

증착 온도 변화에 따라 성장시킨 Ga-doped ZnO 박막의 특성평가

이민정^a, 김성연^a, 임진형^b, 방정식^b, 명재민^{a*}

^{a*}연세대학교 신소재공학과(E-mail:jimmyoung@yonsei.ac.kr, ^bLG화학 기술연구소

초 록: 증착 온도를 변화시켜 성장시킨 Ga-doped ZnO 박막을 수소 열처리를 통해 구조적 전기적 광학적 성질을 기존의 투명 전극으로 사용되는 ITO (indium tin oxide) 물질을 대체할 수 있는 가능성을 확인하였다. 열처리 전 Ga-doped ZnO 박막의 증착온도가 증가함에 따라 전기적 성질이 향상되었지만 423 K 이상의 온도에서는 과잉 dopant인 Ga 으로 인한 기여도가 커져 ZnGa₂O₄ 와 Ga₂O₃ 상으로 인해 박막의 질이 저하되는 것을 확인할 수 있었다. 수소 열처리 후 과잉 dopant Ga 으로 인하여 상온에서 올린 박막만 전기적 성질이 향상되었지만 나머지 증착 온도 변화를 둔 박막에서는 큰 변화가 없었다.

1. 서론

투명전극(transparent conductive oxide; TCO)은 평판 디스플레이 (flat panel displays), 광학소자 (optoelectronic devices) 와 같은 분야에서 널리 사용 되고 있다. 투명전극은 낮은 비저항, 높은 광투과율, 기판과의 접착력이 우수한 ITO(indium tin oxide) 물질을 사용하고 있으나 최근 인듐의 가격이 급격히 상승하고 유해함 등이 문제점으로 거론됨에 따라 ITO 를 대체할 물질에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 대체할 만한 물질 중 n-type 반도체인 ZnO 은 비저항이 높아 3족 원소인 Al을 도핑하여 비저항을 낮출 수 있으며 광학적 특성 또한 향상시킬 수 있기 때문에 ITO 대체 물질로 연구가 진행되고 있으나 열적안정성이 적고 반응성이 커서 대기 중에 노출되었을 때 ZnO 박막내 Al 산화물을 생성하여 defect 을 생성시켜 전하가 trap되는 문제점이 있다. 반면, 같은 3족 원소인 Ga의 경우 전기적·광학적 특성이 우수하고 Al 에 비해 안정적인 장점이 있다. 그리하여 본 연구에서는 Ga-doped ZnO 단일 타겟을 이용하여 RF magnetron sputtering 방법으로 기판의 온도를 변화시켜 Ga-doped ZnO 박막을 성장시켜 고품질의 박막을 성장시켜 수소 열처리를 통해 그 특성을 개선하고자 하였다.

2. 본론

2.1 실험방법

본 연구에서는 Ga₂O₃ 이 5 wt% 포함된 ZnO 단일 타겟을 사용하여 RF magnetron sputtering 장비를 이용하여 Ga-doped ZnO 박막을 증착시켰다. 유리 기판 세척은 TCE-아세톤-메탄올 각각 10분 씩 초음파세척하고 증류수로 세척하였다. 박막 증착은 초기압력은 1.3×10⁻⁴ Pa에서 Ar 가스를 50 sccm 으로 하여 4×10⁻³ Pa 으로 유지하며 타겟의 power는 100 W 로 고정시켜 증착 온도를 상온에서 573K로 변화시켜가며 Ga-doped ZnO 박막을 증착하였다. 증착 후 horizontal tube furnace에서 수소를 흘려주며 523K에서 30분 열처리를 하였다. Ga-doped ZnO 의 미세구조 및 결정학적 특성을 알아보기 위하여 AFM (atomic force microscopy) 와 XRD (X-ray diffraction) 를 측정하였으며 전기적·광학적 성질은 van der pauw 방법과 UV-VIS spectrophotometer 를 사용하여 측정하였다.

2.2 실험결과

본 연구에서는 기판의 증착 온도를 증가시킨 후 박막을 수소 열처리 하였다. Ga-doped ZnO 박막의 대부분 peak이 2θ=34.3°에서 우세함을 확인할 수 있고, ZnGa₂O₄ 와 Ga₂O₃ 상을 관찰 할 수 있었다. XRD pattern 을 통하여 Sherrer formula

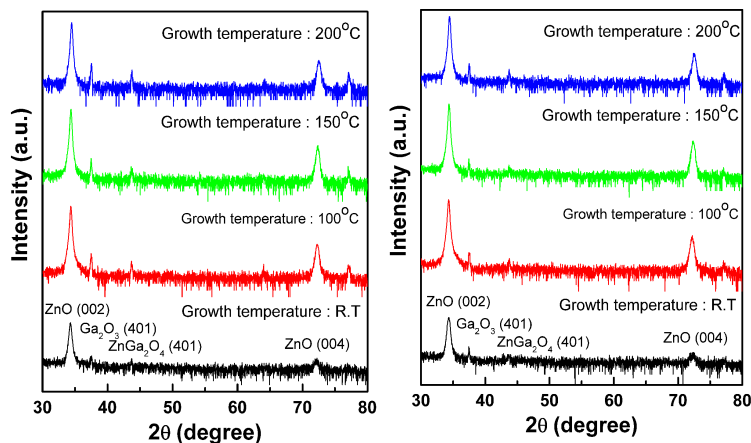


Fig. 1. 증착 온도 변화에 따른 Ga-doped ZnO 박막의 결정학적 변화 (좌) 열처리 전 우) 열처리 후

equation 으로 계산해 본 결과 423 K 이하에서는 기판의 성장온도가 증가 할수록 grain size 가 커지나 그 이상의 온도에서는 약간 감소하며 열처리 후에도 비슷한 경향을 나타내며 전과 비슷한 경향을 보였다. 그림 2 에서는 증착 온도의 증가에 따라 비저항이 감소하고, carrier 농도와 mobility 가 증가함을 알 수 있었고, 열처리 후는 열처리 전과 비교하여 carrier 농도가 급격히 증가함에 따라 mobility가 감소함을 확인할 수 있었으나 resistivity는 비슷한 값을 나타낸다.

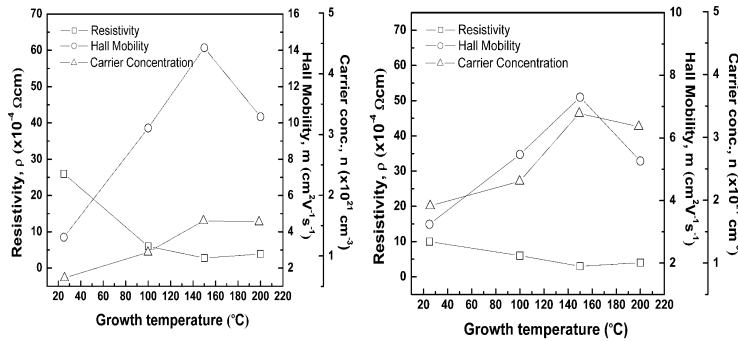


Fig. 2. 증착 온도 변화에 따른 Ga-doped ZnO 박막의 전기적 변화 좌) 열처리 전 우) 열처리 후

3. 결론

기판의 온도변화를 두어 Ga-doped ZnO 박막을 증착하였으며, 성장온도가 증가함에 따라 결정이 성장하여 박막의 질이 향상되는것을 확인할 수 있었지만 ZnO 박막내의 Ga 의 고용도가 2.32 wt%임을 고려하여 볼 때 Dopant 인 Ga이 ZnO 격자 내에 모두 고용되지 못하고 ZnGa₂O₄ 와 Ga₂O₃ 상을 생성하기 때문에 carrier인 전자가 trap 되어 수소 열처리를 한 후에도 Carrier는 급격하게 증가하지만 resistivity는 거의 변화가 없다. 그러므로 향후 Ga doped ZnO 박막이 ITO 를 대체할 물질로 고려되기 위해서는 target 내의 Ga의 양을 조절하는 것이 필수적으로 고려되어야 한다.

참고문헌

1. K.L. Chopra, S. Major, and D.K. Pandya, Thin Solid Films 102, 1 (1983).
2. I. Hamburg, and C.G. Granquist, J.Appl.Phys. 60, R123 (1986)
3. G.B. Palmer, and K.R. Poeppelmeier, SolidStateSci. 4, 317 (2002).
4. J. O'Dowd, Sol.EnergyMater. 16, 383 (1987).
5. H. Shade, and Z. Smith, Appl.Opt. 24, 3221 (1985).
6. G.E.Gardam,J.Electrodeposition Tech. Soc., 22, 155 (1967).