

저온공정에서 플라즈마 변수에 의한 ZnO 박막의 결정성 연구

The crystallization characteristic of ZnO films deposition at low temperature by plasma parameters

Long Wen*, 이준석, 진수봉, 최윤석, 최인식, 한전건

성균관대학교 신소재공학부, 플라즈마 나노 신소재 연구소 (E-mail: moon223@skku.edu)

초 록: 대향 타겟 스퍼터링법 (Facing Targets Sputtering)을 이용하여 저온 공정에서 ZnO 박막을 증착하였다. 이 실험에서 두 개의 타겟의 거리를 70nm로 고정하고 박막의 증착두께를 150nm로 정하였다. 인가전압을 변수로 하였을 경우 ZnO 박막의 방향성과 결정성을 XRD로 측정하고 분석하였고 OES로 플라즈마 진단을 하였다. 그 결과 인가전압의 증가에 따라 결정성은 증가하였다.

1. 서론

ZnO는 hexagonal wurtzite 구조로 O이온은 hexagonal site에 위치하고 Zn 이온은 tetrahedral interstitial site 위치의 절반을 차지하며 Zn 층과 O층이 교대로 공유 결합과 이온 결합을 겸하여 구성되어 있다. ZnO는 박막 증착 시 산소 공공(oxygen vacancy)이 생기게 되는데 이와 같은 결정 결함은 Zn와 O의 원자 비율이 1:1로 결합된 화학 양론적 조성 (stoichiometry) 이 아니라 정량비에서 벗어난 비 화학 양론적 조성(non-stoichiometry)을 가진다. 그에 따라 산소 공공(oxygen vacancy)이나 친입형 Zn (Zn interstitial)이 발생하여 전자를 제공하게 되므로 전형적인 n형 반도체의 특성을 갖는다.

본 실험에서는 대향 타겟 스퍼터링법(Facing Target Sputtering)을 이용하여 RF 파워와 산소 유량의 제어에 따른 ZnO 박막의 결정화 정도를 연구하였다. 대향 타겟 스퍼터링 장치는 두 개의 타겟이 서로 마주보고 있으며, 기판이 플라즈마와 이격되어있는 형태를 취하고 있다. 타겟 뒷면에는 마그네트를 장착하여 두 타겟 사이에 구속자계를 형성한다. 플라즈마 형성시 플라즈마 내에 발생된 구속자계는 에너지를 가진 입자들을 플라즈마 내부에 구속하게 된다. 그러므로 대향 타겟 스퍼터링은 기판에 도달하는 높은 에너지를 가진 입자들의 충돌에 의한 기판 손상 및 하부층의 손상을 최대한 억제할 수 있어 고품질의 박막 제작이 가능하다. 또한 구속된 입자들에 의해 높은 플라즈마 밀도를 유지하여 낮

은 압력에서도 스퍼터링이 가능하며, 높은 증착율을 가질 수 있고 저온 증착에 있어 높은 품질의 박막을 제작할 수 있다.[1,2]

2. 본론

2.1 실험 조건

본 연구에서는 그림 1과 같은 구조의 FTS 장치를 사용하였다. FTS장치는 두 개의 타겟이 마주하고 있으며 각 타겟의 뒷면에는 서로 다른 극을 지닌 영구자석이 부착되어 있다. 기판은 플라즈마로부터 이격된 타겟 간 중간부위에 위치해 있다.

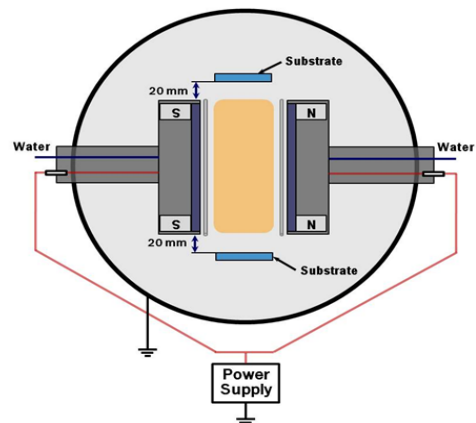


그림 1. FTS 장치 개략도

아르곤과 산소의 혼합가스 분위기에서 ZnO 박막을 제작하였다. 모든 샘플의 박막의 두께는 150nm, 타겟간 거리(D_{T-T})는 70nm, 타겟과 기판 거리(D_{T-S})는 20mm로 하였다. 자세한 실험 조건은 표1에서 나타내었다.

Parameters	Condition
gas	Ar
Base Pressure	Below 5X10 ⁻⁶ Torr
Deposition Pressure	5X10 ⁻³ Torr
Processing Temperature	Room Temperature
Ar	177 sccm
RF power	550 ~ 700 W

표 1. 실험 조건

X-ray diffraction (XRD)으로 박막의 방향성과 결정성을 분석하였고 optical emission spectroscopy (OES)로 플라즈마 진단을 하였다.

2.2 실험결과

그림 2는 인가전압과 주파수 변화공정에서 기판 온도를 나타낸 것이다. 그래프에서 본 결과 두 개 공정의 온도는 모두 90°C 보다 낮은 온도에서 공정이 진행되었다.

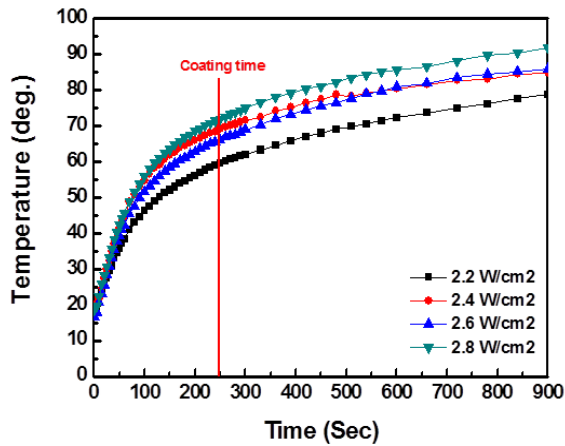


그림 2. 인가전력에 따른 기판온도의 변화

그림 3은 다양한 인가전력에 따라 결정성과 결정립을 나타낸 그래프이다. 그래프에서 보면 인가전력이 증가함에 따라 결정립은 증가한다. OES 그래프를 보면 인가전압이 증가하면서 생성되는 Zn, Ar과 O이온들이 증가하는 것을 관측할수 있는데 이는 인가 전력이 증가하면 플라즈마 밀도가 증가하며, 그로인하여 이온이 많이 생성되어 ZnO 박막 합성시 결정성에 영향을 미친다.

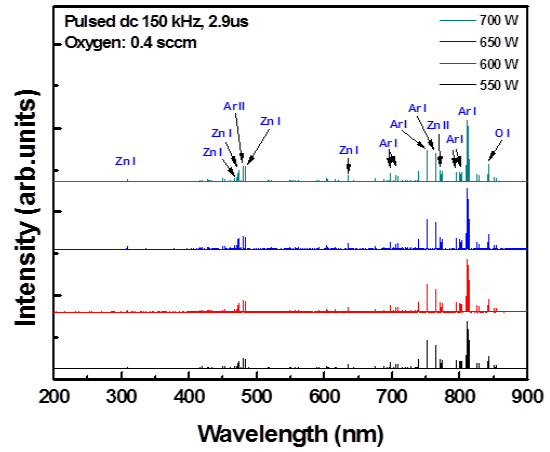
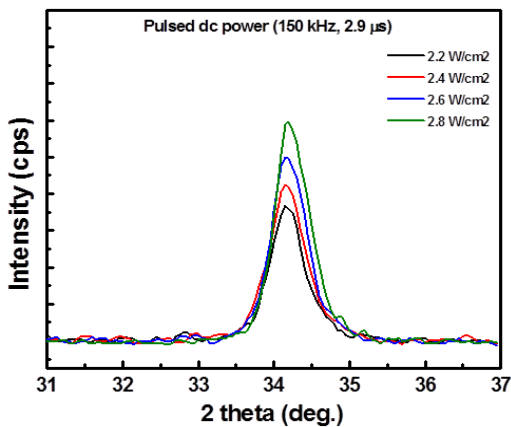


그림 3. 인가전압에 따른 결정의 변화와 OES 그래프

3. 결론

FTS 시스템을 이용한 인가 전력과 주파수 변화에 따른 ZnO 박막의 결정성 상관관계를 연구하였다. 우선, FTS 시스템을 이용하여 저온공정에서 ZnO박막을 합성하였다. 공정온도는 80도 미만에서 이루어지는 것을 확인하였다. 더하여, 적절한 플라즈마 밀도 제어를 통하여 ZnO 박막의 결정성을 향상 시켰다. 플라즈마 밀도의 증가에 따라 이온들이 증가하여 ZnO박막의 결정성이 증가하는 경향을 알 수 있다.

4. 사사

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] S. H Kong and K. H. Kim, J. Korean. Vac. Soc. 16, 343-347 (2007).
- [2] S. H Kim, K. H. Kim and M. J. Keum, J. Korean Phys. Soc. 51, 1023 (2007).