

Ar/O₂에 따른 ZnO 박막의 C-축 배향성에 관한 연구

A Study on C-axis Preferred Orientation of ZnO Thin Film at Ar/O₂ gas ratios

이동윤*, 박용욱**, 남산***, 이진국*, 김현재*, 윤석진*, 황금찬****
Dong-Yoon Lee*, Yong-Wook Park**, Sahn Nahm***, Jeon-Kook Lee*,
Hyun-Jai Kim*, Seok-Jin Yoon*, Keum-Chan Whang****

Abstract

Zinc Oxide(ZnO) thin films on Si (100) substrate were deposited by RF magnetron reactive sputtering. The characteristics of ZnO thin films on argon/oxygen(Ar/O₂) gas ratios, RF power, and substrate temperature were investigated by XRD, SEM, and AFM analyses. C-axis preferred orientation, resistivity, and surface roughness highly depended on Ar/O₂ gas ratios. The resistivity of ZnO thin films rapidly increased with increasing oxygen ratio and the resistivity value of $9 \times 10^7 \Omega \text{cm}$ was obtained at a working pressure of 10 mTorr with Ar/O₂=50/50. The surface roughness was also improved with increasing oxygen ratio and the ZnO films deposited with Ar/O₂=50/50 showed the excellent roughness value of 28.7Å.

Key Words(중요용어) : ZnO thin film(ZnO 박막), RF Magnetron Sputtering(고주파 마그네트론 스퍼터링), Preferred orientation(우선 배향성), Resistivity(비저항), Roughness(거칠기)

1. 서론

ZnO(zinc oxide)는 육방정계 불자이트(hexagonal wurtzite) 형태의 결정으로 6 mm 대칭성을 갖는 II - VI 족 화합물 반도체이며 압전성(piezoelectric), 반도체성(semiconducting), 광도전성(photoconducting) 재료로서 ZnO결정을 박막화하여 압전특성을 이용함으로써 SAW(Surface Acoustic Wave ; 탄성 표면파) 필터, microactuator, 가스 센서, 발광 다이오

드 및 투명 전도막 등에 널리 활용되고 있다.^[1-3]

압전 특성을 활용하기 위한 ZnO박막은 유리, 실리콘, 금속 박막 등의 기판(substrate) 상에 형성되는 C-축 다결정(polycrystalline) 배향막과 사파이어 등의 단결정 기판 상에 형성되는 단결정 막이 디바이스에 응용되고 있으며 ZnO가 갖는 결정 대칭성에 따라 다결정박막이라도 그의 C-축 방향과 극성이 일치되어 있으면 단결정 박막과 동가인 압전성을 갖는다. 압전 박막으로 ZnO를 이용할 때 가장 중요한 특성 가운데 하나가 바로 C-축 배향성이다. ZnO박막 증착방법에는 스퍼터링법(dc, magnetron, rf, ion beam, reactive)이 있는데 이는 압전성을 이용한 소자의 응용에 주로 사용되며 화학기상 증착법(CVD ; Chemical Vapor Deposition)은 태양전지 또는 표시소자의 투명 전도막에 이용된다. CVD법은 스퍼터링법보다 증착속도는 우수하나 박막의 표

* : 한국과학기술연구원 박막기술연구 센터
서울 성북구 하월곡동 39-1. Tel:958-5556

E-mail : dylee7@kist.re.kr

** : 국민대학교 전자공학과

*** : 고려대학교 재료공학과

**** : 연세대학교 전기컴퓨터공학과

2000년 3월 15일 접수, 2000년 6월 22일 심사완료

면이 거칠고 고온에서 증착이 이루어지는 단점이 있는 반면 스퍼터링법은 우수한 표면의 평활도를 가진 조밀한 박막과 전기 및 광학적 특성이 우수한 박막의 제조가 용이하다.^[4-5]

ZnO박막은 C-축이 기판 상에 수직으로 우선배향성(preferred orientation)현상을 나타낸다. ZnO박막이 양호한 압전성을 갖기 위해서는 결정구조에서 나타나는 C-축이 기판 상에 수직으로 배향하고 그 편차가 6° 이하이며 높은 압전 결합계수와 비저항은 10⁶ Ωcm 이상의 값이 요구된다. ZnO 박막 성장시 C-축으로 배향된 입자들의 기판에 대한 수직도가 감소할수록 압전 결합계수가 낮아져 그 효율성이 낮아진다. 그러므로 스퍼터링법으로 박막 제조시에는 증착 조건의 변화 즉, RF전력, 기판온도, 아르곤/산소(Ar/O₂)가스 비, 스퍼터링 압력, 기판과 타겟 사이의 거리등에 따라 우선배향성의 특성이 변하게 되며 증착 변수에 따른 C-축 배향성의 평가는 중요한 의미를 가진다. 본 연구에서는 SAW 필터에 응용이 가능한 ZnO박막을 C-축 방향으로 실리콘(Si 100)기판 위에 RF 마그네트론 스퍼터링 법으로 증착 하였다. 스퍼터링 증착시 박막의 C-축 배향성에 영향을 크게 미치는 Ar/O₂에 따른 C-축 배향성과 결정화 양상의 관계를 X선 회절법과 주사전자현미경(SEM) 및 AFM으로 분석함으로써 SAW필터의 응용에 적합한 증착 조건을 제시하고자 한다.

2. 실험

2.1. 실험순서

본 실험에서는 높은 증착율, 넓은 증착 면적과 우수한 방향성(C-축 우선배향성)을 갖는 양질의 막과 투명하고 치밀한 막을 얻을 수 있는 R.F Magnetron Sputtering법으로 증착하였다. 실험에 사용된 장비는 RF/DC 마그네트론 스퍼터 시스템으로 개략적인 구조는 그림 1과 같다. 반응성 스퍼터링으로 박막을 증착시키는 것은 여러 가지 증착 변수들이 복합된 매우 복잡한 과정이며, 각 증착 변수에 따라 박막의 특성이 매우 민감하게 변한다. 본 실험에서는 ZnO 박막은 4 inch ZnO 타겟(99.999%)을 이용하여 조건을 변화시키면서 기초 실험을 한 후 양호한 조건인 스퍼터링 압력 10 mTorr, 기판온도 200℃, 기판-타겟의 거리 40 mm에서 Ar/O₂가스비, RF 전력을 변화시키면서 Si (100)기판 위에 ZnO박막을 증착하였다. 증착 조건은 표 1 과 같다. 본 연구에서 사용된 기판은 Si (100)으로 박막성장

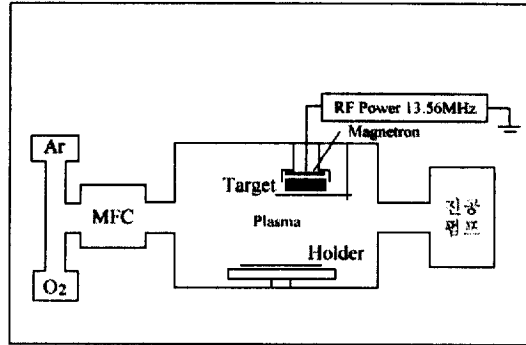


그림 1. RF 마그네트론 스퍼터 시스템
Fig. 1. Schematic diagram of RF magnetron sputter system

Deposition parameters	Conditions
RF power	50 ~ 250 W
Substrate temperature	200℃
Distance of target-substrate	40 mm
Ar/O ₂ gas ratio	100/0 ~ 0/100
Sputtering pressure	10 mTorr
Base Pressure	5×10 ⁻⁶ Torr

표 1. ZnO 박막 증착 조건
Table 1. Sputtering conditions of ZnO thin films

의 기저 면인 기판 오염은 ZnO 박막 성장에 영향을 미칠 수 있으므로 이 물질들을 제거하기 위하여 아세톤, 알코올, 증류수 속에서 각각 10분간 초음파 세척을 한 후 질소를 이용해 송풍 건조하였다. 증착 전 챔버내 불순물을 최대한 제거하기 위해 챔버의 초기 진공도는 로터리 및 확산펌프를 이용하여 5×10⁻⁶ Torr를 유지한 후 반응성 가스인 고순도의 Ar/O₂가스의 비율을 변화시키며 챔버 내로 주입하였다. 그리고 타겟 표면에 형성된 불순물과 초기의 불안정한 상태의 플라즈마를 안정화시키기 위해 shutter를 닫은 상태에서 기판 홀더를 타겟으로부터 180°회전시키고 각각 30분씩 pre-sputtering을 하였으며, 그 후에 타겟과 기판 홀더를 일직선으로 정렬한 다음 shutter를 열어 ZnO박막을 증착하였다.

2.2. ZnO 박막의 구조적 특성 및 전기적 특성 분석

각 증착 조건에서 제작된 ZnO 박막의 두께는 Alpha-step(Tencor 200)을 이용하여 측정된 후

SEM으로 측면 사진을 찍어 두께를 보정하였다. 또한, Ar/O₂가스 비, RF전력 등의 증착 변수에 따른 ZnO 박막의 구조적 특성을 분석하기 위해 XRD를 이용하여 결정성 및 우선배향성을 조사하였다. 이때 X-ray는 CuK α 선으로 파장은 1.54060Å이었으며, 분석조건은 40kV, 30mA에서 4°/min의 측정속도였다. 그리고 ZnO 압전 박막 층의 표면을 조사하기 위해 SEM으로 관찰하였으며, ZnO 박막의 평활도는 AFM으로 분석하였고 전기적 특성 변화를 분석하기 위해 Pt 기판 위에 ZnO박막을 증착한 다음 dc sputter system을 이용하여 상부 전극으로 Al을 15분간 1000Å 두께로 증착 한 후 RT66A 프로그램을 사용하여 각각 증착 조건에 따른 저항을 구한 다음 비저항을 계산하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. ZnO 박막의 증착 속도 변화

그림 2는 챔버압력 10 mTorr, 기판온도 200°C 및 타겟과 기판과의 거리 40 mm의 증착 조건에서 Si(100)기판에 Ar/O₂가스 비(50/50)에서 RF power에 따른 박막의 두께 변화를 나타낸다. RF power를 50W에서 250W까지 50W간격으로 변화시켜 ZnO박막을 60분 동안 증착시킨 결과 막의 두께가 약 2100Å에서 10300Å으로 RF power가 증가함에 따라 막의 두께는 거의 선형적으로 증가하였다. 이는 인가전력이 증가하면 입사하는 방전 가스인 아르곤과 산소의 이온 에너지가 커지게 되고, 그에 따라 스퍼터링 비율(sputtering yield)이 상승하여 증착 속도가 증가한다. RF power에 따라 막의 두께는 선형적으로 변하여 막의 두께를 조절할 수 있었고 기판 온도의 변화는 증착된 박막의 두께에 큰 영향을 미치지 않았다. 그림 3은 Ar/O₂가스 비에 따른 박막의 두께를 나타낸 것으로 Ar/O₂가스 비가 100/0에서는 약 6,800Å 그리고 0/100에서는 3,400Å으로 ZnO박막이 성장되어 혼합 가스중 산소의 함유량이 증가할수록 박막의 성장속도는 감소함을 알 수 있다. 이의 주요 원인은 산소가 아르곤보다 스퍼터링을 발생시키는 비율이 작기 때문에 산소의 양이 증가함에 따라 막의 성장속도가 감소했기 때문이다.^[6] 스퍼터링시 산소의 분압비에 따른 박막의 증착속도 차이는 스퍼터링 가스내의 산소 이온들이 스퍼터링 입자들의 기판 전달과정에 미치는 영향 때문으로, 아르곤과 산소의 이온화 에너지는 각각 15.76eV와 13.61eV로 ZnO 타겟에 충돌하는 입자와

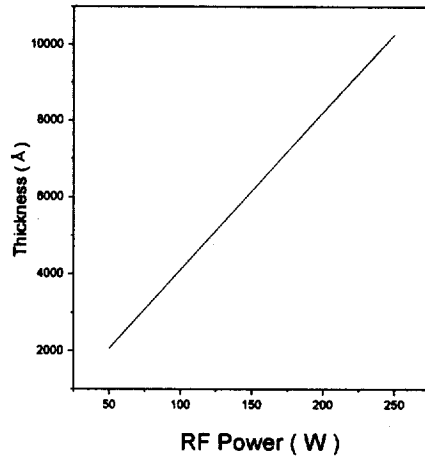


그림 2. Ar/O₂=50/50에서 RF power에 따른 ZnO 박막의 두께

Fig. 2. Thickness of ZnO films as a function of RF power at Ar/O₂ gas ratio of 50/50

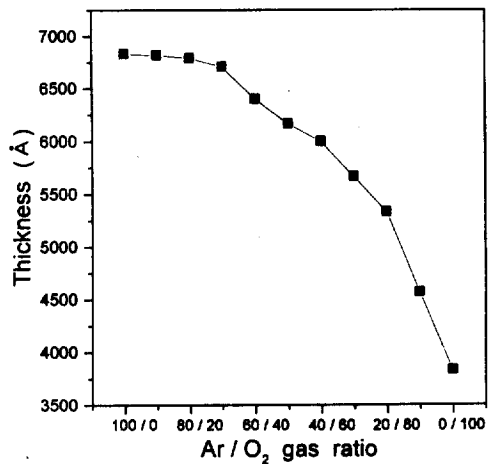


그림 3. RF power 150 W, 기판온도 200°C에서 Ar/O₂ 가스 비에 따른 ZnO박막의 두께

Fig 3. The thickness of ZnO films as a function of Ar/O₂ gas ratio at RF power of 150 W and substrate temperature of 200°C

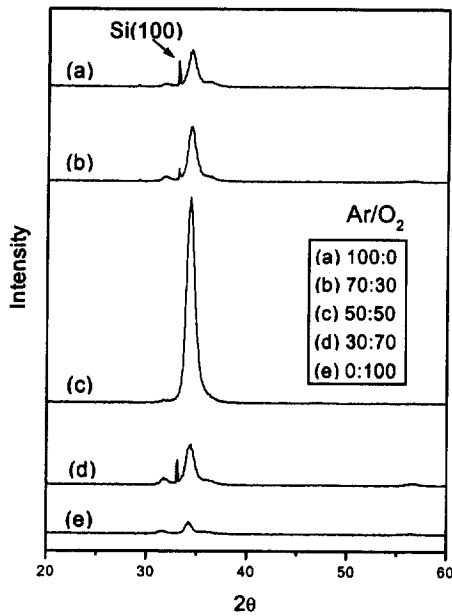


그림 4. RF power 150 W, 기판온도 200°C에서 Ar/O₂ 가스 비에 따른 ZnO 박막의 XRD : (a)100/0 (b)70/30 (c)50/50 (d)30/70 (e)0/100

Fig. 4. XRD patterns of ZnO films at a function of Ar/O₂ gas ratio at RF power 150 W and substrate temperature of 200°C : (a)100/0 (b)70/30 (c)50/50 (d)30/70 (e)0/100

스퍼터링되는 입자 사이의 에너지 전달은 두 입자의 에너지가 비슷할 경우에 최대가 되므로 산소가 존재하지 않을 경우 스퍼터링율이 가장 크게되며 이온화된 입자중 산소량이 증가하면 아르곤에 의해 타겟에서 스퍼터링되는 양이 줄어들 것이므로 ZnO의 증착속도는 감소하며 이와 같은 요인들이 박막의 성장속도와 결정성에 영향을 미친다.^[7]

3.2. Ar/O₂가스 비에 따른 결정성과 배향성

증착한 ZnO 박막의 결정성 및 C-축 우선배향성 정도를 분석하기 위해서 XRD를 사용하였다. 그림 4는 챔버압력 10 mTorr, 인가전력 150 W, 기판온도 200°C 및 타겟과 기판과의 거리 40 mm의 증착 조건에서 Si (100)기판에 Ar/O₂가스 비의 변화에 따라 증착된 ZnO박막의 결정성을 나타낸 그림이다. Ar/O₂가스 비에 따른 특성의 변화는 결정성뿐만 아

니라 ZnO박막을 SAW 디바이스로 응용하기 위한 특성 중 전기적 특성에 큰 영향을 미치므로 정확한 분석이 요구된다. 일반적으로 스퍼터링된 ZnO박막은 다결정이며 각 결정들은 기판에 수직인 결정학적 C-축으로 성장한다. Ar/O₂가스 비의 조성비 변화에 대한 ZnO박막 결정성은 그림 4의 결과에서 알 수 있듯이 기판에 수직인 100(2θ=31.770), 002(2θ=34.422), 101(2θ=36.253) 회절피크가 관찰되고 있다. 스퍼터링 가스 중 산소의 조성비에 대한 결정성은 산소의 조성비가 증가할수록 (002) 결정면에 대한 XRD 회절 피크는 산소의 조성비가 50% 일 때까지 증가하다가 그 이상 산소 양이 증가하면 2θ가 34° 부근에서 기판에 수직인 (002) 방향에 ZnO의 peak intensity가 감소하는 특성을 보인다. 아르곤과 산소의 가스비가 50% 일 때 XRD 회절 피크가 가장 컸고 (002) 결정면만이 성장되었다. 이와 같은 결과는 ZnO 박막 제조에서 ZnO 산화물 타겟을 사용할 경우 일정 정도의 산소 유입이 있어야 우수한 결정성을 가진 매끄러운 표면을 제작 할 수 있으나, 스퍼터링 가스인 산소조성비가 50% 이상으로 증가

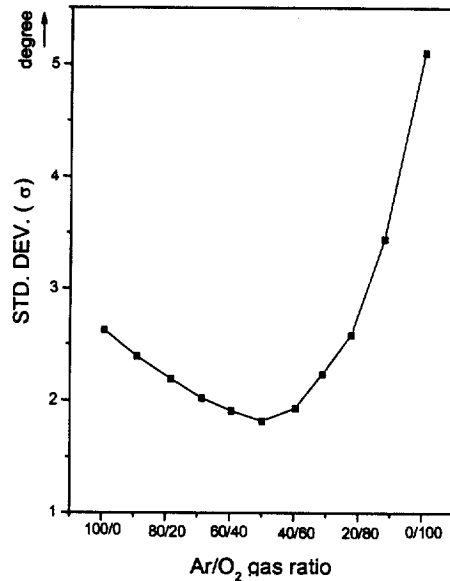


그림 5. Ar/O₂ 가스 비에 따른 ZnO박막의 (002) rocking curve의 표준편차 값의 변화

Fig. 5. Variation of standard deviation of (002) rocking curve as a function of Ar/O₂ gas ratio

할 경우 Zn, O, ZnO의 스퍼터링율의 차이와 ZnO와 O의 표면결합에너지 차이 및 결정학적 구조의 관점에서 octahedral interstitial site로 Zn원자가 들어가기 때문에 과도한 산소의 유입에 따른 입자 배향성 등의 변화에 따라 결정성이 저하된다.^[8] 그림 5는 ZnO 박막을 구성하는 입자들의 기판에 수직한 방향으로 배열한 정도를 알 수 없으므로 rocking curve라고 불리는 측정방법을 이용해서 챔버압력 10 mTorr, 인가전력 150 W, 기판온도 200°C 및 타겟과 기판과의 거리 40 mm의 증착 조건에서 Si(100)기판에 Ar/O₂가스 비의 변화에 따른 rocking curve의 표준편차(σ)값의 변화를 나타낸 것이다. Rocking curve는 (002) 회절피크의 최대강도가 나오는 2θ 지점에 X선 검출기를 고정시키고, 측정할 시편을 θ scan하여 얻어지는 결과를 가우시안 분포로 근사화하여 표준편차 값을 구하는 방법으로, 표준편차 값이 작을수록 특정 결정축이 기판에 수직한 정도가 우수한 것으로 증착된 박막의 우선배향성을 알 수 있다. 본 실험에서 증착된 ZnO 박막은 산소량이 50%까지 증가할수록 $\sigma = 2.7^\circ \sim 1.8^\circ$ 의 표준편차를 보였고 산소량이 50% 이상이 되면서 우선배향성의 감소가 큰 변화를 보여 산소만으로 스퍼터링한 경우 $\sigma = 5.2^\circ$ 의 표준편차를 보였다. 특히 ZnO 박막이 압전재료로 응용시 rocking curve의 표준편차가 6° 이내의 값을 가질 경우 양호한 수직도와 큰 압전 결합계수가 나타난다.^[9] 그림 6은 ZnO박막의 Ar/O₂가스 비의 변화에 따른 비저항을 구하기 위해 Pt 기판 위에 챔버압력 10 mTorr, 인가전력 150 W, 기판온도 200°C 및 타겟과 기판과의 거리 40 mm의 증착 조건으로 증착된 ZnO박막에 Al을 dc sputter system으로 상부 전극을 1000Å 두께로 증착시켜 RT66A 프로그램을 이용하여 각 시편의 두께 저항을 구한 후에 비저항을 계산한 결과이다. Ar/O₂가스 비에 따른 비저항의 변화는 산소의 유입이 없는 순수한 아르곤 분위기에서 증착한 ZnO 박막의 비저항은 $10^3 \Omega\text{cm}$ 정도로 비교적 낮은 비저항 값을 갖지만 산소의 유입이 시작되면 급격히 비저항이 증가하여 유입되는 산소의 양이 50% 정도면 약 $9 \times 10^7 \Omega\text{cm}$ 의 값을 가지며 그 이상의 산소가 유입되어도 증가폭은 미미하고 포화되는 특성을 보였다. 산소가 유입되면 막 표면 및 결정립(grain)의 경계에서 산화 반응이 발생하고 증착된 박막의 Zn:O의 조성비가 화학양론에 가까워 전도물질농도(carrier concentration)의 급격한 감소로 비저항이 증가한다.^[9-10] 산소 50% 이상에서 제조한 ZnO 박막의 비저항은 $10^7 \Omega\text{cm}$ 이상으로 ZnO 박막을 SAW

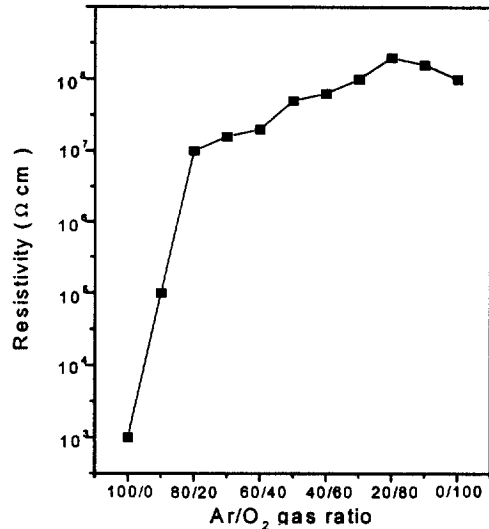


그림 6. 챔버압력 10 mTorr, RF power 150 W, 기판온도 200°C 및 타겟과 기판거리 40 mm에서 Si(100)기판에 증착된 ZnO박막의 Ar/O₂ 가스 비에 따른 비저항 변화

Fig. 6. The change of resistivity of ZnO films on Si(100) as function of Ar/O₂ gas ratio at 10 mTorr, 150 W, 200°C and a target/substrate distance of 40 mm

필터에 응용 시에 외부로부터의 전기 신호의 왜곡을 막기 위해서 이와 같은 높은 비저항값을 가져야 한다.^[11] 그림 7은 Si(100)기판에 10 mTorr, 인가전력 150 W, 기판온도 200°C 및 타겟과 기판과의 거리 40 mm의 증착 조건에서 Ar/O₂가스 비의 변화에 따라 증착된 ZnO 박막의 미세구조를 보여주고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 Ar만으로 증착한 박막의 결정립의 형상은 표면 거칠기가 매우 큰 결정립이 성장되었음을 알 수 있다. 스퍼터링 가스 중 O₂의 유입이 일어나면 증착된 박막의 결정립의 크기가 감소하면서 매끄럽고 전체적으로 매우 치밀한 형태의 결정립 형상을 보이지만 O₂의 유입이 증가할수록 큰 모양의 결정립들이 성장하기 시작하고 순수 O₂만으로 증착한 박막의 결정립들은 전체 결정립들이 큰 모양의 결정립 형상으로 변화하는 것을 보이는데, 이러한 표면현상은 증착도중 박막표면에서 제스퍼터링이 발생하는 것을 나타낸다. 그러나

그림 7. 인가전력 150 W, 챔버압력 10 mTorr, 기판 온도 200°C 및 타겟과 기판거리 40 mm에서 Si(100)기판에 증착된 ZnO박막의 Ar/O₂ 가스 비에 따른 표면 SEM : a) 100/0, b) 70/30, c) 50/50, d) 40/60 e) 30/70, f) 10/90 %

Fig 7. SEM micrographs of ZnO films on Si(100) as a function of Ar/O₂ gas ratio at 150 W, 10 mTorr, 200°C and a target/substrate distance of 40 mm : a) 100/0, b) 70/30, c) 50/50, d) 40/60 e) 30/70, f) 10/90 %

전체적으로 기판에 수직인(002) 결정면이 주상구조로 성장하였다. 본 실험에서는 Si (100)기판에 챔버압력 10 mTorr, 인가전력 150 W, 기판온도 200°C, 타겟과 기판과의 거리 40 mm의 증착 조건에서 Ar/O₂가스 비 변화에 따라 제작된 ZnO박막의 결정성 및 표면현상의 관계를 살펴보기 위해 제작된 박

그림 8. 인가전력 150 W, 챔버압력 10 mTorr, 기판 온도 200°C 및 타겟과 기판거리 40 mm에서 Si(100)기판에 증착된 ZnO박막의 Ar/O₂ 가스 비에 따른 표면 AFM 형상

Fig 8. AFM images of ZnO films on Si(100) as a function of Ar/O₂ gas ratio at 150 W, 10 mTorr, 200°C and a target/substrate distance of 40 mm

막의 표면현상 및 roughness 변화량을 AFM 분석으로 조사하였으며 그 결과는 그림 8 및 9에 나타내었다. 그림에서 순수 아르곤만으로 증착된 박막의 평균 거칠기(average roughness)는 96.5Å으로 가장 거친 표면 형상을 보였다. Ar/O₂가스 비에서 유입되는 산소의 양이 증가할수록 표면 거칠기가 향상되어 Ar/O₂=50/50 에서 비교적 매끈하고 평탄한 표면형상인 28.7Å의 거칠기를 가졌지만, 그이상의 산소가 유입되면 표면거칠기는 나빠지는 특성을 보여 Ar/O₂=10/90 에서 37.2Å의 거칠기를 가졌다. 이와 같은 결과는 스퍼터링 가스 혼합비에 변화에 따른 결정성의 변화 결과와도 잘 일치하는 것으로, 이것은 ZnO박막의 제작에 있어 Zn, O, ZnO 스퍼터링을

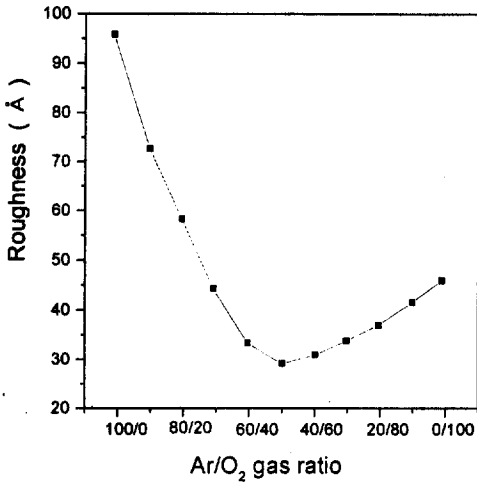


그림 9. 인가전력 150 W, 챔버압력 10 mTorr, 기판온도 200°C 및 타겟과 기판거리 40 mm에서 Si(100) 기판에 증착된 ZnO 박막의 Ar/O₂ 가스 비에 따른 표면 거칠기.

Fig 9. Roughness of ZnO films on Si(100) as a function of Ar/O₂ gas ratio at 150 W, 10 mTorr, 200°C and a target/substrate distance of 40 mm.

의 차이와 Zn과 O의 표면 결합 에너지 차이에 기인하는 것으로 ZnO 박막 증착에 있어서 스퍼터링 시 일정한 산소 유입이 있어야 결정성과 표면형상이 우수한 박막을 제작할 수 있다. 따라서, 결정성과 표면현상에 스퍼터링 가스인 Ar/O₂ 가스 비가 중요한 영향을 미치는 것을 관찰할 수 있었고, SAW device에서 박막의 두께 편차에 의해 발생하는 주파수 변형의 문제를 해결하기 위해 요구되는 수십Å ~ 수Å 정도의 균일한 박막의 제조가 Ar/O₂ 가스 비에 의해 정밀히 제어될 수 있음을 보여 주었다. SAW 필터에 응용 시에 박막표면이 거칠면 국부적인 속도 변화에 따른 주파수 변화가 심하게 되므로 평탄하고 매끄러운 표면의 ZnO 박막이 요구된다. 그림 10은 Si(100) 기판에 챔버 압력 10 mTorr, 인가전력 150 W, 기판온도 200°C 및 타겟과 기판과의 거리 40 mm의 증착 조건에서 Ar/O₂ 가스 비의 변화에 따라 증착된 ZnO 박막의 단면을 보여주었고 있다. 그림에서 알 수 있듯이 아주 치밀한 주상구조로 성

그림 10. 인가전력 150 W, 챔버압력 10 mTorr, 기판온도 200°C 및 타겟과 기판거리 40 mm에서 Si(100) 기판에 증착된 ZnO 박막의 Ar/O₂ 가스 비에 따른 단면 SEM : a) 70/30, b) 50/50, c) 40/60

Fig 7. Cross-sectional SEM micrographs of ZnO films on Si(100) as a function of Ar/O₂ gas ratio at 150 W, 10 mTorr, 200°C and a target/substrate distance of 40 mm : a) 70/30, b) 50/50, c) 40/60

장되었음을 보여주며, 비정상적인 이상도 존재하지 않고 기판에 수직한 상태로 초기 성장부와 최종 성장한 부분의 형태도 차이가 없다. 특히 Ar/O₂ 가스 비가 50% 일 때 rocking curve의 표준편차 $\sigma = 1.8^\circ$ 로 C-축 우선 배향성이 아주 우수하여 고주파용 SAW 필터에 응용할 수 있는 ZnO 박막이 성장 되었다.

4. 결 론

- (1) 본 실험 조건하에서 제작된 ZnO 박막은 모든 제작조건에서 기판에 수직한 (002) 결정면이 존재하는 우수한 C-축 우선 배향성을 보였다. 특히, RF전력 150 W, 챔버 압력 10 mTorr, 기판온도 200°C, 스퍼터링 가스인 Ar/O₂의 가스 혼합비가 50/50의 조건에서 증착된 ZnO 박막은 우수한 C-축 우선 배향성과 높은 비저항값 그리고

- 평탄한 표면을 가졌다.
- (2) Ar/O₂가스 비에서 산소량의 증가에 따라 증착된 ZnO 박막의 성장속도는 감소하며 스퍼터링 가스 중 산소의 조성비에 대한 결정성은 산소의 조성비가 50%까지 증가할수록 (002) 결정면에 대한 XRD 회절 피크는 증가하다가 그 이상에서 감소하는 특성을 보이며 Ar/O₂가스 비가 50% 일 때 XRD 회절 피크가 가장 컸고 (002) 결정면만이 성장되었다.
- (3) 산소량의 증가에 따라 증착된 ZnO 박막의 결정립의 크기는 감소되며 단면은 모든 조건에서 주상구조를 나타냈다. 표면 형상 및 거칠기는 산소의 양이 증가함에 따라 개선되었다. 증착된 박막의 표면 거칠기는 Ar/O₂가스 비에서 산소가 유입되면서 급격히 개선되어 가스혼합비가 50/50에서 균일한 표면형상을 얻을 수 있었고 산소양이 50%이상으로 증가할수록 표면 거칠기가 나빠지는 특성을 보였다.
- (4) 약 6000Å의 두께인 ZnO박막에서 산소량의 증가에 따라 비저항이 증가하여 50%의 산소 분위기 하에서 약 $9 \times 10^7 \Omega \text{cm}$ 의 값을 가지며 그 이상의 산소가 유입되어도 증가폭은 미미하고 포화되는 특성을 보였다. 그러므로 비저항과 표면형상은 유입되는 산소에 큰 영향을 받는다는 것을 알 수 있었다.

참고 문헌

- [1] J.L. Deschanvres, P.Ray, G.Delabouglise, M.Labeau, J.C.Joubert and J.C.Peuzin, Sensors and Actuators A, 33, 43, 1992.
- [2] F. R. Boom, D. J. Yntema, F. C. M. Van Denpol, M. Flwenspoek, J. H. J. Fluitman and Th. J. A. Popma, Sensors and Actuators., A21-A23, 223, 1990.
- [3] Yasuhiro Igasaki and Hiromi Saito, J. Appl. Phys., 69(4), 2190, 1991.
- [4] S. Maniv and A. Zangvil, "Controlled texture of reactively RF sputtered ZnO thin film", J-Appl. Phys., 49, 2787, 1978.
- [5] J. Aranovich, A. Armano and R. Bube, J. Vac. Sci. Technol., 16, 994, 1979.
- [6] C.R.Aita, A.J.Purdes, R.J.Lad and P.D.Funkenbusch, J.Appl.Phys., 51, 5535, 1980.
- [7] J.O.Barens, D.J.Leary and A.G.jordan, J.Electrochem.soc., 7, 1636, 1980.
- [8] Norifumi Fujimura, Tokihiro Nishihara, Seiki Goto, Jifang Xu, and Taichiro Ito, J.Crystal Growth, 130, 269, 1993.
- [9] Fabio Quaranta, Antinio Valentini, Federica R.rizzi and Giuseppe Casamassima, J. Appl. Phys., 74, 244, 1993.
- [10] N. Croitoru, A. Seidmann and K. Yassin, Thin Solid Films., 150, 291, 1987.
- [11] J. D. Larson, D. K. Winslow and L. T. Zitelli, IEEE Trans. Sonics and Ultrason., 18, 364, 1972.