD 패턴을 나타낸 것이다. ZnO(002) 방향의 Intensity가 2wt%일 때 가장 높은 peak치를 가지며 5wt%로 갈수록 Intensity가 낮아진다.

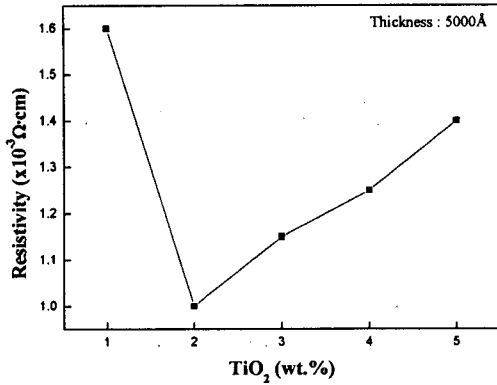


그림 1. TiO₂의 도핑량에 따른 비저항

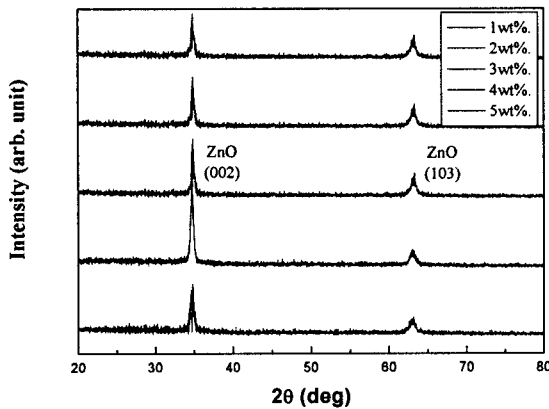


그림 2. TiO₂의 도핑량에 따른 X 선 회절 패턴.

결정립의 크기가 커지면서 이동도는 증가하게 되고 비저항은 낮아지는 것으로 보인다. [5]

TiO₂의 도핑량에 따른 광학적 특성은 가시광영역 400nm ~ 700nm 평균 투과율은 80% 이상으로 높은 광투과율을 보여준다.

4. 결론

본연구에서는 RF magnetron sputtering 방법을 이용하여 TZO박막의 도핑량에 따른 전기적 광학적 특성실험을 하였다. TiO₂의 도핑량을 1~5wt%로 변화를 주었을 때 2wt%일 때 $1.0 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 가장 낮은 전기적 특성을 나타내었다. 광학적 특성은 가시광영역에서 평균투과율 80%이상 을 나타내었다. 이 결과들은 TZO박막이 새로운 TCO대체 물질로서 가능성을 제시할수 있다고 생각한다.

감사의 글

본 연구는 2단계 BK21 사업과 나노인력양성사업의 연구비 지원에 의해 수행 된 것임.

참고 문헌

- [1] 김규형, 박승환, 김종재, 김화민, 새물리, Vol. 46, No. 4, p.213, 2003.
- [2] 채홍철, 홍주화, Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers, Vol. 20, No, 4 p. 367, 2007.
- [3] J-L Chung, J-C Chen, C-J Tseng, Journal of Physics and Chemistry of Solids, Vol. 69, p. 535, 2008.
- [4] 김봉석, 김응권, 강현일, 이규일, 이태용, 송준태, Journal of the Korean Vacuum Society, Vol. 16, No. 2. p. 105, 2007.
- [5] 최시영, 마대영, 박옥동, 최규만, 김기와, 박막 공학의 기초 Chap. 6. p.208, 2001.