

저온공정에서 RF 파워와 산소유량에 의한 ZnO 박막의 결정성 연구

The crystallization characteristic of ZnO films deposition at low temperature by oxygen flow rate and RF power

Long Wen*, 김혜란, 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 110nm로 고정하고 박막의 증착두께를 150nm로 정하였다. 산소 가스의 유량, 인가전력을 변수로 하였을 경우 ZnO 박막의 방향성과 결정성을 XRD로 측정하고 분석하였다. 그 결과 인가전압과 산소 유량의 증가에 따라 결정성은 좋아진다.

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 증착시 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 비화학 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 구속장계를 형성한다. 플라즈마 형성시 플라즈마 내에 발생된 구속장계는 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 낮은 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.

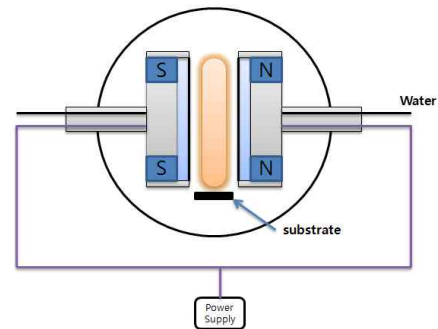


그림 1. FTS 장치 개략도

아르곤과 산소의 혼합가스 분위기에서 ZnO 박막을 제작하였다. 모든 샘플의 박막의 두께는 150nm, 타겟간 거리(D_{T-T})는 110mm, 타겟과 기판 거리(D_{T-S})는 30mm로 하였다. 자세한 실험 조건은 표1에서 나타내었다.

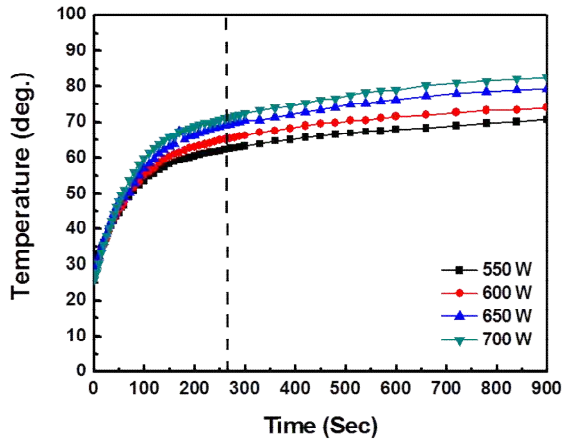
Parameters	Condition
gas	Ar, O ₂
Base Pressure	Below 5X10 ⁻⁶ Torr
Deposition Pressure	5X10 ⁻³ Torr
Processing Temperature	Room Temperature
Ar	177 sccm
O ₂	0.2~1 sccm
RF power	550 W~700 W

표 1. 실험 조건

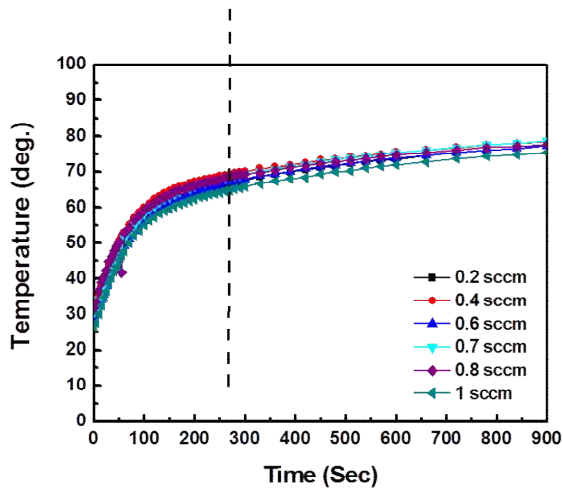
X-ray diffraction(XRD)으로 박막의 방향성과 결정성을 분석하였다.

2.2 실험결과

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



(a)



(b)

그림 2. (a) 인가전력에 따른 기판온도의 변화. (b) 산소 유량에 따른 기판온도의 변화

그림 3은 다양한 인가전력에 따라 결정성과 결정립을 나타낸 그래프이다. 인가전력이 증가함에 따라 결정립은 증가하지만 600W이상에서는 오히려 결정립이 감소한다. 높은 인가전력보다는 적당한 파워에서 높은 결정성에 좋은 영향을 미친다. 인가 전력이 증가하면 플라즈마 밀도가 증가하며, 그로인하여 산소이온이 많이 생성되어 ZnO 박막 합성시 결정성에 영향을 미친다. 하지만, 오히려 너무 많은 산소이온들이 Zn에 합성시 결정성을 떨어뜨리는 경향을 나타낸다

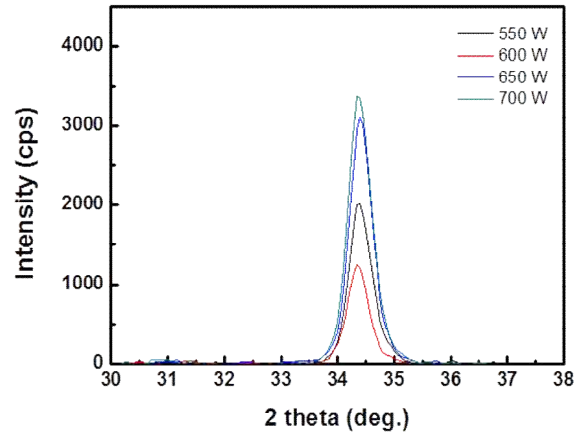
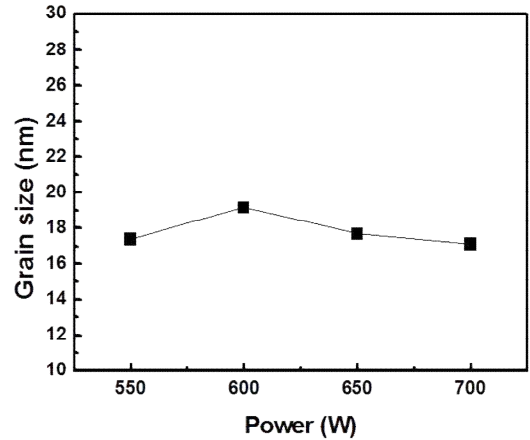


그림 3. 인가 전력이 변수일 때 결정화 정도와 결정립의 변화

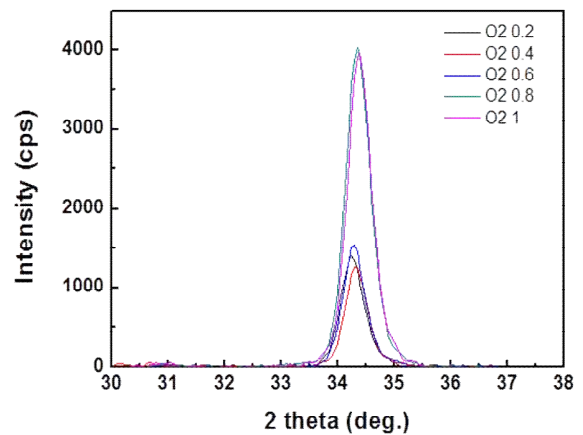


그림 4. 산소유량에 따른 결정의 변화

그림4는 산소유량에 따른 ZnO의 박막에 대한 X선 회절 분석의 결과를 나타낸 것이다 ZnO의 박막은 가장 낮은 표

면 에너지를 따라 성장하는데 XRD스펙트럼으로부터 ZnO의 구조에서 가장 낮은 표면 에너지를 지닌 결정화 방향인, C-축으로 평행한 (002) 방향으로 ZnO가 성장함을 볼 수 있다. 산소 유량비가 증가함에 따라 박막의 결정성이 증가하는 경향을 나타내는데 그 이유는 Zn 과 O 간의 결합 중에 손실된 격자구조(oxygen vacancy)에 산소 이온이 들어가면서 Zn과 결합을 형성한다. 이로하여 산소의 공공의 수가 감소하여 결정성이 증가하기 때문이라고 추측된다.

3. 결론

FTS 시스템을 이용한 인가 전력과 산소 유량에 따른 ZnO 박막의 결정성 상관관계를 연구하였다. 우선, FTS 시스템을 이용하여 저온공정에서 ZnO박막을 합성하였다. 공정온도는 80도 미만에서 이루어지는 것을 확인하였다. 더하여, 적절한 플라즈마 밀도와 산소유량 제어를 통하여 ZnO 박막의 결정성을 향상 시켰다. 플라즈마 밀도의 증가에 따른 산소이온의 발생을 증가 시켜 ZnO 박막의 defect를 줄이고 결정성을 향상시킬 수 있지만, 오히려 너무 강한 플라즈마 밀도에 의하여 결정성을 저해하는 것을 확인하였다.

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).