

# 증착두께 및 산소도입속도가 IZO 필름의 전기 및 광학적 특성에 미치는 영향

박성환 · 하기룡<sup>†</sup>

계명대학교 화학공학과  
(2010년 2월 9일 접수, 2010년 3월 2일 채택)

## Effects of Deposition Thickness and Oxygen Introduction Flow Rate on Electrical and Optical Properties of IZO Films

Sung-Hwan Park and KiRyong Ha<sup>†</sup>

Department of Chemical Engineering, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea  
(Received February 9, 2010; Accepted March 2, 2010)

Transparent conducting oxide (TCO) 박막은 평판 디스플레이 산업에 널리 사용되고 있다. 화학적으로 우수한 투명전도성 Indium Zinc Oxide (IZO) 필름은 Indium Tin Oxide (ITO) 필름의 대체 물질로 관심을 끌고 있다. 본 연구에서는 90 : 10 wt%의 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 ZnO를 혼합하여 만든 타겟으로 전자빔 증착법을 이용하여 polynorborene (PNB) 기판 위에 IZO 박막을 제조하였다. UV/Visible spectrophotometer, 4-Point Probe를 이용하여 증착 두께와 산소도입 속도에 따른 IZO 필름의 전기적 및 광학적 특성을 연구하였으며, SEM, XRD 및 XPS를 이용하여 증착된 IZO의 구조적 특성 및 표면조성비를 연구하였다.

Transparent conductive oxide films have been widely used in the field of flat panel display (FPD). Transparent conductive Indium Zinc Oxide (IZO) thin films with excellent chemical stability have attracted much attention as an alternative material for Indium Tin Oxide (ITO) films. In this study, using In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and ZnO powder mixture with a ratio of 90 : 10 wt% as a target, IZO films are prepared on polynorborene (PNB) substrates by electron beam evaporation. The effect of thickness and O<sub>2</sub> introduction flow rate on the optical, electrical, structural properties and surface composition of deposited IZO films were investigated by UV/Visible spectrophotometer, 4-point probe method, SEM, XRD and XPS.

**Keywords:** indium zinc oxide (IZO), polynorborene (PNB), E-beam deposition, transparent conductive oxide (TCO), flexible display

### 1. 서 론

차세대 디스플레이는 컴퓨터, 통신기술, 멀티미디어 기술 등 외부환경의 변화에 따라 CRT 기반의 1세대, LCD와 PDP, 그리고 OLED 등의 평판 디스플레이 기반의 2세대에서 플렉시블 디스플레이 기반의 3세대로 발전하고 있다. 대부분의 flat panel display (FPD) 소자에 사용되고 있는 투명전극은 indium tin oxide (ITO) 필름이 주류를 이루고 있다. 그러나 ITO 필름이 낮은 저항과 높은 투과율을 갖기 위해서는 증착할 때 기판온도가 200~300 °C를 유지하여야 하며, 이보다 낮은 온도에서 ITO를 증착하면 전기 전도성과 투과도가 감소하고, 화학적으로도 낮은 안정성을 가지는 것으로 알려져 있다. 이러한 문제점 때문에 ITO는 차세대 플렉시블 디스플레이를 구현하기 위해서 사용되는 플라스틱 기판의 증착재료로 적합하지 않다. 이러한 ITO 필름의 문제점을 해결하기 위해서 ITO 필름을 대체할 수 있는 물질의 개발이 시급한 실정이다. 일반적으로 플렉시블 디스플레이에 사용되는 고분

자 기판은 물질 특성상 150 °C 이하의 온도에서 공정이 이루어져야 하기 때문에 낮은 온도 공정에서도 우수한 전기적, 광학적 특성을 나타낼 수 있는 박막이 필요하다.

최근에 ITO 필름에 비해 화학적으로 안정하며, 저온 증착이 가능한 IZO 필름이 투명전극으로 많은 각광을 받고 있다. IZO 필름은 FPD 소자로의 응용에 있어서 중요한 요소들인 표면 저항, 광투과율, 전기적 안정성, 표면조도, 그리고 기판에 대한 부착력이 poly(ethylene terephthalate) (PET) 위에 증착된 ITO 필름보다 우수하다고 보고된 바 있다[1-6].

IZO 박막은 주로 sputtering 방식을 이용한 연구가 수행되고 있지만, 전자빔 증착법을 이용한 연구는 현재까지 거의 이루어지지 않고 있다. 전자빔 증착법에 의해 제작된 IZO 박막에 대한 연구는 산화물 계통의 TCO 박막들이 공기 중에서 산화에 의해 전기적 특성이 저하되는 원인을 조사하는데 매우 유용한 것으로 알려져 있다. 또한 In, Zn 또는 O<sub>2</sub>의 함량, 기판 종류 그리고 열처리 온도에 따른 박막특성 연구가 활성화되고 있다[7-9].

본 연구는 IZO 타겟을 사용하여 전자빔 증착법으로 고분자 기판인

<sup>†</sup> 교신저자 (e-mail: ryongi@kmu.ac.kr)

**Table 1. The Properties of PNB Substrates[10]**

Thermal	
T <sub>g</sub>	330 ℃
Decomposition temperature	360 ℃
CTE (-55 to 85 ℃)	74 ppm/℃
Optical	
% Transmission (400~700 nm)	91.6%
Retardation (100 μm-thick film)	< 10 nm
50% Cutoff wavelength	330 nm

PNB 위에 150 ℃, 산소도입속도(standard cubic centimeter per minute: sccm)를 4 sccm으로 고정하여 증착두께를 변화시켜 제조된 IZO 박막의 광학, 전기적 및 구조적 특성을 알아보았다. 또한 증착두께를 고정하여 산소도입속도를 변화시켜 제조된 IZO 박막의 표면조성 변화를 연구하였다. 증착된 IZO 박막의 전기·광학적 특성들은 4-Point Probe와 UV/Visible spectrophotometer를 이용하여 측정하였고, 증착된 IZO 필름의 표면형상 및 구조적 특성 및 표면조성은 Field Emission Scanning Electron Microscope (FE-SEM), X-ray diffraction (XRD) 및 X-ray photoelectron spectroscopy (XPS)로 각각 조사하였다.

## 2. 실험

### 2.1. 타겟제조 기관 준비

전자빔 증착용 IZO 타겟은 순도 99.99%의 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>와 99.9%의 ZnO 분말 재료를 90:10 wt%의 조성비로 혼합하였으며, 불밀(36 h), 건조(100 ℃, 2 h), 성형(30 Pa~2 min, 40 Pa~1 min) 및 소결(1200 ℃, 2 h) 공정을 거쳐 제조하였다. Table 1에 표시된 것과 같이 본 실험에서 사용한 Promerus社의 PNB는 T<sub>g</sub>가 330 ℃의 높은 열적 안정성을 가지는 동시에 가시광선 영역에서 높은 투과율을 나타내고 있다[10]. 그러나 PNB 기판은 비교적 큰 열팽창 계수(74 ppm/℃) 값을 가지는 단점이 있으며, 본 실험은 높은 열팽창 계수(coefficient of thermal expansion : CTE) 값에 의한 변형 및 변형에 의한 증착율의 감소를 보완하기 위하여 기판의 반대편에 시편크기의 유리판을 사용하여 눌러 줌으로써 변형의 최소화 및 비교적 높은 CTE 값에 의한 증착율 감소를 해결하고자 노력하였다[11]. 고분자 기판인 PNB를 30 mm × 30 mm 크기로 자른 다음 기판표면의 오염원을 제거하기 위해 에탄올에 2 min 간 초음파 세척을 행한 후 증류수로 충분히 세척한 후 건조하여 사용하였다.

### 2.2. 박막증착 공정

투명전도성 산화물 IZO 타겟을 사용하여 전자빔 증착법으로 기존의 유리기판 대신에 PNB 고분자 기판위에 증착하였으며, 초미세 박막을 증착하는데 있어 발생하는 out gassing 및 열적 한계성, 전기·광학적 특성을 고려하여 공정변수를 설정하였다. Table 2에 IZO 박막을 제조하기 위한 공정도를 나타냈으며, 전자빔 증착시스템(Electron beam vacuum evaporator system KVE-T6697)을 Figure 1에 나타내었다. 공정변수는 디스플레이의 특성상 박막화와 경량화의 특성을 고려하여 증착속도 2 Å/s 및 기판까지의 거리를 30 cm로 설정하였으며, 균질한 박막을 얻기 위해 기판 회전속도를 5 rpm으로 설정하였다. 전자빔 증착기의 power density는 300 W/cm<sup>2</sup>이며 2 × 10<sup>-5</sup> torr까지 일정 시간 진공을 유지하였고, 비활성기체 및 반응성 기체 도입 시에는 2.5

**Table 2. Flow-chart of Experimental Procedure of IZO Thin Film Deposition and It's Measurements**

Target : IZO (90 wt% In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> -10 wt% ZnO) Substrate : polynorborene (PNB)
Pre-treatment of substrate
· Ultrasonic cleaning : ethanol, distilled water and N <sub>2</sub> blowing · Oven process : dry for minimum outgassing
Deposition of IZO thin films
· O <sub>2</sub> flow rate : 2~10 sccm · Pre-deposition pressure : < 2 × 10 <sup>-5</sup> torr · Deposition pressure after O <sub>2</sub> flow : < 2.5 × 10 <sup>-5</sup> torr · Deposition thickness : 500 Å, 1000 Å, 1500 Å, 2000 Å · Deposition rate : 2 Å/s · Target to substrate distance : 30 cm
Special process for minimum out gassing effects
· Substrate heating process : over 40 min · Pre-deposition process : over 30 min · Temperature cooling process : over 1 h
Characterization of IZO thin Film
UV/Visible spectrophotometer, XRD, FE-SEM, 4-Point Probe, XPS

× 10<sup>-5</sup> torr의 진공을 유지한 상태에서 박막 증착을 행하였다. 증착 후 갑작스런 온도변화에 따른 결정구조 결함을 막기 위하여 박막 증착 후 충분한 시간을 두고 온도를 서서히 낮추었다. 본 연구에서는 기판 온도를 150 ℃, 산소유입속도 4 sccm의 조건에서 500 Å, 1000 Å, 1500 Å 및 2000 Å 두께로 증착시킨 IZO 박막의 전기적, 광학적 및 구조적 특성을 연구하였다. 또한 산소도입 속도를 2 sccm, 4 sccm, 6 sccm 및 8 sccm으로 각각 변화시켜 가면서 증착된 IZO 박막의 표면 조성 변화도 XPS를 사용하여 연구하였다.

### 2.3. 박막분석

#### 2.3.1. UV/Visible spectrophotometer 분석

PNB 기판에 증착된 IZO 박막의 광 투과 특성을 측정하기 위해 SCINCO사의 UV/Visible spectrophotometer (UV S-2100)를 이용하여 공기를 기준으로 250~850 nm 파장 영역에서 광 투과도 변화를 측정하였다.

#### 2.3.2. XRD 분석

본 연구에서는 IZO 타겟을 이용하여 PNB 기판 위에 박막을 생성시킨 후 결정성을 분석하기 위하여 Rigaku사의 XRD (X-ray diffraction D/MAX-2500)를 사용하였고 플라스틱 기판의 특성을 감안하여 XRD mode를 반사로 선택하였으며 분석조건은 tube 전압과 전류가 각각 40 kV, 100 mA이며 scan speed는 2°/min, sampling interval을 0.02 step으로 주사하였고 2 θ는 20~80°의 범위에서 측정하였다.

#### 2.3.3. SEM 분석

PNB 기판에 증착된 IZO 박막의 표면 형상(surface morphology)을 분석하기 위해서 전자주사 현미경(Field Emission Scanning Electron

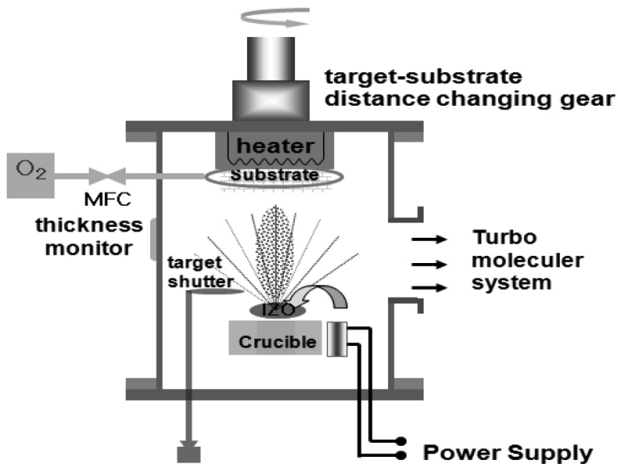


Figure 1. Schematic diagram of electron beam evaporator.

Microscope, S-4200)을 사용하여 측정하였다. SEM 측정에서는 시료 ( $0.5 \times 0.5$  cm)의 전처리 과정으로 Ion sputter (E-1030, Hitachi Science Systems Ltd.)를 이용하여 Pt를 75 s 간 코팅한 후 측정하였다.

#### 2.3.4. 4 Point-Probe 분석

박막의 전도도를 측정하기 위하여 가장 널리 쓰이는 방법은 전도도의 역수인 박막의 저항값을 측정하는 것이며 본 연구에서는 그 대표적인 값인 표면저항  $R_s$  (Sheet Resistance)을 Mitsubishi Chemical 사의 4-Point Probe (MCP-T610)를 이용하여 측정하였다. Probe 1과 4 사이에 전류(I)를 흘려주고 Probe 2, 3 사이에 전압(V)을 측정하여 전류와 전압사이의 비율을 이용하여 저항률을 계산하였으며 또한 면저항값은 아무리 균일한 박막의 구조일지라도 박막의 위치에 따른 면저항값의 차이가 있기 때문에 이를 보정하기 위하여 각 시료에 대하여 서로 다른 위치에서 4회 측정하여 그 값을 평균하였으며, 정확한 저항률을 얻기 위해 저항보정계수(RCF)로 아래 식 (1)과 같이 보상에 주었다. 측정된 표면저항 값에 박막의 두께를 곱하면 아래 식 (2)에 보는 바와 같이 비저항값도 계산 가능하다.

$$\text{Sheet Resistance } R_s = \frac{V}{I} \times RCF \quad (1)$$

$$\text{Resistivity } R_v = \frac{V}{I} \times RCF \times T = R_s \times T \quad (2)$$

( $R_v$  - 비저항,  $R_s$  - 면저항,  $T$  - 박막두께,  $V$  - 전압,  $I$  - 전류)

#### 2.3.5. XPS 분석

X-ray를 광원으로 사용하여 내부전자로부터 광전자를 발생시켜 광전자의 운동에너지를 측정하는 XPS의 기본원리는 다음과 같다. 일정한 에너지를 가진 X-ray를 시료에 조사하면 식 (3)과 같이 광전효과에 의해 들뜬 이온과 광전자가 발생한다.



식 (3)에서 A는 원자나 분자,  $h\nu$ 는 X-ray 광자의 특정에너지,  $A^{++}$ 는 여기된 이온 및  $e^-$ 는 광전자이다. 이때 방출된 광전자의 운동에너지는 분석기와 검출기에서 정확히 측정되며 시료로부터 방출되어지는 광전자를 검출하여 정성 및 정량분석이 가능한 XPS의 원리는

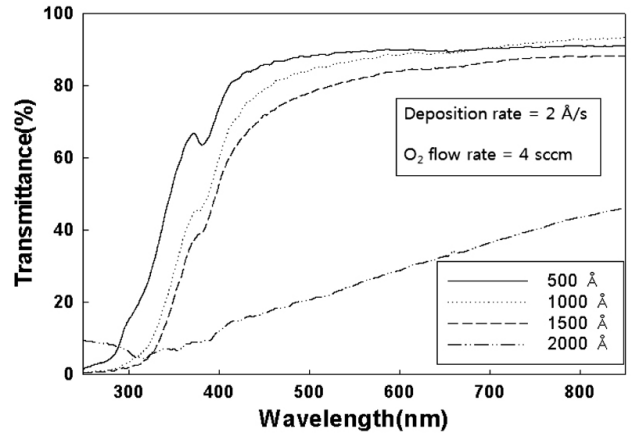


Figure 2. UV/Vis transmission spectra of the deposited IZO thin films with different deposition thickness of 500 Å, 1000 Å, 1500 Å and 2000 Å.

Einstein의 식 (4)로 표현된다.

$$E_b = h\nu - E_k - \phi \quad (4)$$

식 (4)에서  $E_b$ 는 Core 준위의 결합에너지,  $h\nu$ 는 사용한 X-선 에너지,  $E_k$ 는 방출된 광전자의 운동에너지이며,  $\phi$ 는 분광계의 일 함수(work function)로써 약 5 eV 정도이다. 조사된 X-선의 특성에너지  $h\nu$ 를 알면 방출되는 광전자의 에너지 및 일 함수를 측정하여 전자의 결합에너지( $E_b$ )를 구할 수 있다[12].

XPS 분석 전 박막표면의 오염물을 제거하기 위해 Ar 이온으로 3 min 동안 표면을 2~3 nm 정도 깎았으며, X-ray source로는 Mg anode (beam energy : 1253.6 eV)를 이용하여 측정하였다. 또한 scan 수를 10으로 설정하여 분석을 수행하였으며, XPS peak 면적비에 의해 원자농도가 결정되고 그 값들을 평균하여 각 성분 조성비를 나타내었다. 또한 각 원소의 화학적 상태는 결합에너지 전이(chemical shift)로써 알 수 있다.

## 3. 결 과

### 3.1. 증착 두께 영향

증착두께에 따른 IZO 박막의 특성변화를 관찰하기 위하여  $2.5 \times 10^{-5}$  torr의 공정압력(working process)에서 150 °C의 기판 온도 및 2 Å/s의 증착 속도와 4 sccm의 O<sub>2</sub> 도입속도로 설정하여 실험하였다. 전기·광학적 성질을 고려할 때 가장 안정적이고 최적인 증착 속도는 2 Å/s이었으며, 균일한 막을 유지하기 위해 5 rpm의 기판회전속도로 유지하였다. 본 실험에서는 증착 시 박막의 변형이 일어나지 않는 범위에서 500~2000 Å로 두께를 변화시켜 실험하였다. 증착두께는 전자빔 증착장치에 설치된 TT-316 Telemark (thickness control system)의 film thickness monitor를 통하여 조절하였다.

박막 두께변화에 따른 UV/Visible Spectrophotometer의 측정결과를 Figure 2에 나타내었다. Figure 2에서 볼 수 있듯이 증착두께가 두꺼워질수록 투과도가 떨어지는 경향을 보이고 있다. 증착두께에 따른 투과도 측정결과를 살펴보면 500 Å, 1000 Å, 1500 Å 및 2000 Å일 때 각각 89.3%, 87.4%, 81.6% 및 24.6% (at 550 nm)로 측정되었다. 두께가 2000 Å에서는 투과도가 급격히 떨어지는 것으로 보아 TCO

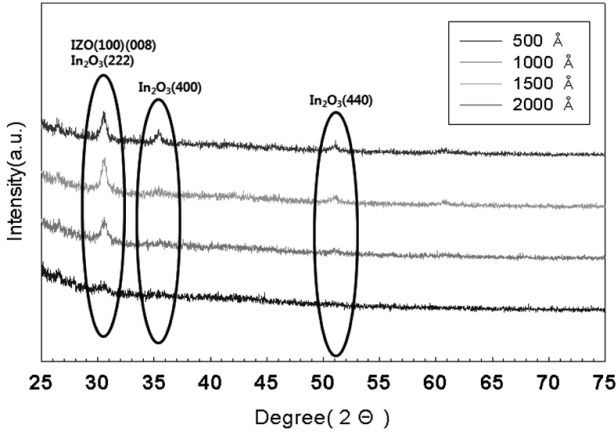


Figure 3. X-ray diffraction patterns of deposited IZO thin films with different deposition thickness ; (A) 500 Å, (B) 1000 Å, (C) 1500 Å, (D) 2000 Å.

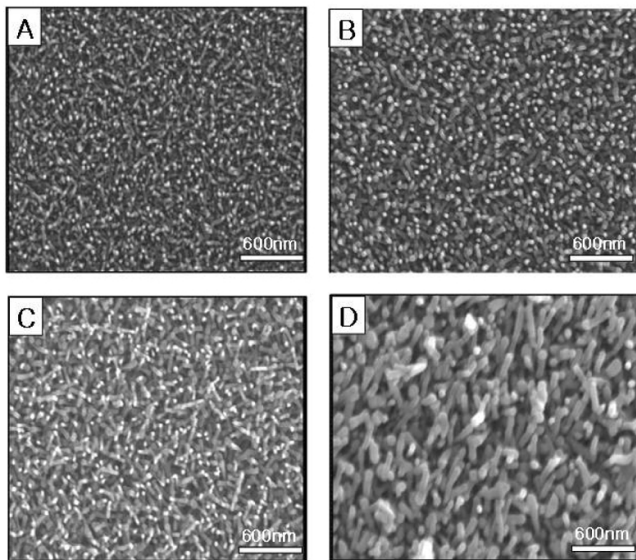


Figure 4. SEM micrographs of the IZO thin films with different deposition thickness ; (A) 500 Å, (B) 1000 Å, (C) 1500 Å, (D) 2000 Å.

film으로 적용하기에 문제가 있을 것으로 판단된다.

IZO 박막의 두께 변화에 따른 X-ray diffraction (XRD) 형태를 Figure 3에 나타내었다. IZO 박막의 두께가 증가할수록 각각의 방향성을 가진 피크들이 증가하는 것을 쉽게 관찰할 수 있다. 증착 두께가 증가할수록 IZO(100)(008), In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(222)방향성의 peak들은 높은 강도를 나타냈으며, 또한 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(400) 및 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>(440) peak들의 강도증가도 관찰되었다. 이는 박막 두께를 증가시키면 특정 두께에서 비교적 연속적인 막을 이루어 표면 섬(island) 구조의 감소에 따른 결과라 예상된다.

두께 변화에 따른 IZO 박막의 표면 미세구조를 관찰하기 위해 SEM을 사용하여 측정된 image들을 Figure 4에 나타내었다. 2 Å/s의 증착속도와 150 °C의 기판 온도 및 4 sccm의 O<sub>2</sub> 도입속도에서 500 Å, 1000 Å, 1500 Å 및 2000 Å의 증착두께에 따른 박막의 SEM image가 나타나 있는 Figure 4(A), (B), (C) 및 (D)의 경우 모두 섬상구조의 결정립을 확인할 수 있으며 두께가 증가할수록 그 결정립들의 size가 커지며 규칙적인 방향성을 가지는 형태를 나타내고 있음을 알 수 있다.

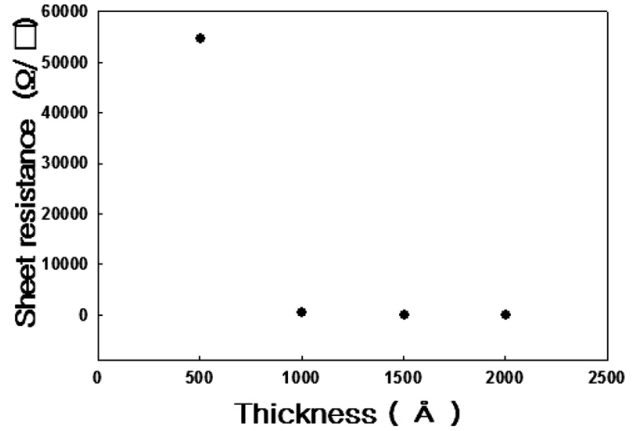


Figure 5. Sheet resistance of the deposited IZO thin films with different deposition thickness.

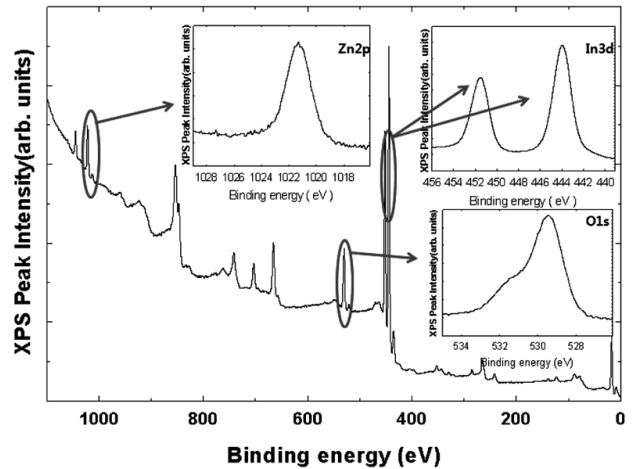


Figure 6. Wide scan XPS spectrum of the IZO thin film deposited at O<sub>2</sub> flow rate of 4 sccm.

두께에 따른 전기전도도 측정 결과를 Figure 5에 나타내었다. 전도성 박막의 특성에 영향을 미치는 변수는 O<sub>2</sub>의 도입속도, 기판온도, 증착두께, 박막의 구조적 균일성 및 결정성 등을 들 수 있으며 일반적으로 박막의 두께가 두꺼울수록 박막의 전도성은 증가한다고 알려져 있다. Figure 5에서 보면, 두께가 500 Å일 때는 높은 면 저항값을 가지다가 1000 Å에서는 급격히 감소하며, 1000~2000 Å의 두께 변화에서는 면저항 값의 감소가 아주 느리게 나타났다. 박막의 두께가 얇을수록 저항값이 증가하는 것은 IZO films의 결정 또는 grain size의 효과를 포함한 양자구속효과(Quantum confinement effect)때문이다[3,5]. 따라서 낮은 값의 면저항과 투과율까지 고려한 결과, 전기·광학적 성질을 동시에 만족하는 적절한 증착두께가 1000 Å임을 알 수 있었다.

### 3.2. O<sub>2</sub> 도입속도에 따른 표면조성 변화

증착두께 1000 Å 및 기판온도 150 °C로 고정하고, 2, 4, 6 및 8 sccm으로 산소도입속도를 변화시키면서 증착된 IZO 필름에 대하여 분석한 XPS 스펙트럼 중에서 4 sccm의 산소도입속도에서 증착된 IZO 필름의 XPS 스펙트럼을 Figure 6에 대표적으로 나타내었다. Figure 6에서 나타난 O 2s, Zn LMM, C 1s, In 3d<sub>3/2</sub>, In 3d<sub>5/2</sub>, O 1s, In 3p<sub>1/2</sub>, O KLL, In MNN, Zn 2p<sub>3/2</sub> 및 Zn 2p<sub>1/2</sub> 피크들 중에서 증착된 IZO의 표

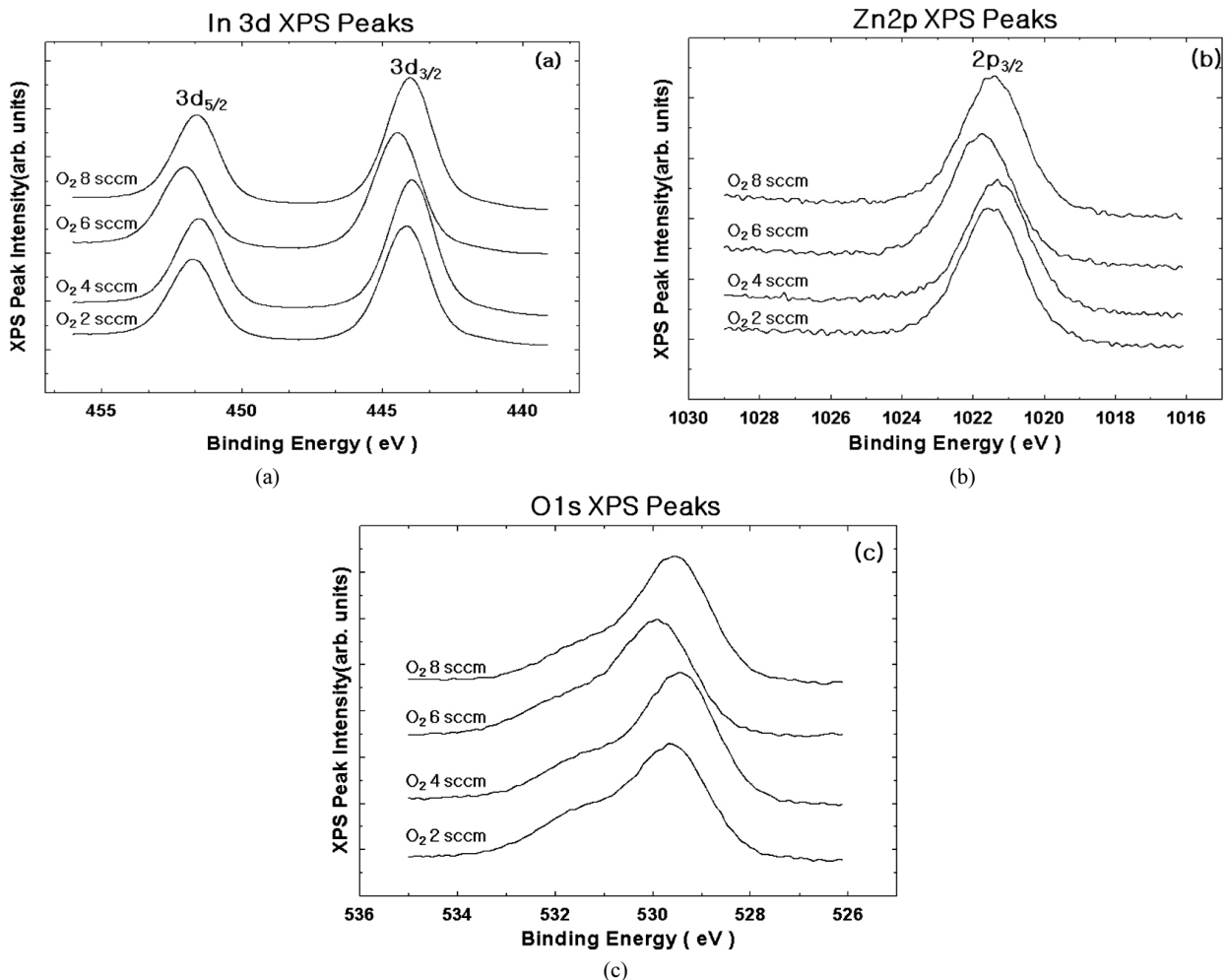
**Table 3. In/Zn/O Composition of IZO Thin Film as a Function of Oxygen Introduction Flow Rate**

O <sub>2</sub> flow rate (sccm)	In (%)	Zn (%)	O (%)	In/Zn	O/(In + Zn)
2	42.5	8.3	49.2	5.12	0.97
4	44.2	7.4	48.3	5.97	0.94
6	44.3	8.1	47.6	5.47	0.91
8	44.3	8.2	47.3	5.40	0.90

면 조성 분석에 필요한 In 3d, O 1s 및 Zn 2p 피크들을 확대하여 각각 Figure 6 안에 나타내었으며, indium, zinc 및 oxygen의 표면 농도에 대한 XPS 결과들을 정리하여 Table 3에 나타내었다[13].

본 실험에서 사용된 In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : ZnO 타겟에서 In과 Zn의 원자 비율은 5.27 : 1이지만, Table 3의 산소도입속도에 따라 증착된 IZO 필름의 XPS 표면분석 결과로부터 In/Zn의 원자비율을 계산하면 5.12 (2 sccm), 5.97 (4 sccm), 5.47 (6 sccm) 및 5.40 (8 sccm)로 나타났다. 즉 산소도입속도가 증가하면 증착되는 In의 비율이 Zn에 비하여 증가하다가 다시 감소하는 경향을 나타내는 것을 알 수 있었다. 그러나, O/(In + Zn)의 비는 산소도입속도가 증가할수록 계속 천천히 감소하는 경향을 나타내었다.

또한 각 원소들에 대한 결합에너지 전이에 대한 정보를 취득하기 위하여 위 세 가지 XPS 피크, 즉 In 3d, Zn 2p 및 O 1s에 대하여 narrow scan 결과들을 Figure 7(a), (b) 및 (c)에 각각 나타내었다. Figure 7(a)에는 In 3d<sub>5/2</sub> 및 In 3d<sub>3/2</sub>에 대응하며 2개의 피크가 444.1 ± 0.2 및 451.7 ± 0.2 eV에서 각각 나타나며, 이는 증착된 IZO 필름에 존재하는 indium을 나타낸다. Figure 7(b)의 1021.5 ± 0.1 eV에서 나타나는 Zn 2p 피크는 Zn 2p<sub>3/2</sub> 결합에너지에 대응하는 피크이다. Figure 7(a) 및 (b)의 산소도입속도에 따른 XPS 측정 결과인 In 3d와 Zn 2p 피크들을 비교하여 보면 주목할 만한 차이점은 관찰되지 않았다. 산소도입속도 차이에 따른 O 1s 피크는 529.7 ± 0.2 eV의 낮은 결합에너지 및 531.6 ± 0.1 eV의 높은 결합에너지 2개의 특성 피크로 구성되어 있는 것을 Figure 7(c)에서 확인할 수 있었다. 529.7 eV에서 나타나는 O 1s의 낮은 결합에너지 피크는 In 원자와 인접한 O<sup>2-</sup> 이온으로부터 나타나며, 531.6 eV에서 나타나는 O 1s 높은 결합에너지 피크는 산소 결핍 영역의 산소, 즉 산소 공백으로부터 나오는 것으로 알려져 있다[14]. 또한 Figure 7(c)의 O 1s peak들을 peakfit (Systat Software Inc.) software를 사용하여 curve-fitting하여 높은 결합에너지 및 낮은 결합에너지 두개 피크들의 면적을 구하여 그 결과를 Table 4에 나타내었다. 즉 산소도입속도가 2, 4, 6 및 8 sccm으로 증가할수록, O 1s의 높은 결합



**Figure 7. Changes of (a) In 3d, (b) Zn 2p and (c) O 1s narrow scan XPS spectra of IZO thin films as a function of oxygen introduction flow rate.**

**Table 4. % Relative Peak Area of O 1s Peak with Lower and Higher Binding Energy as Estimated from XPS Spectra After Curve-fitting**

O <sub>2</sub> flow rate (sccm)	2	4	6	8
Lower binding energy	71.2%	74.6%	75.5%	77.2%
Higher binding energy	28.8%	25.4%	24.5%	22.8%

에너지에 의한 피크, 즉 산소결핍영역의 면적이 차지하는 비율이 전체 면적의 28.8%에서 25.4%, 24.5% 및 22.8%로 점점 줄어드는 것을 알 수 있다. 즉 산소도입속도가 증가할수록 산소결핍영역이 감소하는 것을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

우수한 IZO 박막제조에 있어서 다양한 두께는 전기전도도와 투과도를 향상시키거나 줄일 수 있는 중요한 변수로 작용할 수 있다. 따라서, 디스플레이 기판의 박형화를 추구하기 위하여 기판으로 사용할 수 있는 최적 IZO 증착두께를 알아보았다. 2 Å/sec의 증착속도와 150 °C의 기판온도와 챔버 내에 4 sccm의 O<sub>2</sub>를 주입하면서 500 Å, 1000 Å, 1500 Å 및 2000 Å으로 증착두께를 달리하여 IZO film을 제조하여 전기적 및 광학적 특성들을 조사하였다. 실험 결과, 증착두께가 증가할수록 저항값과 투과율이 떨어지는 경향이 나타났다. 증착두께가 2000 Å로 제작한 IZO film은 91.8 Ω/□으로 가장 낮은 면저항값을 나타내었으나 투과도도 24.6%로 가장 낮은 값을 나타내어 디스플레이 기판으로는 부적합한 것으로 판단된다. 저항값과 투과율 특성을 고려한 결과, 2000 Å (91.8 Ω/□, 24.6%)의 증착두께 보다 증착두께 1000 Å (544.6 Ω/□, 87.4%)이 플라스틱 기판으로서 적용 가능성이 우수하다고 판단된다.

또한 XPS 분석 결과로부터 산소도입속도가 2, 4, 6 및 8 sccm으로 증가하면 증착되는 In/Zn 비가 증가하다가 다시 감소하는 경향을 나타내었고, O/(In + Zn)의 비는 계속 천천히 감소하는 것을 알 수 있었

다. 또한 산소도입속도가 증가할수록 O 1s의 높은 결합에너지에 의한 피크, 즉 산소결핍영역의 상대적 피크 면적이 28.8%에서 25.4%, 24.5% 및 22.8%로 점점 줄어드는 것을 알 수 있었다. 즉 산소도입속도가 증가할수록 산소결핍영역이 감소하는 것을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. U. S. Patent 5972527, 26 Oct. (1999).
2. S. H. Park, H. M. Kim, B. R. Rhee, and E. Y. Gyo, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **42**, 1429 (2001).
3. H. M. Kim, S. K. Jeung, J. S. Ahn, Y. J. Kang, and C. K. Je, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **42**, 223 (2003).
4. K. Noda, H. Sato, H. Itaya, and M. Yamada, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **42**, 217 (2003).
5. R. K. Jain and R. C. Lind, *J. Opt. Soc. Am.*, **73**, 647 (1983).
6. J.-M. Moon, J.-H. Bae, S.-W. Jeong, N.-J. Park, J.-W. Kang, and H.-K. Kim, *J. of KIRRM (Korean)*, **19**, 687 (2006).
7. H. N. Cho, Yue Long Li, S. R. Min, and C. W. Chung, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **17**, 644 (2006).
8. J. S. Hong, J. K. Yoon, B. R. Rhee, S. H. Park, J. J. Kim, and H. M. Kim, *Sae Mulli*, **48**, 339 (2004).
9. B. Shin and C. W. Chung, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **15**, 300 (2004).
10. S. Angiolini and M. Avidano, *SID 03 DIGEST*, **47**, 1 (2003).
11. S. K. Park, J. I. Han, W. K. Kim, and M. G. Kwak, *Thin Solid Films*, **397**, 49 (2001).
12. C. D. Wagner, W. M. Riggs, L. E. Davis, and G. E. Moulder : *Handbook of X-ray Photoelectron Spectroscopy*, Oxford University Press (1990).
13. D. Y. Lee and C. W. Chung, *Thin Solid Films*, **518**, 372 (2009).
14. D.-G. Kim, S. Lee, D.-H. Kim, G.-H. Lee, and M. Isshiki, *Thin Solid Films*, **516**, 2045 (2008).