

대향타겟식 스퍼터를 이용한 AZO 박막의 플라즈마 변수와 수소 가스 유량에 따른 효과

The Effects of Al-doped ZnO Thin Films Deposited as a function of the Plasma Process Parameters with Hydrogen Gas by Facing Target Sputtering System

심병철*, 김성일, 최윤석, 최인식, 한진건

*성균관대학교, 신소재공학부, 플라즈마 나노 신소재 연구소 (E-mail : cheol0626@skku.edu),

초 록

Al이 2wt% 첨가된 AZO(Al-doped ZnO) 타겟을 기판을 가열한 대향 타겟 마그네트론 스퍼터링법을 이용하여 수소 유량에 따라 유리기판 위에 AZO 박막을 증착하였다. 수소 유량에 따른 AZO 박막내의 carrier concentration와 mobility의 변화를 확인하였으며 박막내 crystallinity와 grain size의 변화를 확인하였다. 증착된 AZO 박막 특성의 구조적, 전기적, 광학적 변화조사하고 비저항 및 광투과도 등을 분석하여 투명전극용으로 적합한지 연구하였다.

1. 서론

투명전극으로 사용 되는 Indium Tin Oxide(ITO)는 우수한 전기적, 광학적 특성으로 인해 LCD, OLED, 태양전지 등에 널리 사용되고 있다. 하지만 ITO는 저온 공정의 어려움과 원료 물질인 In은 수급이 불안정하여 원자재의 가격이 높고, 수소 플라즈마 노출 시 열화로 인한 광학적 특성의 변화가 문제점으로 지적되고 있다. 이에 대체물질로 ZnO가 연구 되고 있는데 이는 낮은 원자재비용, In과 달리 유독성 물질이 아니며, 쉽게 구할 수 있는 물질이기 때문이다. ZnO의 경우 wurtzite의 결정구조를 지닌 금속 산화물로 비저항이 결정성장 조건에 따라 폭넓게 변화하는 전형적인 n-형 산화물 반도체의 특성을 갖고 있어 전기적, 광학적 특성을 동시에 향상시키기 위해서는 박막내 전자의 농도를 degenerate 상태에서 증가시키고 자유전자를 scattering 하는 sites 로 작용하는 grain boundary density를 감소시켜 주는 것이 필요하다. 이를 위하여 공정변수를 조절해서 박막 내에서 donor 로 작용할 수 있는 산소 공공의 농도를 증가시키거나 외부에서 III-B족 원소 (B, Al, Ga, In 등) 를 doping 하여 II-B 족인 Zn 를 치환하는 방법, 또는 Li, Ni 등의 원소를 침입형으로 doping 하여 전자의 농도를 증가시키는 방법이 활발히 연구되고 있다.

본 연구에서는 Al이 2wt% 첨가된 AZO 타겟을 기판을 가열한 대향 타겟 마그네트론 스퍼터링법으로 수소 유량에 따라 유리기판 위에 박막을 증착시켰다. 인가된 전력, 수소 유량, 기판 온도 등의 공정변수에 의한 플라즈마 특성 변화에 따른 ZnO 박막 특성과의 상관관계를 규명하고자 한다. 대향 타겟 마그네트론의 자장에 의해 구속되는 플라즈마 내의 이온 종들과 이온과 중성자의 비율 관계를 optical emission spectroscopy(OES)로 확인 하였고, 기판 전류 및

기판 온도 측정, Langmuir probe를 통한 플라즈마 특성 분석을 통하여 플라즈마와 박막의 특성과 박막 성장과의 상관관계에 대하여 규명하였다. 증착된 AZO 박막의 특성을 평가하기 위하여 XRD(X-ray Diffraction), Hall effect measurement, UV-visible spectroscopy, SEM(Scanning Electron Microscope)을 이용하여 증착된 AZO 박막의 구조적 전기적 광학적 특성을 평가, 분석하였다.

2. 본론

2.1. 실험

본 연구에서는 2wt% Al이 도핑되어 있는 ZnO를 대향타겟 스퍼터링을 이용하여 AZO 박막을 증착하였다. 기판의 위치는 fig 1.에서 보는 바와 같이 양 타겟의 가운데 위치하며 타겟과 타겟 사이의 거리와 타겟과 기판과의 거리는 각각 100mm와 20mm이다. 표1과 같은 조건으로 박막을 증착하여 각각의 경우에 대한 전기적 특성을 조사하였다.

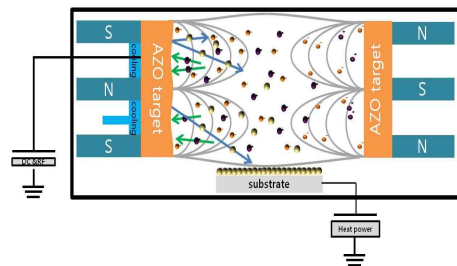


Fig. 1. 실험에 사용된 대향 타겟 스퍼터

Table 1. 공정변수와 실험 범위

공정변수	실험범위	단위
RF 전력	100~400	W
수소 유량	0~1	sccm
기판 온도	R.T	℃
압력	3	mTorr
Distance _{T-S}	20	mm
RF Frequency	13.56	MHz

2.2. 공정 변수에 따른 AZO 물성평가

2.2.1 전력 변화

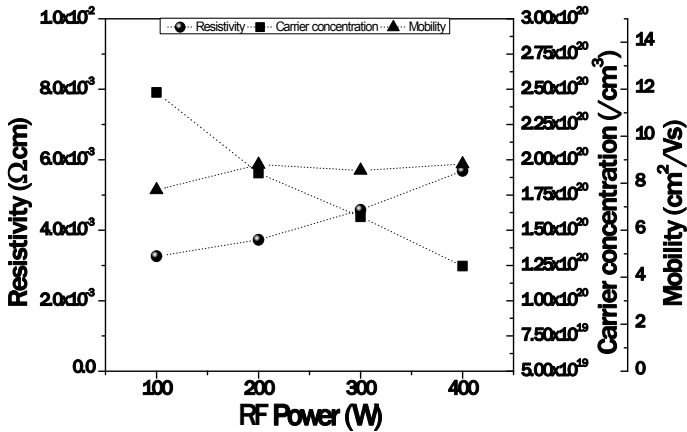


Fig 2. 전력 변화에 따른 전기적 특성 변화

전력 변화에 따른 전기적 특성은 fig. 2와 같다. 전력이 증가할수록 resistivity는 증가를 하며 carrier concentration은 감소를 하고 mobility는 큰 변화가 없었다. 이는 전력이 증가할수록 박막에 도달하는 이온의 밀도가 높아져 박막에 전달되는 energy가 증가, 그 결과 박막의 결정성이 증가를 하여 비화학양론적인 Zn_xO_{1-x} 화학 구조에서 산소 공공의 농도가 줄어들어 carrier concentration가 감소한 것을 의미한다.

2.2.2 수소유량 변화

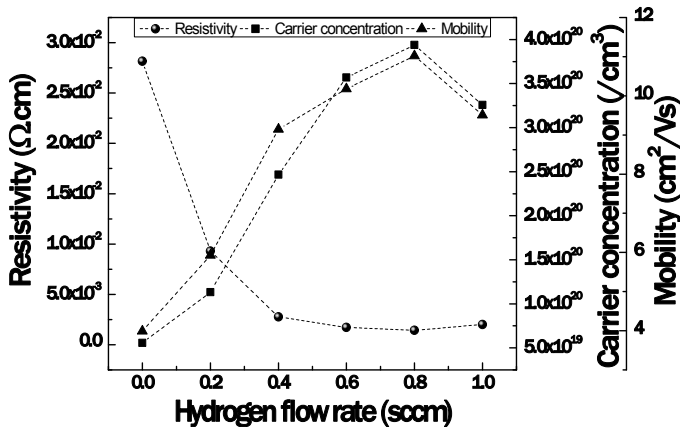


Fig. 3. 수소 유량의 변화에 따른 전기적 특성 변화

위의 fig.3은 수소 유량 변화에 따른 전기적 특성 결과이다. 수소의 유량이 증가할 수록 carrier concentration과 mobility가 증가를 하고 resistivity가 감소를 한다. 하지만 수소 유량이 0.8 sccm에서 변하여 carrier와 mobility는 감소하고 resistivity는 증가를 하게 된다. 이와 같은 경우에서 수소는 일반적으로 chamber내의 산소의 양을 줄이고 박막 내의 산소 공공을 증가 시키며 Zn에 침입하여 donor level을 높인다. 즉 carrier의 농도를 증가시키고 carrier의

증가로 tunneling 효과에 의해 mobility도 증가를 하게 된다. 그러나 수소의 유량이 더 증가를 하게 되면 박막 성장 특성이 변화하여 acceptor level의 밀도가 증가하여 carrier와 mobility를 감소시킨다.

3. 결론

AZO 박막은 플라즈마 변수인 전력과 수소 유량의 변화에 따라 박막의 특성이 변하였다. 전력의 증가가 오히려 박막의 특성에 악영향을 미친 반면, 수소의 증가는 박막의 특성을 향상시켰다. 하지만 수소의 양이 일정수준을 넘어 서면 오히려 수소가 defect가 되어 광학적으로는 영향을 거의 미치지 않으나 carrier나 mobility를 감소시키게 된다. 전력과 수소 유량의 제어를 통해 박막의 효과를 증대시키는 효과를 내었다.

4. 감사의 글

The authors are grateful for the financial support provided by the National Research Foundation of Korea (NRF) through the Institute for Plasma-Nano Materials at Sungkyunkwan University

참고문헌

1. W. Gopel, U. Lampe, Phys. Rev. B22 (1980) 6447-6462
2. J.B.Webb, D.F. Williams, M. Buchanan, Appl. Phys. Lett, 39 (1981), 640-642
3. 광동주, Journal of the Korea Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, 24(4), (2010), 66-72