

저온증착 AZO 박막의 분위기 후열처리에 따른 표면 형상 특성

정운환, 진 호, 송민종*, 박춘배

원광대학교 WRISS, 전기전자및정보공학부, *광주보건대학 의료공학과

The property of surface morphology of AZO films deposited at low temperature with post-annealing

Yun-Hwan Jeong, Ho Chen, Min-Jong Song*, Choon-Bae Park

Wonkwang Univ. WRISS, School of Electrical Electronic and Information Engineering, *Kwangju Health Coll.

Abstract : Transparent conductive oxide (TCO) are necessary as front electrode or anti-reflecting coating for increasing efficiency of LED and Photodiode. In this paper, aluminum-doped Zinc oxide films(AZO) were prepared by DC magnetron sputtering on glass(corning 1737) and Si substrate at temperature of 100 °C and then annealed at temperature of 400 °C for 1hr in Ar and vaccum. The AZO films were etched in diluted HCL (0.5 %) to examine the surface morphology properties. After annealing, Structural and electrical property were investigated. The c-axis orientation along (002) plane was enhanced and the electrical resistivity of the AZO film decreased from 1.1×10^{-1} to $1.6 \times 10^{-2} \Omega \text{cm}$. We observed textured structure of AZO thin film etched for 2s.

Key words : TCO, AZO, Texture structure, Ambient post-annealing process, DC Magnetron sputtering

1. 서 론

현대의 산업발달과 더불어 정보통신기술의 중요성이 더욱 부각되고 있다. 특히 광기술 분야는 광통신과 LED(Light Emitting Diode), Photodiode 등을 중심으로 차세대 핵심 분야로 부상하고 있다. 따라서 고효율, 고성능의 광소자 부품을 필요로 하게 되었으며, 광소자 부품의 효율 향상에 필수적인 투명전극용 재료의 개발에 대한 노력이 활발하게 이루어지고 있다.

특히 LED나 Photodiode에 적용되는 투명전도막은 Current spreading layer나 Anti-reflecting Coating(무반사막) 으로 사용되어 LED 및 Photodiode의 효율을 향상시키고, 이러한 고효율의 수·발광소자를 제조하기 위해서는 높은 전기전도도와 광 투과율을 갖는 투명전도막이 필요하다[1]. 그러나 수·발광소자에 투명전극 적용 시 선택 식각공정기술로 인해서 100 °C 이하의 저온에서 증착해야하는 문제점을 가지고 있고, 저온에서 증착된 박막은 특성이 떨어지는 단점이 있다. 따라서 저온에서 증착하더라도 고온에서 증착된 특성을 가질 수 있는 저온증착공정기술이 필요한 실정이다.

본 연구에서는 앞에서 언급한 문제를 해결하기 위한 방법으로, 제안된 DC Magnetron sputtering 방법을 이용하여 100 °C 저온에서 AZO 박막을 제작 한 뒤, 400 °C 고온에서 1시간 동안 분위기 후열처리 공정을 실시하였고, 저온에서 증착된 AZO 박막과 고온에서 증착된 AZO 박막의 구조적, 전기적 특성을 비교 분석하였다.

2. 실험

본 연구에서는 DC Magnetron sputtering법을 이용하여 AZO 박막을 제작하였다. 표 1은 AZO 박막을 증착하기

위한 스퍼터링 조건을 나타낸 것이다. 사용된 타겟은 Al_2O_3 가 2 wt% 첨가된 ZnO 세라믹 타겟을 사용하였고, 증착에 사용된 기판은 Si 기판과 유리기판(Corning 1737)을 사용하였다. 초기 진공도는 8×10^{-6} Torr, 작업진공도는 15 mTorr, DC power는 40 W로 하였다. 기판온도는 100, 400 °C로 하였으며, 분위기 가스는 Ar 60 sccm으로 1시간 동안 증착을 실시하였다. 증착된 AZO 박막의 결정성 및 전기적 특성을 향상시키고, 표면 Textured 구조를 관찰하기 위해서 진공 및 Ar 분위기 400 °C에서 1시간동안 후열처리를 실시하였다. 그리고 0.5 %의 HCL에 2초간 습식 에칭하여 AZO 박막의 표면구조를 관찰하였다.

증착된 AZO 박막의 결정구조 분석은 XRD(X-Ray Diffraction) 장비를 사용하였으며, 표면 분석은 FE-SEM 장비를 사용하여 분석하였다. 전기적 특성은 홀 효과 측정장비를(HMS-3000) 이용하여 ZnO:Al 박막의 비저항, 홀이동도, 캐리어농도를 측정하였다.

표 1. AZO 박막 증착 및 후열처리 조건.

	파라미터	공정조건
증착	타겟	ZnO:Al(Al_2O_3 2 wt%)
	기판	Si, glass(corning 1737)
	초기압력	8×10^{-6} Torr
	작업압력	15 mTorr
	DC power	40 W
	기판온도	100, 400 °C
	증착시간	1 hr
	pre-스퍼터링	10 min
후열처리	분위기	Vaccum, Ar
	온도	400 °C
	시간	1 hr

3. 결과 및 고찰

그림 1은 분위기 후열처리 전의 AZO 박막과 후열처리 후의 AZO 박막의 XRD 패턴을 보여주고 있다. 모든 AZO 박막에서 (002) ZnO Peak를 나타내고 있으며, 이러한 결과로 증착된 AZO 박막은 기판에 수직방향으로 C-축 성장하고 있음을 알 수 있다. 열처리 전보다 열처리 후에 Peak 강도가 증가하였고, 분위기 후열처리 후에 (002)면의 결정 배향성이 증가한 것은 결정 성장에 필요한 열에너지의 증가에 의한 것이라고 판단된다[2].

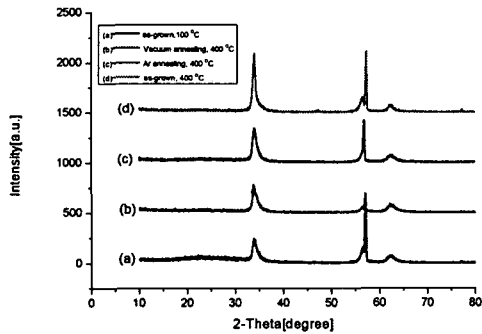


그림 1. 후열처리 전·후의 AZO 박막의 XRD 패턴.

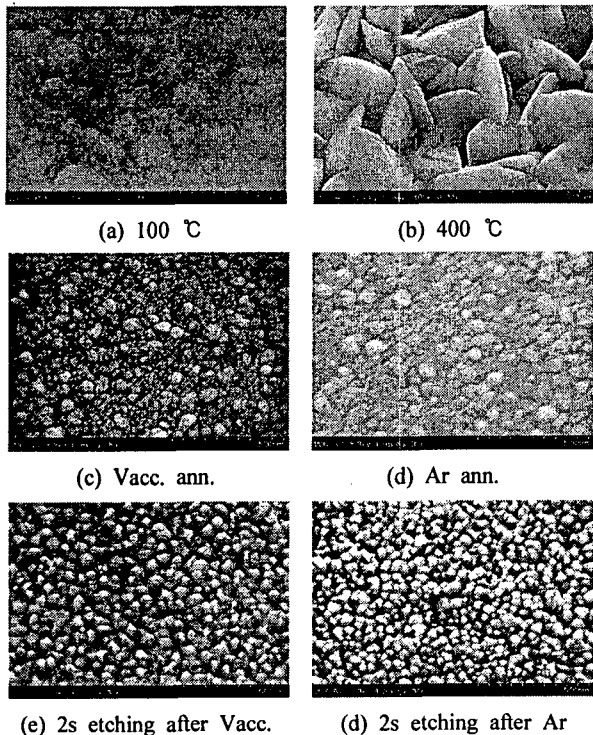


그림 2. 분위기 후열처리에 따른 에칭 전·후 AZO 박막의 표면특성.

그림 2은 분위기 후열처리에 따른 AZO 박막의 표면특성과 열처리 후에 2초간 습식에칭된 AZO 박막의 표면

SEM 사진이다. DC 스퍼터링법으로, 저온에서 증착된 AZO 박막의 표면은 스무스하나, 온도가 올라감에 따라 표면의 러프니스가 생겼으며, 400 °C의 경우에는 자연스럽게 Textured 구조형태가 생겼다. 분위기 후열처리 후에 결정립의 크기가 증가하였고, 열처리 후 HCl 0.5 %에 2초간 습식식각함에 따라 AZO 박막의 표면 러프니스가 증가하였고, AZO 박막의 표면구조가 textured 구조화되는 것을 확인하였다. 이는 향후 수·발광소자에 적용 시 효율의 향상을 기대할 수 있다.

표 2는 분위기 후열처리 전·후 AZO 박막의 전기적 특성 결과를 나타내었다. 후열처리 전 AZO 박막의 비저항은 $1.1 \times 10^{-1} \Omega\text{cm}$ 이고, 후열처리 후 AZO 박막은 Ar 분위기 일 때 1.6×10^{-2} 으로 가장 낮았으며, 이는 온도 증가에 의한 캐리어농도 증가와 SEM에서 나타난 결정립 크기의 증가에 의한 것으로 판단된다.

표 2. 후열처리 전·후의 AZO 박막의 전기적 특성.

	비저항 [Ωcm]	캐리어농도 [cm^{-3}]	이동도 [cm^2/Vs]
100 °C	1.1×10^{-1}	2.17×10^{18}	2.5×10^1
400 °C	1.2×10^{-2}	1.29×10^{20}	3.99
vacc. ann.	5.5×10^{-2}	4.41×10^{19}	2.53
Ar ann.	1.6×10^{-2}	7.96×10^{19}	4.86

4. 결론

본 연구에서는 DC Magnetron Sputtering법을 이용하여 저온에서 AZO 박막을 제조하고, 400 °C에서 분위기 후열처리공정을 실시하였다. XRD 분석 결과, AZO 박막은 (002) 면으로 우선 배향되었고, Ar 분위기 후 열처리일 때 가장 뛰어난 C-축 배향성 특성을 나타내었으며, 1.6×10^{-2} 의 낮은 비저항 특성을 나타내었다. 분위기 후열처리 후 습식에칭된 AZO 박막 표면에서 Textured 구조를 확인하였으며, 수·발광소자 제조공정의 저온증착 요건을 충족시키면서도 AZO의 전기적·광학적 특성을 기대할 수 있다.

감사의 글

본 연구는 중소기업청에서 지원하는 산학연협력 기업부설연구소설치지원사업의 연구결과로 수행되었음.

참고 문헌

- [1] 김경민, 김덕규, 오상현, 박춘배, "LED 적용을 위한 AZO 투명전도 박막의 표면 texture 구조분석", 전기전자재료학회 2006 하계학술대회논문집, p.103, 2006.
- [2] 고석배, 최문순, 고희덕, 이충선, 태원필, 서수정, 김용성, "졸-겔법에 의해 제조된 Al-Doped ZnO 박막의 후열처리 온도에 따른 전기 및 광학적 특성", Journal of the Korean Ceramic Society, Vol. 41, No. 10, p. 742, 2004.