

DC 마그네트론 스퍼터링법에 의한 대면적 투명전도성 ZnO(Al)와 ZnO(AlGa) 박막제조 및 물리적 특성 연구

손영호^a · 최승훈^a · 박종진^a · 정명효^a · 허영준^b · 김인수^{b*}

^a(주)유시스텍 기술연구소, 포항 790-834

^b경운대학교 신소재에너지학과, 구미 730-739

(2013년 3월 7일 받음, 2013년 5월 13일 수정, 2013년 5월 14일 확정)

In-line magnetron sputtering system을 사용하여 대면적(60×60 cm²) 소다라임 유리기판위에 투명전도성 ZnO(Al)와 ZnO(AlGa) 박막을 500 nm에서 1,450 nm까지 두께별로 증착하여 전기적, 광학적 특성을 연구하였다. XRD를 통해 c-축 방향성 (002)을 가지고 성장된 것을 확인 하였다. Hall 특성 분석을 통해 이동도 및 캐리어 농도의 특성을 확인 하였으며, 그에 따른 ZnO(AlGa)의 비저항이 9.03×10⁻⁴ Ω·cm에서 7.83×10⁻⁴ Ω·cm으로 ZnO(Al) 보다 높게 나타났으며, 가시광선 영역에서 투과율은 87.6%에서 84.3%로 나타났다. 따라서 ZnO(AlGa)는 전기적 특성이 우수하고 높은 투과율로 대면적용 투명전도성 재료로의 활용에 적합한 특성을 지닌 것을 확인 할 수 있었다.

주제어 : ZnO(Al), ZnO(AlGa), 투명전도성산화물, 스퍼터, In-line magnetron sputtering system

I. 서 론

투명 전도성 산화물(TCO, transparent conductive oxide)는 TFT-LCD, PDP, OLED와 같은 평면디스플레이와 태양전지와 같은 다양한 투명전자소자에 사용되기 때문에 많은 관심을 받고 있다 [1]. 일반적으로 투명전도성 산화물은 가시광선 영역에서 높은 투과율(80% 이상)과 낮은 전기저항성(1×10⁻³ Ω·cm)을 가져야 한다. 가장 대표적인 재료인 ITO (indium tin oxide)는 높은 투과율(90%)과 낮은 전기저항성(2×10⁻⁴ Ω·cm), 높은 일함수(4.8 eV)로 인해 주로 사용되어진다 [2]. 하지만, ITO 사용량 증가는 ITO 주성분인 인듐의 수요 증가를 이끌어 인듐 가격의 상승을 일으켰으며, 향후 한정된 인듐자원으로 인해 인듐 부족이 예상되어지고 또한 ITO의 장기 사용 시 독성으로 인한 환경적인 문제 대두되고 있어 ITO 대체재 확보의 필요성이 증가되고 있다 [3]. 이러한 ITO 대체재로서의 TCO 물질로 국내외에서 Zn, Sn, In, Ti, Ce 등 여러 가지 산화물을 다양한 공정으로 이용하는 연구가 진행되고 있다 [4]. 이러한 대체물질의 하나로 불순물을 도핑한 ZnO는 저비용과 무독성, 그리고 높은 화학적 안정성을 가지므로 ITO의

대체 물질로 주목 받고 있다 [5]. ZnO는 3.4eV 근처의 band gap을 갖는 전형적인 n-type 반도체로서 광전 소자로 사용하기 위한 투명 전도성 산화물로 많은 장점을 가지고 있다 [6]. 진성 ZnO의 전기적인 성질은 거의 부도체에 가깝기 때문에 전도성을 부여하기 위한 별도의 공정이 필요한데, 3족 원소인 Al, Ga, In, B 등의 불순물의 도핑으로 전하 농도 및 전기 전도도, 투과율 성질을 조절하여 우수한 전기적 및 광학적 특성을 가질게 할 뿐 아니라, 도핑의 조건에 따라서 그러한 특성의 조절이 용이하고, 환경적으로도 안정적인 n-type ZnO를 만들 수 있으며, 특히 Al 또는 Ga이 도핑된 ZnO는 우수한 비저항, 저가격으로 인해 많이 사용 및 연구되고 있다 [7-11]. Ga이 도핑된 경우 Al 도핑에 비해 산화에 대한 저항이 강하고, Ga-O 결합이 Zn-O 결합보다 결합간격이 가깝기 때문에 결합 발생이 적다는 장점이 보고되고 있다 [7,10,12].

본 연구에서는 In-line magnetron sputtering system에서 ZnO에 2 wt% Al을 도핑한 ZnO(Al)와 ZnO에 1 wt% Al, Ga 1 wt%를 도핑한 ZnO(AlGa)을 타겟 물질로 사용하여, 대면적(60×60 cm²) 소다라임 유리기판 위에 ZnO(Al) 박막 및 ZnO(AlGa) 박막을 각각 제작하였다. 제작된 박막은 결정성

* [전자우편] iskim@ikw.ac.kr

및 전기적, 광학적 특성에 중점에 두어 비교 연구하였다.

II. 실험방법

본 논문의 실험에서 사용된 기판은 소다라임유리(soda lime glass)로 60×60 cm² 크기에 3 mm 두께를 사용하였고, 표면의 불순물 제거를 위하여 아세톤, 에탄올 및 deionized water를 사용한 초음파 세척으로 전처리 과정을 거쳤다.

Fig. 1은 본 연구에서 ZnO 투명전도막 제작에 사용된 In-line magnetron sputtering system의 개략도를 나타낸 것이다. ZnO(Al)와 ZnO(AlGa) 박막의 증착은 In-line magnetron sputtering system (Yusystech Co. Ltd.) 내에 장착되어 있는 DC 마그네트론 스퍼터링 장치를 사용하였다 [13]. 스퍼터링에 사용한 타겟 물질은 ZnO에 Al을 2% 도핑된 ZnO(Al)와 ZnO에 Al 1%, Ga 1% 도핑된 ZnO(AlGa)으로 순도 99.99%으로 1,100×120 mm²을 크기를 사용하였고, 기판과 타겟 간의 거리는 85 mm로 고정하였다. 박막 제조 시 외부로부터 오염을 최대한 줄이기 위해 로터리 펌프(rotary pump), 부스터 펌프(booster pump), 터버분자 펌프(turbo molecular pump)를 이용하여 챔버(chamber) 내의 초기 진공도(base pressure)를 8.0×10⁻⁷ Torr 이하로 압력을 최소화함으로써 오염가능성을 줄였다.

증착 공정압력은 순도 99.995% 이상의 Ar, O₂ 가스를 MFC (mass flow controller)를 사용하여, 각각 Ar 80 sccm, O₂ 1.0 sccm 로 주입하여 챔버 내의 증착 공정압력을 1.0 mTorr로 제어 하였다. 기판온도는 챔버 내의 시스 히터 (sheath heater)을 이용하여, 기판온도가 160°C로 안정화

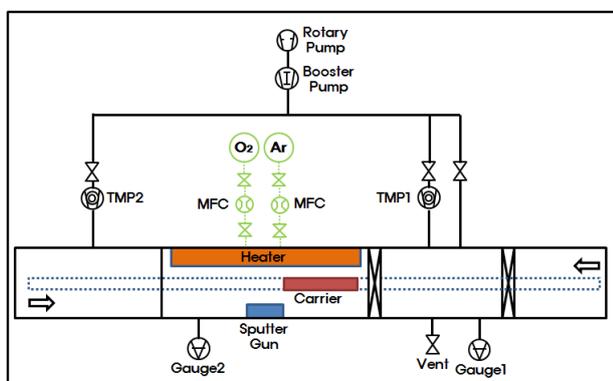


Figure 1. Schematic diagram of In-line magnetron sputtering system.

될 때까지 충분한 시간을 두어 제어 하였다. DC 스퍼터 건 (sputter gun)의 제어는 재현성 있는 테스트를 위하여 파워(power, W) 제어 방법을 사용하였고, 파워는 5 kW로 고정 하였다. 균일한 박막 형성과 두께를 얻기 위해 기판 운송 장치(carrier)의 이동속도 800 mm/min로 고정하여, 원하는 박막두께가 형성될 때까지 반복(scan repeat) 하였다. Table 1에 ZnO(Al)와 ZnO(AlGa) 박막의 증착 공정조건에 대해 정리하여 나타내었다.

박막의 결정성 및 결정입자 크기를 확인하기 위해 X선 회절 장치(X-Ray Diffractometer, XRD; PANalytical, X'Pert PRO, Wavelength: Cu 1.54 Å)를 사용하여 분석 하였다. 또한 전계방출주사전자현미경(Field Emission Scanning Electron Microscope, FESEM; Hitachi, S-4800)을 사용하여 박막의 결정입자의 형태와 크기, 성장형태를 확인하였고, 각 박막의 증착두께를 측정하였다.

전기적 특성 연구로 Hall measurement system (Ecopia, HMS-5,000)을 이용하여 박막의 전자 이동도, 캐리어 농도를 측정 및 분석하였고, 4-point probe (Dasol eng, FPP-2,000)를 사용하여 측정된 면저항(sheet resistance) 값과 두께 값을 이용하여 박막의 비저항(resistivity)을 구 하였다. 또한 광학적 특성을 확인하기 위해 UV/Vis-NIR Spectrophotometer (Agilent technology, Cray5,000)을 이용하여 투과율을 측정 및 비교 분석하였다.

III. 결과 및 고찰

Fig. 2는 1,450 nm로 증착된 ZnO(Al)와 ZnO(AlGa) 박

Table 1. Experimental conditions for the deposition of ZnO(Al) and ZnO(AlGa).

Parameters	Value
Substrate	Soda lime glass (600×600×3 mm ³)
Target size	1,100×200 mm ²
Ar, O ₂ gas flow	80 sccm, 1.0 sccm
Base pressure	8.0×10 ⁻⁷ Torr
Working pressure	1×10 ⁻³ Torr
Temperature	160°C
Sputter gun power	5 kW
Thickness	500 nm, 700 nm, 1,000 nm, 1,200 nm, 1,450 nm

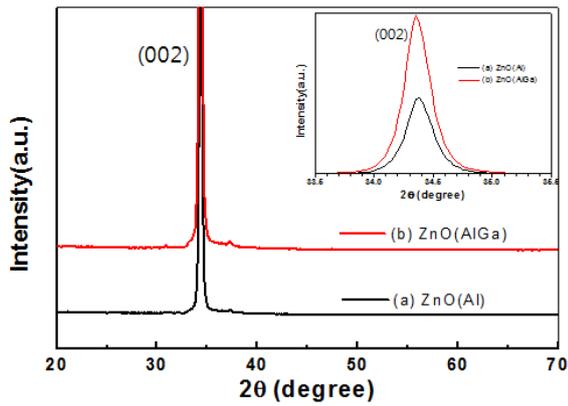


Figure 2. XRD diffraction patterns of (a) ZnO(Al) film and (b) ZnO(AlGa) film deposited at same condition.

막의 XRD 패턴을 보여준다. XRD 패턴에서 두 박막의 주 피크(main peak)가 (002) 방향성을 가지므로 기판에서 수직 방향인 c-축 방향성을 가지고 성장한 것을 알 수 있었다. 아래의 Scherer식을 이용하여 두 박막의 결정립 크기 (t)를 각각 구하였다.

$$t = \frac{0.9\lambda}{B\cos\theta}$$

위의 식에서 λ 는 X-선의 파장, θ 는 회절각, B는 반치폭 (full width half maximum, FWHM)을 나타낸다. XRD의 X-선의 파장은 1.54 Å로 사용하였고, ZnO(Al)와 ZnO(AlGa)의 반치폭은 각각 0.135°와 0.125°로 측정되었다. 위의 식에 의해 계산된 ZnO(Al)와 ZnO(AlGa)의 결정립 크기는 각각 56.2 nm와 60.69 nm로 보이고 있다. 이는 Ga^{3+} , Al^{3+} 및 Zn^{2+} 의 이온반경이 각각 0.062 nm, 0.051 nm, 0.074 nm으로 Ga^{3+} 의 이온반경이 Al^{3+} 이온반경 보다 크고, 상대적으로 Zn^{2+} 이온반경과 근사한 값을 가지기 때문에 Al^{3+} 보다 용이하게 치환고용이 발생된다 [14]. 따라서 우선적으로 Ga^{3+} 과 Zn^{2+} 사이의 치환고용이 발생된 다음에 Al^{3+} 과 Zn^{2+} 사이의 치환고용이 나타나면서 stoichiometric ratio가 증가하게 되어 ZnO(AlGa)의 결정립 크기가 ZnO(Al)에 비해 크게 성장된 것으로 사료된다 [15].

Fig. 3은 SEM을 이용하여 동일한 공정 조건에서 두께에 따라 증착된 (a) ZnO(Al)와 (b) ZnO(AlGa) 박막의 표면 나타난 사진이다. 각각의 박막의 두께는 SEM 단면을 통해 확인 하였다. 이 결과에서 (a) ZnO(Al), (b) ZnO(AlGa) 박막 모두 두께가 증가할수록 결정립 크기가 증가하는 것을 확

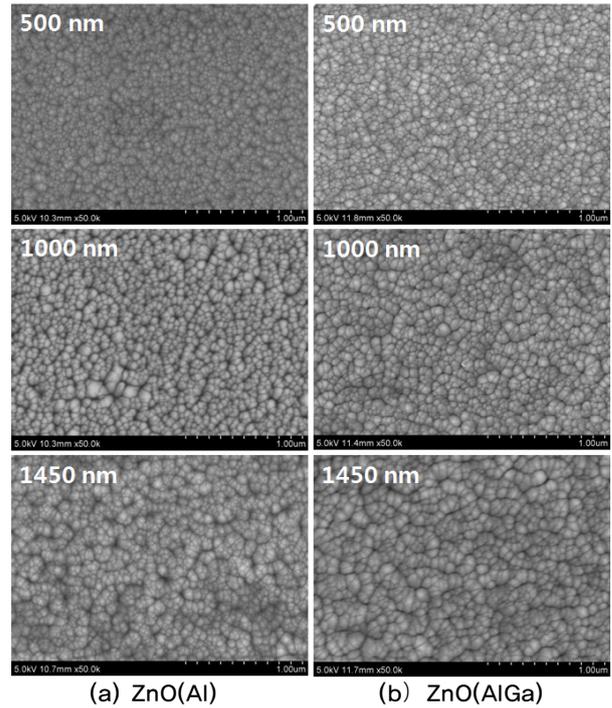


Figure 3. SEM morphologies of (a) ZnO(Al) films and (b) ZnO(AlGa) films deposited at different thickness.

인할 수 있었다. 이것은 박막의 두께가 증가할수록 결정립이 증가하는 일반적인 박막의 성장 특성과 그 경향이 같다. SEM 표면 사진에서 같은 두께일 때 (b) ZnO(AlGa) 결정립 크기가 (a) ZnO(Al)에 비해 상대적으로 미세하게 큰 것을 확인할 수 있었는데, 이것은 앞의 XRD 결과에서의 결정립 크기 계산과 그 경향이 일치한다. 그리고 (a) ZnO(Al) 박막에 비해 (b) ZnO(AlGa) 박막이 결정립 사이의 공극이 적으면서 조밀한 구조의 박막이 형성된 것을 확인할 수 있었다. 이는 ZnO에 Ga이 도핑되면 Ga^{+3} 이 Zn^{+2} 로 치환되면서 Ga-O (0.192 nm)결합이 발생되는데, 이것은 Zn-O (0.197 nm)보다 결합길이가 짧다 [7]. 따라서 박막이 조밀해지고 산소공공이 적어지므로 박막 내에 결함이 적어진 것으로 사료된다.

Fig. 4는 동일한 공정 조건에서 증착된 (a) ZnO(Al)와 (b) ZnO(AlGa) 박막의 두께에 따른 이동도의 측정 결과를 나타낸 것이다. (a) ZnO(Al)은 박막의 두께가 500 nm에서 1,450 nm로 증가 할 때 이동도는 $15.06 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 에서 $20.56 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 로 증가되었으며, (b) ZnO(AlGa) 박막의 두께가 500 nm에서 1,450 nm로 증가 할 때 이동도는 $19.52 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 에서 $22.51 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 로 증가되어 나타났다. 두 박막 모두

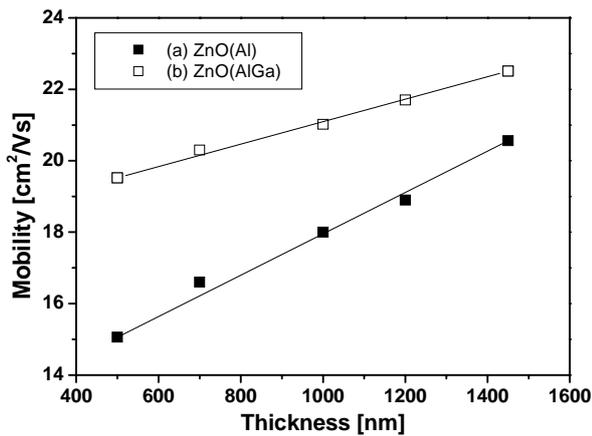


Figure 4. Mobility of (a) ZnO(Al) film and (b) ZnO(AlGa) film deposited at same condition.

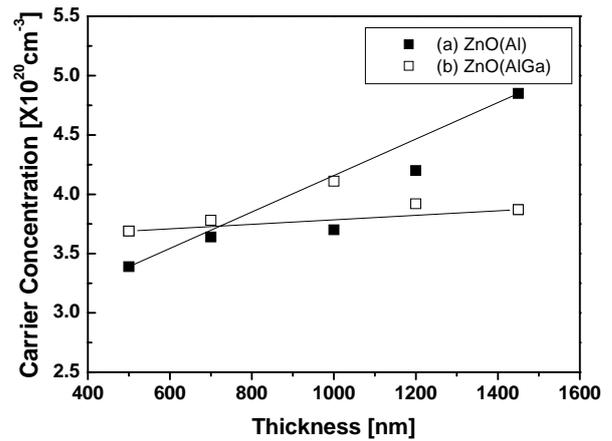


Figure 5. Carrier concentration of (a) ZnO(Al) film and (b) ZnO(AlGa) film deposited at same condition.

두께가 증가할수록 이동도도 증가하는 경향을 가진다는 것을 확인할 수 있는데, 이는 박막의 두께가 증가함에 따라 결정립 산란이 줄어들 뿐만 아니라 캐리어 수명이 연장되기 때문이다 [16]. 또한, (a) ZnO(Al) 박막 보다 (b) ZnO(AlGa) 박막의 이동도 특성이 전체적으로 증가되어 이동도 특성이 개선된 것을 확인할 수 있다. 이는 Ga의 도핑으로 인해 결정립 크기가 증가하면서 결정립계가 줄어들고 공극 또한 감소하게 되고, 상대적으로 표면적 또한 줄어들어 산소의 흡착이 줄어들면서 박막 내 결함 감소되어 이동도가 증가한 것으로 사료된다 [3,17].

Fig. 5는 동일한 공정 조건에서 증착된 (a) ZnO(Al)와 (b) ZnO(AlGa) 박막의 두께에 따른 캐리어 농도의 측정 결과를 나타낸 것이다. (a) ZnO(Al) 박막의 두께가 500 nm에서 1,450 nm로 증가 할 때 캐리어 농도는 $3.39 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 에서 $4.85 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 로 증가되었다. 이는 투명전도성 박막의 경우 두께 증가에 따른 캐리어 농도의 변화가 증가한다는 연구와 일치하는 경향을 보이고 있다 [18]. 반면, (b) ZnO(AlGa) 박막의 두께가 500 nm에서 1,450 nm로 증가 할 때 캐리어 농도는 $3.69 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 에서 $3.87 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 으로 변화 폭이 작으면서 전체적으로 안정화 되는 경향을 보이고 있다. 이것은 Ga^{3+} 이온은 높은 ionic potential(+3) 최외각 전자 수와 작은 이온 반지름을 가지고 있어 산소 이온을 강하게 끌어당기기 때문에 박막 내 산소 결핍을 억제하고 산소 공공으로 인한 캐리어 생성을 감소시켜 [19], 박막이 두꺼워짐에 따라 증가하는 캐리어 농도가 Ga 첨가로 인하여 캐리어의 생성이 억제 되어 졌다고 짐작

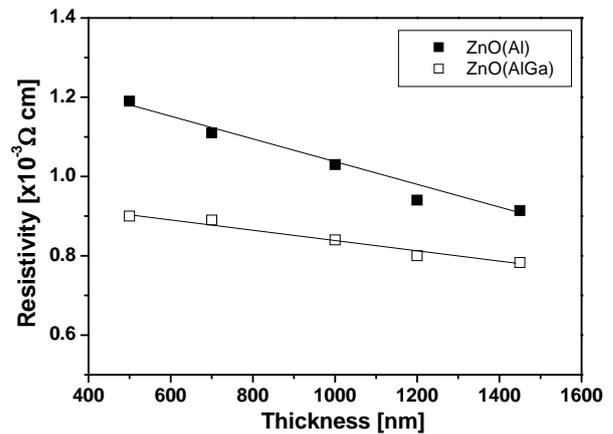


Figure 6. Resistivity of (a) ZnO(Al) film and (b) ZnO(AlGa) film deposited at same condition.

할 수 있다. 이는 Ga을 도핑한 ZnO 박막의 경우 박막의 두께가 대략 400 nm 이상일 때 캐리어 농도가 안정화 되는 경향을 보인다는 연구 결과와 유사하다 [16].

Fig. 6은 증착된 (a) ZnO(Al)와 (b) ZnO(AlGa) 박막의 두께에 따라 구해진 비저항 특성 결과를 나타낸 것이다. 대면적($60 \times 60 \text{ cm}^2$)으로 증착된 ZnO(Al) 박막과 ZnO(AlGa) 박막을 각각 4-point probe로 측정한 면저항 평균값과 박막의 두께 값을 이용하여 비저항을 구하였다. (a) ZnO(Al) 박막은 두께 500 nm에서 1,450 nm로 증가 할 때, 비저항 값은 $1.19 \times 10^{-3} \Omega \cdot \text{cm}$ 에서 $9.14 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 으로 감소하였고, (b) ZnO(AlGa) 박막은 두께 500 nm에서 1,450 nm로 증가할 때 비저항 값이 $9.03 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 에서

$7.83 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 으로 감소하여 나타났다. 두 박막 모두 두께가 증가할수록 비저항 값이 감소하는 경향은 같았지만, (a) ZnO(Al) 박막 비해 (b) ZnO(AlGa) 박막의 비저항 값이 더 낮게 나타났다. 따라서 ZnO(AlGa) 박막의 전기적 특성이 상대적으로 우수한 것을 알 수 있었다. 이는 ZnO(AlGa) 박막의 비저항이 Ga 도핑으로 두께에 따라 안정화된 캐리어 농도 보다는 상대적으로 증가된 이동도에 더 영향을 받은 것으로 판단된다. 따라서 Ga 도핑의 조절로 고 이동도 특성을 가지는 박막이 제조 가능하고 이를 통해 우수한 전기적 특성을 가지는 ZnO 기반의 대면적 투명전도성 박막이 제조가 가능할 것으로 사료된다.

Fig. 7은 증착된 (a) ZnO(Al)와 (b) ZnO(AlGa) 박막의 두께에 따른 투과율 측정 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

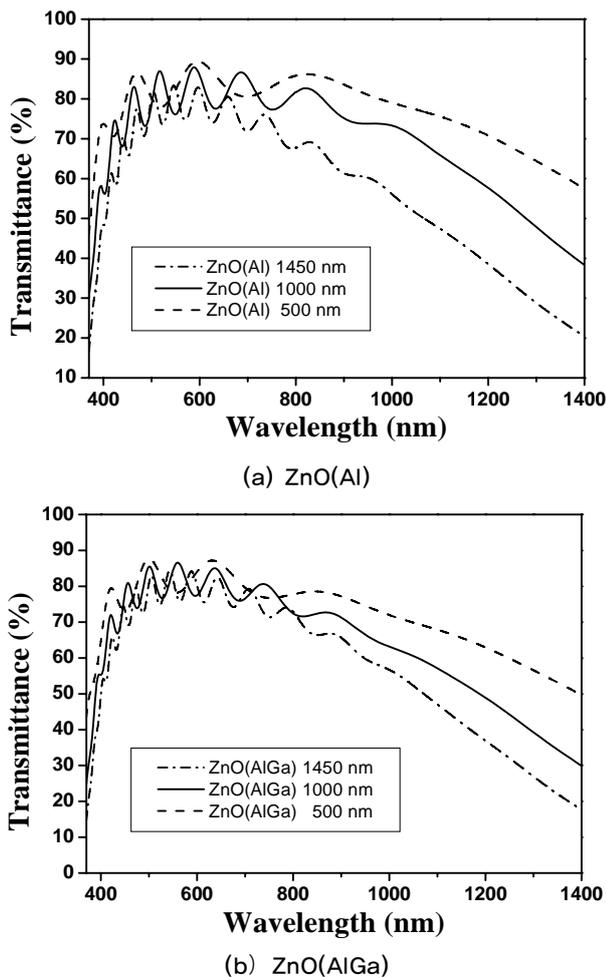


Figure 7. Optical transmittance of (a) ZnO(Al) film and (b) ZnO(AlGa) film deposited at same condition.

(a) ZnO(Al) 박막의 두께가 500 nm에서 1,450 nm로 증가할 때 가시광선 영역에서 최고 투과율은 89.3% ($\lambda=595$ nm)에서 83.3% ($\lambda=546$ nm)로 감소하였으며, (b) ZnO(AlGa) 박막의 두께가 500 nm에서 1,450 nm로 증가할 때 가시광선 영역에서 최고 투과율은 87.6% ($\lambda=501$ nm)에서 84.3% ($\lambda=543$ nm)으로 감소하였다. 두 박막 모두 두께가 증가하면서 투과율도 감소하였으나, 두께 500 nm, 1,000 nm 일 때는 (a) ZnO(Al)에 비해 (b) ZnO(AlGa)가 투과율이 낮게 나타났고, 두께 1,450 nm 일 때 투과율은 (a) ZnO(Al)에 비해 (b) ZnO(AlGa)가 크게 나타났다. 두 박막 모두 두께 따라 차이는 있지만, 가시광선 영역에서 83.3% 이상의 투과율을 나타내 투명전도성에 부합하는 특성 가지는 것을 확인 하였고, 또한 두께 따른 투과율 변화폭이 (b) ZnO(AlGa) 박막이 작게 나타나 상대적으로 안정성을 가지는 것으로 사료된다.

IV. 결 론

본 연구에서는 In-line magnetron sputtering system에서 ZnO에 2 wt% Al을 도핑한 ZnO(Al)와 ZnO에 1 wt% Al, Ga 1 wt%를 도핑한 ZnO(AlGa)을 타겟 물질로 사용하여 대면적($60 \times 60 \text{ cm}^2$) 소다라임 유리기판 위에 투명전도성 ZnO(Al) 및 ZnO(AlGa) 박막을 제조하여 그 특성이 분석하였다. ZnO(AlGa) 박막의 이동도는 두께가 약 500 nm에서 1,450 nm일 때 $19.52 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 에서 $22.51 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ 으로 나타났고, 캐리어 농도는 $3.69 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 에서 $3.87 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 으로 나타났으며, 이에 따른 비저항은 $9.03 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 에서 $7.83 \times 10^{-4} \Omega \cdot \text{cm}$ 으로 ZnO(Al) 보다 높게 나타났다. 가시광선 영역에서 최고 투과율은 87.6%에서 84.3%으로 얻어졌다. 위의 결과들로 볼 때 ZnO(AlGa) 박막은 전기적 특성이 우수하며 높은 투과율로 인해 차세대 대면적 투명전도성 재료의 활용이 기대된다.

감사의 글

본 연구는 2012년 과학기술연구개발지원사업의 지원을 받아 수행되었음.

참고문헌

- [1] B. G. Lewis and D. C. Paine, MRS Bull **25**, 22 (2000).
- [2] H. L. Harnigel, A. L. Dawar, A. K. Jain, and C. Jagadish, *Semiconducting Transparent Thin Films*, (Institute of Physics Publishing, Bristol and Philadelphia, 1995).
- [3] S. J. Jeong, D. K. Kim, and H. B. Kim, J. Korean Vac. Soc. **21**, 17 (2012).
- [4] J. S. Kim and G. E. Jang, J. KIEEME **23**, 9 (2010).
- [5] T. Minami, S. Suzuki, and T. Miyata, Thin Solid Films **53**, 398 (2001).
- [6] W. Gao and Z. Li, Ceramics International **30**, 1155 (2004).
- [7] V. Assuncao, E. Fortunato, A. Marques, H. Aguas, I. Ferreira, M. E. V. Costa, and R. Martins, Thin Solid Films **427**, 401 (2003).
- [8] Z. F. Liu, F. K. Shan, Y. X. Li, B. C. Shin, and Y. S. Yu, J. Crys. Growth **259**, 130 (2003).
- [9] M. Chen, Z. L. Pei, W. Xi, C. Sun, and L. Wen, J. Mater. Res. **16**, 2118 (2001).
- [10] H. J. Ko, Y. F. Chen, S. K. Hong, H. Wensch, T. Yao, and D. C. Look, Appl. Phys. Lett. **77**, 3761 (2000).
- [11] M. Kon, P. K. Song, Y. Shigesato, P. Frachi, A. Mizukami, and K. Suzuki, J. Appl. Phys. **41**, 814 (2002).
- [12] J. W. Kang, H. W. Kim, and C. M Lee, J. Korean Phys. Soc. **56**, 576 (2010).
- [13] S. H. Choi, J. J. Park, J. O. Yun, Y. H. Hong, and I. S. Kim, J. Korean Vac. Soc. **21**, 142 (2012).
- [14] J. Luo, S. H. Park, and P. K. Song, J. Kor. Inst. Surf. Eng. **42**, 122 (2009).
- [15] D. W. Kang, S. J. Kim, T. H. Moon, H. M. Lee, and M. K. Han, J. Appl. Phys. **49**, 125801 (2010).
- [16] X. Yu, J. Ma, F. Ji, Y. Wang, C. Cheng, and H. Ma, Applied. Surface. Science **245**, 310 (2005).
- [17] Y. Igasaki and H. Kanma, Appl. Surf. Sci. **508**, 169 (2001).
- [18] J. O. Park, J. H. Lee, J. J. Kim, S. H. Cho, and Y. K. Cho, Thin Solid Films **474**, 127 (2005).
- [19] K. Nomura, A. Takagi, T. Kamiya, H. Ohta, M. Hirano, and H. Hosono, J. Appl. Phys. **45**, 4303 (2006).

Fabrication and Study of Transparent Conductive Films ZnO(Al) and ZnO(AlGa) by DC Magnetron Sputtering

Young Ho Son^a, Seung Hoon Choi^a, Joong Jin Park^a,
Myoung Hyo Jung^a, Youngjune Hur^b, and In Soo Kim^{b*}

^aTechnical Research Institute, Yusystech. Co., Ltd., Pohang 790-834

^bDepartment of Material and Energy Engineering, Kyungwoon University, Gumi 730-739

(Received March 7, 2013, Revised May 13, 2013, Accepted May 14, 2013)

In this study, we studied the properties of ZnO(Al) and ZnO(AlGa) thin film according to film thickness deposited on SLG by In-line magnetron sputtering system. XRD, FESEM, 4-point probe, Hall measurement system and UV/Vis-NIR spectrophotometer were employed to analyze the properties of ZnO(Al) and ZnO(AlGa) thin film. The all films exhibited (002) preferential orientation with clear peak shape and high intensity. The carrier concentration and Hall mobility of ZnO(Al) and ZnO(AlGa) thin film were improved with increasing thickness. The resistivity of both films decreased when the film thickness was raised from 500 nm to 1,450 nm. And then relatively the resistivity of ZnO(AlGa) film was lower than that of ZnO(Al) film. The transmittance of the films decreased with increasing film thickness but all films exhibited optical transmittances of over 83.3% in the visible region.

Keywords : ZnO(Al), ZnO(AlGa), TCO, Sputter, In-line magnetron sputtering system

* [E-mail] iskim@ikw.ac.kr