

## Ramp method로 제작한 ZnO박막의 특성

### Characteristics of ZnO thin film by Ramp method

이우선\*, 정찬문\*, 손동민\*, 서용진\*\*, 김상용\*\*\*

(Woo-Sun Lee, Chan Moon Chung, Yong Jin Seo, Sang Yong Kim)

#### Abstract

To achieve ZnO layer with a high resistance, a new sputtering method with a Ramp method and cycled power process mode was developed. The specific resistance of the layers was in rang of  $3 \times 10^{10} \Omega \text{cm}$  to  $2 \times 10^{11} \Omega \text{cm}$ . The characteristics of ZnO thin films changed with working pressure and Ramp method were investigated by XRD(x-ray diffractometer), and SEM (scanning electron microscopy) analyses. This paper presents calculated and measured results for structures with thin ZnO layers. Measurements of SAW properties using thin ZnO layered structures will be shown. Also presented are results on the quality of ZnO films and specifics of the deposition process.

**Key Word** : ZnO thin film, Resistivity, Ramp method

#### 1. 서론

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 전자 부품의 소형화이다. SAW소자는 주로 TV, VCR등의 저주파대역 필터로 많이 사용되어 왔으나, 최근 정보통신분야의 비약적인 발전에 힘입어 고주파대역의 필터가 많이 요구되고 있다.

\* : 조선대학교 전기공학과

\*\* : 대불대학 전기공학과

\*\*\* : 아남반도체

SAW필터의 압전체 기판의 재료로는 LiNbO<sub>3</sub>, LiTaO<sub>3</sub>, PZT, ZnO, GaAs, Quartz등이 있는데, 이중 ZnO는 압전박막의 대표적인 재료로서 비정질 기판인 유리에서도 C축 배향성을 갖는 다결정 압전 박막으로 성장할수 있을뿐 아니라, 기존의 반도체 공정 기술을 그대로 적용할 수 있다. ZnO박막이 압전기판 (piezoelectric 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<sub>2</sub> 가스의 혼합비를 변화시키는 방법이 주로 사용되고 있으나 산소가스의 증가는 박막의 결정성과

표면형상에 좋지 않은 영향을 미치게 때문에 산소가스의 증가로 비저항을 피하는 방법은 한계가 있다고 사료된다. 따라서 본 논문에서는 ZnO박막의 비저항을 높이기 위해 Ramp method로 박막을 제작하여 박막의 결정성, 표면형상, 전기적특성을 측정하였다.

## 2. 실험 및 방법

### 2.1 Ramp method

일반적인 ZnO 박막의 증착은 RF 스퍼터링 방법이 널리 이용되고 있는데, 기판의 종류에 거의 제한을 받지 않으며, 상온 근처의 저온에서도 증착이 가능한 장점을 가지고 있다. ZnO박막이 압전기판(piezoelectric substrate)의 역할을 하기 위해서는 평활한 표면의 박막과 높은 기계결합계수를 갖기 위한 우수한 C-축 우선 배향성, 외부의 전기신호의 왜곡을 막기 위해 충분히 높은 비저항 값을 가져야 한다. 이 중 ZnO 박막의 비저항을 높이는 방법으로 스퍼터링 증착시 산소를 첨가시켜 Ar/O<sub>2</sub> 가스의 혼합비를 변화시키는 방법이 주로 사용되고 있다. 따라서 본 연구에서는 ZnO박막 증착시 산소 가스를 첨가하여 반응성 스퍼터링이 이루어지게 하고 Ramp method로 박막을 제작하여 전기적 비저항과 구조적 물성분석을 하였다.

ZnO 박막은 sputter하는 동안 기판표면과 수직인 방향으로 성장하는 것으로 알려져 있다. 전기적 비저항을 결정하는 전기전도성의 채널은 기판표면과 수직인 방향으로 성장하는 C축 성장에 의해 결정된다.

sputter조건을 변화시켜 C축 성장의 방향성을 변형하는 것이 가능하다면 높은 전기적 저항을 가진 박막을 얻을 수 있다. 따라서, 높은 전기저항을 갖는 ZnO박막을 얻기 위하여 그림1과 같은 power mode를 사용하여 Ramp method라 하였다. 이 방법에서 break intervals는 이미 결정된 박막위에 1단계에서 다시 시작하는 새로운 박막을 얻을 수 있다는 것을 의미한다. 이렇게 결정지워진 박막은 샌드위치 구조를 갖는다. 경계를 통한 수직적 바늘모양의 결정의 증가를 막는 것은 표면과 수직을 이루는 전기적 전도성에 영향을 미치기 때문에 ZnO - sputtering에 이러한 생각의 응용은 저항율을 높일 것으로 사료된다.

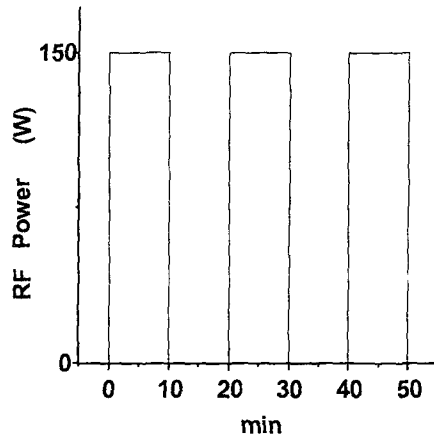
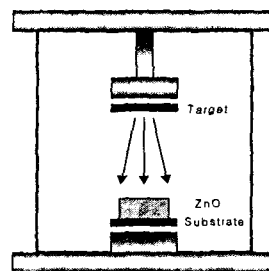
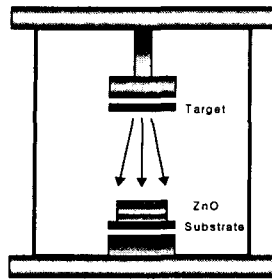


Fig 1. Sputtering by Ramped method

진공은 10<sup>-2</sup>Torr까지 로타리 펌프로 배기한 후, 오일 확산펌프(oil diffusion pump)를 함께 가동하여 10<sup>-5</sup>Torr까지 배기하여 증착을 실시하였다. 기판온도는 상온을 유지하고 박막의 특성을 비교하기 위해 그림과 같이 Ramp법과 일반스퍼터법으로 제작한 박막을 제작하였고, 마스크(mask)를 이용하여 가로 세로 크기를 1cm로 제작하였다. 또한 전기적인 특성을 측정하기 위해 Al 전극을 evaporator를 이용하여 ZnO박막에 증착한 후 사용하였다. Ramp법이란 박막형성에 시간차를 두어 박막을 형성시키는 방법으로 그림1과 같은 power mode를 이용하여 박막의 형성을 다층적으로 형성하게 하는 방법을 말한다. 이렇게 만들어진 박막은 그림2 (b)처럼 다층적의 구조를 갖게 될 것이다. Deposition하는 동안 에너지 상태에 영향을 주는 것과 저항율을 높이기 위해 그림1과 같은 power mode를 사용하였다. 열의 방사와 다층구조의 형태로 박막을 형성시키기 위해 break intervals를 고려하였다. 전기적인 특성을 알아보기 위해 저항율의 측정은 홀측정기를 사용하였다.

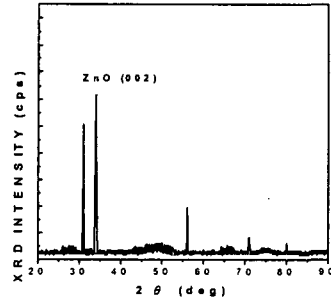


(a)



(b)

Fig 2. Schematic diagram of sputtering (a) Normal method (b) Ramp method

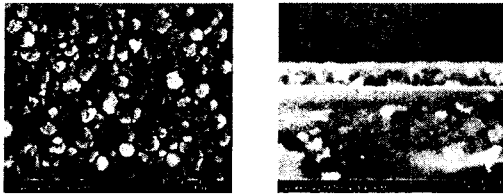


(a)

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 증착조건에 따른 ZnO박막의 SEM 분석

Ramp 방법으로 ZnO 박막을 제작하여 표면과 단면 사진을 그림3에 나타내었다. Ramp 방법으로 제작한 ZnO박막의 표면 거칠기는 매우 양호한 것으로 나타났다.



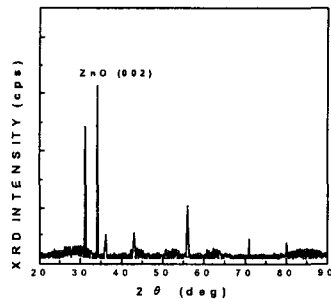
(a)

(b)

Fig3. SEM surface and cut image ZnO thin films of Ramp method (Ar/O<sub>2</sub> gas rate 50/50)

#### 3.2 증착조건에 따른 ZnO박막의 결정학적 특성

Ramp method로 제작한 박막과 Normal method로 제작한 박막의 결정구조를 규명하기 위하여 X-ray 회절선을 측정된 결과는 그림4와 같다. 그림4의 (a)는 Ramp method로 제작한 박막으로써, ZnO박막이 (002) 우선 성장특성이 잘 나타난 것을 알 수 있었다.



(b)

Fig 4. X-ray pattern of ZnO thin film (a) Ramp method (b) normal method

C-축 우선 배향성이 얼마나 우수한가는 rocking curve라고 불리는 측정법에 의해 측정 가능하다. 이는 최대 강도를 보이는 회절피크의  $2\theta$  지점에 X선 검출기를 고정시키고 시편을  $\theta$ 로 회전시켜서 검출되는 X선 강도를 가우시안 분포로 가정하여  $\Delta\theta_{50}$ 로 나타내는 것으로 이 값이 작을수록 기판에 수직 방향으로 그 결정축이 잘 형성됨을 나타낸다. 그림 5는 Ramp method로 제작한 박막의 결정성에 따른 ZnO박막의 rocking curve의 X선 회절분석 결과이다. ZnO박막이 압전재료로 사용가능한 rocking

curve의 표준편차는  $6^\circ$  이하로 본 실험에서 사용된 Ramp method로 ZnO박막을 가스혼합비 50/50으로 하여 제작하여 rocking curve를 측정하여 압전재료로 응용의 가능성을 알아보았다. 그림 5의 결과에서 Ramp method로 제작한 ZnO박막의 rocking curve의 표준편차가  $2.4^\circ$ 로 매우 양호한 표준편차를 나타내 압전재료로 응용이 가능한 것으로 사료된다.

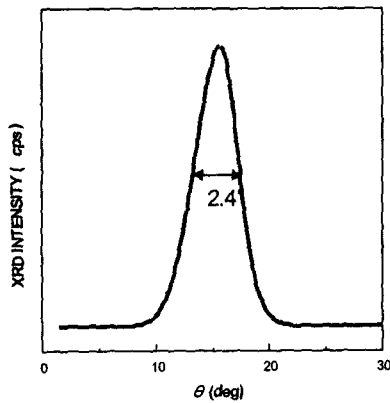


Fig 5. Rocking curve deposited at Ramp method ZnO thin films

### 3.3 증착조건에 따른 ZnO박막의 저항률 특성

그림6은 Ramp method로 제작한 ZnO 박막과 Normal method로 제작한 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 충분히 이루어지고 금속성 Zn의 밀도가 현저히 감소하여 높은 비저항을 나타내게 된 것이라고 사료된다. 또 Ramp method로 제작한 ZnO박막의 저항률이 Normal method로 제작한 ZnO박막의 저항률보다 더 큰 것으로 나타났다. 이는 XRD, SEM 결과와 종합해 볼 때 Ramp method로 제작한 ZnO박막은 산소 gas량을 증가시키지 않고 저항률을 증가시키는 방법으로 적합하다는 결과를 알 수 있었다.

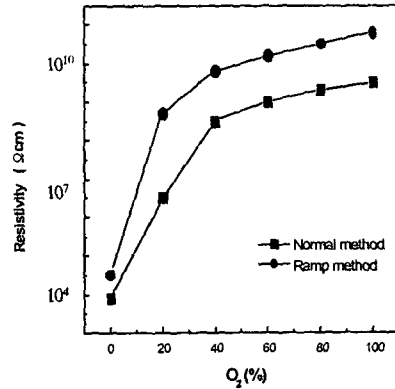


Fig 6. Compare Ramp method with Normal method of Resistivity

## 4. 결론

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

ZnO박막의 저항률을 높이기 위한 방법으로 박막을 Ramp method로 제작하여 Normal method로 제작한 박막과 결정성, 표면형상, 전기적특성을 고찰한 결과 Ramp method로 제작한 박막의 특성이 매우 양호한 것으로 나타났다. 특히 ZnO박막의 저항률을 높이기 위한 방법으로 매우 적합하다는 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