Al 첨가량 및 기판온도가 AZO박막의 전기적 특성 및 미세구조에 미치는 영향
Effects of substrate temperature and Al concentration on electrical properties and microstructure of AZO films

박상은[1], 이정철[1], 이진호[2], 이윤규[2], 송풍근[1*]
(1) 부산대학교, 재료공학과
(2) 삼성코닝(주)

초 록 : DC magnetron sputtering법을 이용하여 다양한 Al_2O_3 함량비(1, 2, 3 wt%)를 가진 고밀도 세라믹 타겟을 사용하여 기판온도 RT~300℃에서 AZO박막을 제작하였다. Al_2O_3함량 및 기판온도의 증가에 따라 AZO박막의 결정성은 향상됨을 확인할 수 있었다. 결과적으로 기판온도 300℃에서 Al_2O_3: 3 wt%를 함유한 AZO 타겟을 사용하여 증착한 AZO박막은 가시광 영역에서 85%이상의 높은 투과율과 $7.8\times10^{-4}\Omega$cm의 비저항 값을 나타내었다.

1. 서 론

TCO(Transparent Conducting Oxide)박막은 높은 광 투과도와 낮은 비저항을 가지기 때문에, 광소자 재료로서 평판 디스플레이와 태양전지의 투명전극으로 널리 사용되고 있다. Zinc Oxide (ZnO)는 Ⅱ-Ⅵ족 화합물로서 상온에서 3.37 eV의 넓은 밴드갭 에너지를 가지며 또한 가시광선영역에서 높은 광 투과도를 가진다.[1] 낮은 비저항과 높은 투과율을 가지는 TCO 박막을 제작하기위해 ZnO에 Al, Ga, In, Sn등의 금속 불순물을 도핑 하여 증착한 TCO 박막연구가 진행되어져 왔다.[2] 또한 낮은 공정온도에서 제작이 가능하며 원재료 가격이 저렴하기 때문에 디스플레이용의 투명전극과 열선 차단유리용 재료로서 ITO를 대체할 물질로 각광받고 있다. ZnO 박막은 일반적으로 마그네트론 스퍼터링, Sol-Gel Process, EB Eyaporation, Chemical-Vapor Deposition (CVD) 등에 의해 제작되어진다. 이런 방법들 중 마그네트론 스퍼터링법은 높은 증착율과 대 면적의 균일한 증착이 가능하여 선호되어 지고 있다.[3] 본 연구에서는 DC 마그네트론 스퍼터링법으로 다양한 Al_2O_3 함량비를 가지는 AZO 타겟을 사용하여 증착한 AZO 박막에 대하여 증착중의 기판온도가 박막의 미세구조 및 전기적 특성에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 본 론

2.1 실험 방법

공정변수	조건
Target	AZO (Al_2O_3:1, 2, 3 wt%)
DC Power	80 W
Base pressure	1 x 10^{-3} pa
Working pressure	0.45 pa
Sputtering gas	Ar (60 sccm)
Substrate temperature	RT

표 1. 스퍼터링 조건.

표 1은 AZO 박막의 증착 조건을 나타내었다. 타겟으로는 Al_2O_3 함량이 1, 2, 3wt%인 직경 3인치 크기의 고밀도 소결 AZO타겟을 사용하였다. 기판으로는 non-alkali glass를 사용하였으며, 기판온도는 RT, 200℃,300℃로 변화 시켰다. 박막의 두께는 Daktak[3]를 이용하여 평가하였으며, 박막의 전기적 특성 및 미세구조는 Hall effect measurement (HMS-3000, ECOPIA), XRD (X'pert-PW-3040, PHILIPS) 및 AFM (XEI 100)를 사용하여 평가하였다. 또한 광학적 특성은 UV-Vis (Biochrom ultrospec 330)을 사용하여 투과도를 측정 하였다.

2.2. Al_2O_3 함량과 기판온도에 따른 미세구조

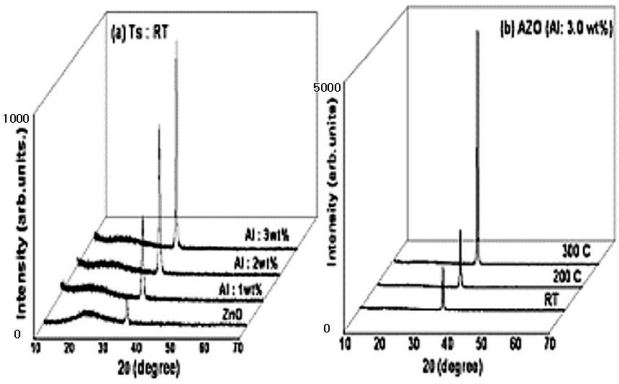

그림 1. (a) Al_2O_3 함량 및 (b) 기판온도에 따른 AZO박막의 XRD패턴

그림1.의 (a)Al_2O_3 함량비가 다른 AZO 타겟을 사용하여 기판가열 없이 증착한 AZO 박막과 (b) 이들 중 상대적으로 높은 결정성을 나타낸 AZO(Al_2O_3: 3wt%) 타겟을 사용하여 다른 기판온도에서 증착한 AZO 박막의 XRD 패턴을 나타내었다.

상온에서 증착한 AZO박막의 경우 타겟의 Al_2O_3 함량이 증가 될수록 박막의 결정성은 증가함을 보였으며, Scherrer's methode에 의해 결정입자크기를 계산한 결과,[4] Al_2O_3함량이 3wt%일 때 결정입자의 크기는 25.1 nm로서 비교적 큰 값을 나타내었다. 또한 기판온도 200℃, 300℃에서 증착한 AZO 박막의 결정 입자크기는 각각 26.8 nm, 33.2 nm로서 기판도가 증가 할수록 성장 중인 박막표면에서 스퍼터원자들의 표면 확산이 촉진되어 박막의 결정성은 현저하게 증가함을 알 수 있었다.[5]

2.3. 기판온도에 따른 표면 형상

Al_2O_3함량이 3wt%인 타겟을 사용하여 다른 기판온도에서

증착된 AZO 박막의 AFM 표면 형상과 표면 조도 (R_a) 값을 측정하여 그림2.에 나타내었다.

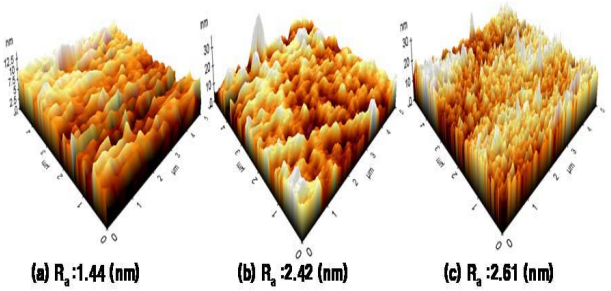

그림2. AZO(Al_2O_3: 3wt%)박막의 기판온도에 따른 표면 형상 (a) RT, (b)200℃, (c)300℃

상온에서 증착한 AZO 박막의 경우 R_a값이 1.44 nm를 나타냈으나, 기판온도가 증가함에 따라 R_a값은 200℃ 및 300℃에 대하여 2.42nm 및 2.61nm로 증가하였다. 결과적으로 기판온도의 증가에 의해 스퍼터원자들의 표면 확산이 촉진되어 치밀한 구조의 박막이 형성됨을 확인 할 수 있었다. 이 결과는 앞선 XRD결과에서 기판온도 300℃에서 증착한 AZO(Al_2O_3:3 wt%)박막의 결정성이 상대적으로 우수한 것으로 나타났으므로, XRD 측정결과와 AFM 측정결과가 상응하는 결과임을 알 수 있었다.

2.4. AZO박막의 전기적 특성

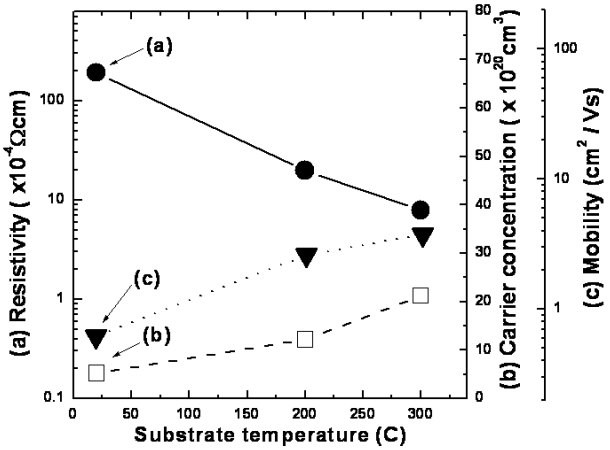

그림4. 기판온도에 따른 AZO박막의 (a)비저항, (b)이동도 (c)캐리어밀도

Al_2O_3: 3wt%를 함유한 AZO타겟을 사용하여 기판온도를 변화시켜 증착한 AZO박막의 비저항, 캐리어농도 및 이동도를 그림4에 나타내었다. 기판온도가 증가함에 따라 AZO(Al_2O_3: 3wt%) 박막의 비저항은 감소하였으며, 이것은 캐리어 밀도와 이동도의 증가에 기인함을 알 수 있었다. 또한 캐리어밀도 및 이동도의 증가는 앞의 XRD분석 결과를 근거로 AZO박막의 결정성의 증가에 의한 것으로 생각된다. 즉, 캐리어밀도의 증가는 불순물 Al원자의 도핑효율의 증가, 그리고 이동도의 증가는 입계산란의 감소에 기인한다고 생각되어진다. 결과적으로 기판온도 300℃에서 증착한 AZO박막은 7.8×10^{-4} Ωcm의 비저항을 나타내었으며, 이때의 캐리어밀도 및 홀이동도는 각각 3.7 $\times10^{20}$ cm^3 및 21.1 cm^2/Vs 값을 나타내었다.

3. 결 론

DC 마그네트론 스퍼터링법으로 AZO박막을 Al_2O_3함량과 기판온도(RT~300℃)를 변화시켜 AZO 박막의 구조적 특성과 그에 따른 전기적 특성을 조사하였다. Al의 함량 및 기판온도의 증가에 따라 AZO 박막의 비저항은 감소하는 경향을 보였으며, 기판온도 300℃에서 Al_2O_3: 3 wt%를 함유한 AZO타겟을 사용하여 증착한 AZO박막에서 가장 낮은 비저항 (7.8×10^{-4} Ωcm)을 얻을 수 있었으며, 이것은 박막의 결정성의 증가에 따른 캐리어밀도의 증가 및 홀이동도의 증가에 기인한다고 생각되어진다.

감 사 의 글

본 연구는 National Core Research Center의 사업 MOST /KOSEF (R15-2006-022-01001-0)과 삼성코닝(주)의 지원으로 이루어졌습니다.

참 고 문 헌

[1] Yeon-Keon Moon, "Influence of Plasma Discharge Power on the Electrical and Optical Properties of Aluminum Doped Zinc Oxide Thin Films", 한국재료학회, 16, 6, (2006)
[2] Akio Kuroyanagi, "Properties of Aluminum-doped ZnO Thin Films Growth by Electron Beam Evaporation", Jpn. J. Appl. Phys, 28, 219-222, (1989)
[3] Pung Keun Song, "Electrical and Structural Properties of Tin-Doped Indium Oxide Films Deposited by DC Sputtering at Room Temperature", Jpn. J. Appl. Phys, 38, 2921-2927, (1999)
[4]. S. J. Henley, "The growth of transparent conducting ZnO films by plused laser ablation", Surface and Coatings Technology 177-178, 271-276, (2004)
[5] 박이섭, "DC 마그네트론 스퍼터링에 의해 증착한 AZO 박막의 특성", 한국표면공학회, 40, 107, (2007)