Gas비에 따른 ZnO박막의 압전특성

이 우 선*, 조 준 호, 정 헌 상, 정 찬 문, 손 동 민
조선대학교 전기공학과 *

Characteristics of ZnO Thin Film by Gas Ratio

Woo-Sun Lee, Joon-Ho Cho,Hun-Sang Chung, Chan-Moon Chung,Dong-Min Son

Abstract - ZnO thin films on glass substrate were deposited by RF sputter with various Ar/O_2 gas ratio. Crystallinities, surface morphologies, and electrical properties of the films were investigated by XRD(x-ray diffractometer), and SEM (scanning electron microscopy) analyses. The facing targets sputtering system can deposit thin film at plasma free condition and change the deposition condition in wide range. We suggested that a very suitable Ar/O_2 gas of ratio should be 50/50 for preparation of high quality ZnO films with good C-axis orientation.
Key Word(주요용어) : ZnO thin film, C-axis

1. 서 론

현재는 정보가 중요한 역할을 하는 사회의 요구에 따라 상호간의 통신에 대한 진보가 무엇보다 급속히 진행되어 가고 있다. 특히 이동체 통신단말기의 보급이 급속히 진행되고 있다. 최근 이동통신기가 소형, 다기능화로 진행됨에 관련하여 가장 큰 역할을 하고 있는 것이 회로의 LSI화, 저소비전력 디바이스 개발, 전지의 소형화, 고성능화 등과 함께 소요 전자부품의 소형화이다. 그 중에서도 핵심소자로 각광을 받고 있는 것이 표면탄성파(SAW:Surface Acoustic Wave)필터이다.

SAW소자는 주로 TV, VCR등이 저주파대역 필터로 많이 사용되어 왔으나, 최근 정보통신분야의 비약적인 발전에 힘입어 고주파대역의 필터가 많이 요구되고 있다. SAW필터의 압전체 기판의 재료로는 LiNbO3, LiTaO3, PZT, ZnO, GaAs, Quarzt등이 있는데, 이중 ZnO는 압전박막의 대표적인 재료로서 비정질 기판인 유리에서도 C축 배향성을 갖는 다결정 압전 박막으로 성장할수 있을 뿐 아니라, 기존의 반도체 공정 기술을 그대로 적용할 수 있다. 배향성이 비교적 잘 나타고, 압전물성이 우수하며, 기존의 반도체 공정기술을 그대로 적용시킬수 있는 장점이 있어 SAW소자용 압전재료로써 매우 이상적인 박막재료로 평가되고 있다.

따라서, 본 논문에서는 ZnO박막을 SAW소자에 응용하기 위해 ZnO박막을 증착하여 증착시 증착변수가 박막을 결정성, 표면형상, 전기적특성이 미치는 영향을 조사해 보고자 한다.

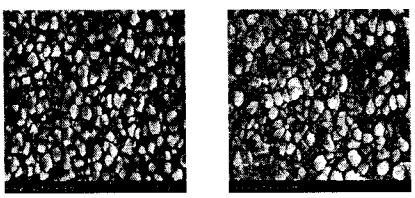
2. 실험 및 방법

ZnO결정은 wurtzite 구조를 가지고 공정조건을 조절하거나 불순물의 첨가에 의해 넓은 범위에 걸쳐 전기전도도의 조절이 가능하고, 전기기계결합계수(K^2), 온도계수(TCD) 모두 양호하지는 않지만, K^2가 큰 LN에 비해서는 TCD가 낮고 TCD가 낮은 LT에 비해서는 K^2가 더 크기 때문에 SAW필터용 압전박막으로 아주 적합한 특성을 가지고 있다. 일반적인 ZnO 박막의 증착은 RF 스퍼터링 방법이 널리 이용되고 있는데, 기판의 종류에 거의 제한을 받지 않으며, 상온 근처의 저온에서도 증착이 가능한장점을 가지고있다. ZnO박막이 압전기판(piezelectric substrate)의 역할을 하기 위해서는 평활한 표면의 박막과 높은 기계결합계수를 갖기 위한 우수한 C-축 우선 배향성, 외부의 전기신호의 왜곡을 막기위해 충분히 높은 비저항 값을 가져야 한다. 이 중 ZnO 박막의 비저항을 높이는 방법으로 스퍼터링 증착시 산소를 첨가시켜 Ar/O_2 가스의 혼합비를 변화시키는 방법이 주로 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 ZnO박막 증착시 산소 가스를 첨가하여 반응성 스퍼터링이 이루어지게 하고, 산소의 첨가가 박막의 구조적 물성 및 전기적 비저항의 변화에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위하여, 가스(Ar/O_2) 혼합비를 80/20 ~ 20/80%의 범위로 변화켜 박막을 증착하여 전기적 비저항과 구조적 물성분석을 하였다.

3. 결과 및 고찰

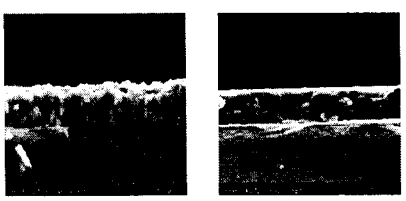
3.1 증착조건에 따른 ZnO박막의 SEM 분석

그림1과 그림2의 결과에와 같이 스퍼터링가스로 사용된 Ar/O_2의 gas비에서 산소의 양이 50%로 증가하면서 박막 표면 거칠기가 감소하여 평탄한 표면이 제작되는 것을 알수 있다. 또한 Ar/O_2의 gas비에서 산소의 양이 50% 이상 유입되면 표면의 거칠기는 조금 증가하였으나, 50% 이하의 경우와 같이 급격한 표면형상의 변화는 일어나지 않았다. 이와 같은 결과는 ZnO 박막 증착에 있어서 스퍼터링시 여분의 산소유입이 있어야 결정성과 표면형상이 우수한 박막을 제작할 수 있는 것으로 생각된다. 따라서 결정성과 표면형상에 스퍼터링 가스인 Ar/O_2 gas 혼합비가 중요한 영향을 미치는 것을 관찰할 수 있었고, SAW device에서 박막의 두께 편차에 의해 발생하는 주파수 변형의 문제를 해결하기 균일한 박막의 제조가 gas혼합비에 의해 정밀하게 제어될 수 있음을 보여주었다.



(a) (b)

Fig1. SEM surface image ZnO thin films
(a) Ar/O2=80/20 (b) Ar/O2=50/50



(a) (b)

Fig2. SEM cut image ZnO thin films
(a) Ar/O2=80/20 (b) Ar/O2=50/50

3.2 증착조건에 따른 ZnO박막의 결정학적 특성

산소의 첨가량에 따른 박막의 결정구조를 알아보기 위해서 Ar/O_2 gas비를 변화시켜 박막을 제작하여 결과를 그림 3에 나타내었다. 산소의 양이 증가할수록 ZnO박막의 (002) 우선 성장이 현저히 저해되는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 SEM의 결과와 비교해볼때 ZnO박막을 제작할 때 Ar/O_2 gas비가 결정성장에 중요한 영향을 미친다는 결과를 얻을 수 있었다. 이 결과에서 Ar/O_2 gas 혼합비 50/50에서 가장 양호한 결정배향성을 나타내었다.

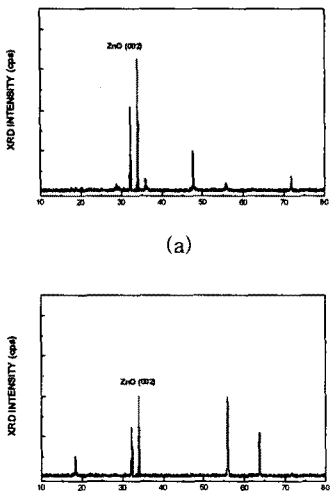


Fig 3. X-ray pattern of ZnO thin film (a) Ar/O_2 gas rate 50/50 (b) Ar/O_2 gas rate 20/80

3.3 증착조건에 따른 ZnO박막의 C축 배향성

C-축 우선 배향성이 얼마나 우수한가는 rocking curve라고 불리는 측정법에 의해 측정 가능하다. 이는 최대 강도를 보이는 회절피크의 2θ지점에 X선 검출기를 고정시키고 시편을 θ로 회전시켜서 검출되는 X선 강도를 가우시안 분포로 가정하여 $\Delta\theta_{50}$으로 나타내는 것으로 이 값이 작을수록 기판에 수직 방향으로 그 결정축이 잘 형성됨을 나타낸다. 그림 4는 아르곤/산소의 가스 혼합비에 의한 박막의 결정성에 따른 ZnO박막의 rocking curve의 X선 회절분석 결과이다. 산소 분압비가 20~50%까지 증가할수록 ZnO(002)면의 회절피크가 증가하나, 그 이상의 산소분압비 에서는 ZnO(002)결정면 회절피크는 감소하는 것을 알 수 있었다. X선 회절분석 결과에서 가스비 Ar/O_2=80/20의 경우 (002)결정면의 표준편차는 4.2° 로 우선 배향성이 좋지 않지만 산소 분압비가 증가할수록 박막의 C축 우선 배향성은 증가하여 가스비 Ar/O_2=50/50이 되었을 때 2.3° 로 가장 우수한 배향성을 보였으나 가스혼합비에서 산소 분압비가 80%까지 증가하면 우선배향성의 저하가 발생하였다. 이는 산소 분압비가 50%이상 증가하면, Zn과 O의 결합에너지 차이와 과도한 산소의 유입에 따른 입자 배향성 등의 변화에 따라 결정성이 저하되는 것으로 사료된다.

ZnO박막이 압전재료로 사용가능한 rocking curve의 표준편차는 6° 이하로 본 실험에서는 가스 혼합비가 50/50에서 증착된 ZnO박막이 가장우수한 표준편차를 보여 압전재료로 응용이 가능함을 알 수 있었다.

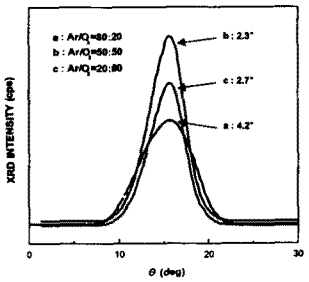


Fig 4. Rocking curve of ZnO thin films as a function of Ar/O_2 gas ratio

3.4 증착조건에 따른 ZnO박막의 저항율 특성

스퍼터링을 이용한 ZnO박막 증착시 증착조건의 설정 범위에 따라서는 ZnO 타겟 자체에 포함되어 있는 산소만으로는 박막내 Zn과 O의 화학양론비를 충족시키기에 산소의 양이 상대적으로 부족한 경우가 있다. 이와 관련하여 본 연구에서는 ZnO박막 증착시 산소 가스를 첨가하여 반응성 스퍼터링이 이루어지게 하고, 산소의 첨가가 박막의 구조적 물성 및 전기적 비저항의 변화에 어떠한 영향을 주는지 알아보기 위하여, Ar/O2 gas비를 변화시켜 박막을 증착시켰다. 그림 5는아르곤 산소의 혼합가스비에 따른 박막의 성장속도를 나타낸 것으로 아르곤과 산소의 혼합비가 80/20에서는 9000Å, 50/50에서는 약 8500Å, 20/80에서는 약 4000Å으로 산소의 함유량이 50%이상이 되면 증착율은 현저히 감소하는 경향을 나타내었다. 그림 6은 ZnO 박막의 산소의 첨가량에 따른 박막의 비저항변화 그래프를 나타낸 것으로, 산소의 증가에 따라서 비저항이 증가하는 경향을 나타냈는데, 이는 산소가스가 첨가되지 않거나 첨가량이 작을 경우에는 증착된 ZnO박막내에 Zn이 충분히 ZnO화 되지 못하고 금속성 Zn로 존재하게 되고 이에 따라 자유전자 밀도가 증가하기 때문에 상대적으로 낮은 비저항을 가지게 되며, 산소의 공급이 충분한 경우에는 ZnO화가 충분이 이루어지고 금속성 Zn의 밀도가 현저히 감소하여 높은 비저항을 나타내게 된 것이라고 사료된다.

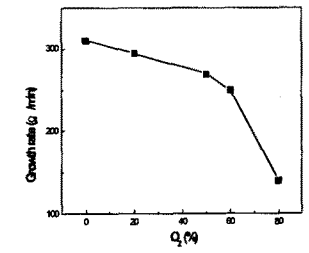


Fig 5. Growth rate of ZnO thin film as a function of Ar/O_2 gas ratio

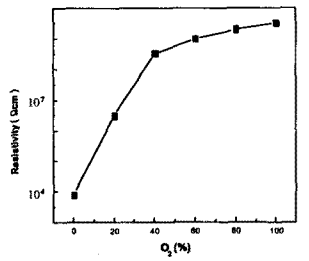


Fig 6. The resistivity of ZnO thin films as a function of Ar/O_2 gas ratio

4. 결 론

본 연구에서는 가스비의 변화로 ZnO 박막을 제작하여 박막의 결정성, 표면형상, 전기적 특성을 고찰한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 본 실험에서 Ar/O2 가스의 혼합비에 따른 표면형상 및 거칠기는 산소의 양이 증가함에 따라 개선되었으나 산소의 양이 50%이상증가하면 거칠기의 변화는 크지 않았다.

2. Ar/O2 가스의 혼합비에 따른 박막의 결정성은 산소의 양이 50%이하에서는 큰 변화는 일어나지 않았으나 산소의 양이 50%이상 증가함에 따라 ZnO(002) 결정성장이 감소하였다.

3. 아르곤/산소의 가스 혼합비에 따른 ZnO박막의 저항율의 변화는 산소의 양이 증가함에 따라 저항율은 증가하였으나, 산소의 양이 50%이상이 되면 XRD결과 ZnO(002)결정면의 성장이 현저히 떨어지는 결과를 얻었다. 위의 결과를 종합해볼 때 ZnO박막을 압전박막으로 응용하기 위한 Ar/O_2 gas 혼합비는 50/50이라는 결론을 얻었다.

참고문헌

1. F. Moeller, T.Vandahl, D.C.Malocha, N.Schwesinger, W.Buff, IEEE : Properties of thick ZnO layer on the oxidized silicon, 1334, pp. 403~406
2. Jong-Duk Lee, Joon-Tae Song, The Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers. Vol. 9, 1996, pp. 196~203
3. Woon-Jo Jeong, Gye-Choon Park, The Journal of the Korean Institute of Electrical and Electronic Material Engineers.Vol, 11, 1998, pp. 601~606
4. Seog-hong Park, Yeong-Chan Son, Sang-Dae Yu, 센서학회지 제5권 4호, 1996, pp. 81~87