

## 롤투롤 스퍼터를 이용하여 PET 기판 위에 제조된 ITO 박막의 색도( $b^*$ ) 및 투과도 연구

서성만 · 강보갑 · 김후식 · 임우택 · 최석영<sup>†</sup>  
안동대학교 응용화학과

### Chromaticity ( $b^*$ ) and Transmittance of ITO Thin Films Deposited on PET Substrate by Using Roll-to-Roll Sputter System

Sung Man Seo, Bo Gab Kang, Hu Sik Kim, Woo Taik Lim and Sik Young Choi<sup>†</sup>

Department of Applied Chemistry, Andong National University, Andong 760-749, Korea

(2009년 4월 15일 접수 : 2009년 6월 25일 최종수정 : 2009년 7월 2일 채택)

**Abstract** Indium Tin Oxide (ITO) thin films on Polyethylene Terephthalate (PET) substrate were prepared by Roll-to-Roll sputter system with targets of 5 wt% and 10 wt% SnO<sub>2</sub> at room temperature. The influence of the chromaticity ( $b^*$ ) and transmittance properties of the ITO Films were investigated. The ITO thin films were deposited as a function of the DC power, rolling speed, and Ar/O<sub>2</sub> gas flow ratio, and then characterized by spectrophotometer. Their crystallinity and surface resistance were also analyzed by X-ray diffractometer and 4-point probe. As a result, the chromaticity ( $b^*$ ) and transmittance of the ITO films were broadly dependent on the thickness, which was controlled by the rolling speed. When the ITO films were prepared with the DC power of 300 W and the Ar/O<sub>2</sub> gas flow ratio of 30/1 sccm using 10 wt% SnO<sub>2</sub> target as a function of the rolling speeds 0.01 through 0.10 m/min, its chromaticity ( $b^*$ ) and transmittance were about -4.01 to 11.28 and 75.76 to 86.60%, respectively. In addition, when the ITO films were deposited with the DC power of 400 W and the Ar/O<sub>2</sub> gas flow ratio of 30/2 sccm used in 5 wt% SnO<sub>2</sub> target, its chromaticity ( $b^*$ ) and transmittance were about -2.98 to 14.22 and 74.29 to 88.52%, respectively.

**Key words** indium tin oxide (ITO), roll-to-roll sputter, chromaticity ( $b^*$ ), transmittance, ITO thin film.

### 1. 서 론

최근 디스플레이 산업의 발전 방향은 OLED(organic lighting emitting devices), LCD(liquid crystal display), 태양전지(solar cell), 터치스크린(touch screen) 등에 투명전극재료로 널리 사용되고 있는 투명전도성 산화물(TCO: transparent conducting oxide) 박막의 연구가 활발히 진행되고 있다.<sup>1-4)</sup> 투명전도성 산화물은 1907년 Bader에 의하여 최초로 발견된 CdO 이후 지금까지 ZnO, SnO<sub>2</sub>, In<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등 다양한 재료가 개발 및 연구되고 있다. 이러한 투명전도성 산화물 중에서도 스퍼터링 방법을 사용하여 가시광선 영역에서 높은 광투과율과 낮은 면저항을 보이는 ITO(indium tin oxide: In<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-SnO<sub>2</sub>) 박막이 가장 널리 쓰이고 있으나 유리 기판을 사용하여 고온의 성막 공정과정을 거쳐야만 높은 전기적, 광학적 특성을 얻을 수 있었다. 그러나, 최근의 연구에서는 기판의 허용온도가

150 °C 이내인 고분자 플렉시블 기판인 PET(polyethylenenaphthalate)와 PC(polycarbonate) 등을 사용하여 저온의 성막 공정으로도 고품위 ITO 박막을 얻을 수 있다는 결과가 나오고 있다.<sup>4,7)</sup> 또한, 최근에는 고분자 플렉시블 기판에 성막된 ITO 박막의 결정성에 대한 연구가 관심이 되고 있다.

최근 터치스크린으로 이루어진 디스플레이 소자 분야가 급부상하고 있으며, 소형화, 경량화 및 사용자 편의성을 높인 터치스크린을 사용하는 디스플레이 기기의 수요가 급증하고 있는 추세이다. 이러한 터치스크린 패널에 핵심소재로 사용되는 ITO 전극은 화학적, 열적 안정성이 높으며 투과성과 전도성 또한 우수한 투명전극재료이다. 이로 인해 매우 넓은 고분자 기판 위에 저가로 ITO 필름을 생산하기 위해서는 기존의 유리 기판을 사용하는 배치(batch) 타입의 공정이 아닌 연속적인 공정에 의한 대량의 ITO 필름을 성막하기 위해서 Roll-to-Roll 스퍼터 공정법이 해결책으로 각광받고 있다.<sup>7,8)</sup>

현재의 ITO 필름 제조에 있어 국내 기술 수준으로 생산되는 제품은 yellow 색도를 띠는 경향이 있으나, yellow

<sup>†</sup>Corresponding author  
E-Mail : sychoi@andong.ac.kr (S. Y. Choi)

보다 눈에 피로감을 감소시켜주는 bluish한 색도를 개발하고자 하는 ITO 필름의 색도에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 이에 본 연구에서는 실온에서 주석(Sn)이 5 및 10 wt% 도핑된 2가지 타입의 ITO 타겟 및 고분자 PET 기판을 사용하여 Roll-to-Roll 스퍼터 장비로 성막하였으며, ITO 박막의 특성에 영향을 주는 rolling speed, DC power 및 Ar/O<sub>2</sub>의 가스 유량비를 공정변수로 하여 ITO 필름의 색도(b\*) 및 투과도에 대하여 연구하였다.

## 2. 실험 방법

터치스크린의 핵심소재인 ITO 박막을 PET 기판에 성막하기 위하여 pilot Roll-to-Roll 스퍼터 장비를 이용하였다. 챔버 내부에는 고분자 PET 필름이 감겨있는 롤을 장착하여 풀고 감아주는 역할을 하는 unwinder, rewriter, guide roller, center drum으로 구성되어 있으며, guide roller에 의해 기판의 장력을 조절할 수 있도록 장력 조절 장치 및 장력 제어 센서가 부착되어 있다. ITO 타겟과 고분자 기판과의 거리는 10 cm이며, 인가 전력은 DC, RF 및 DC pulse의 3가지의 전압 중 선택하여 사용할 수 있도록 설계되어 있다.

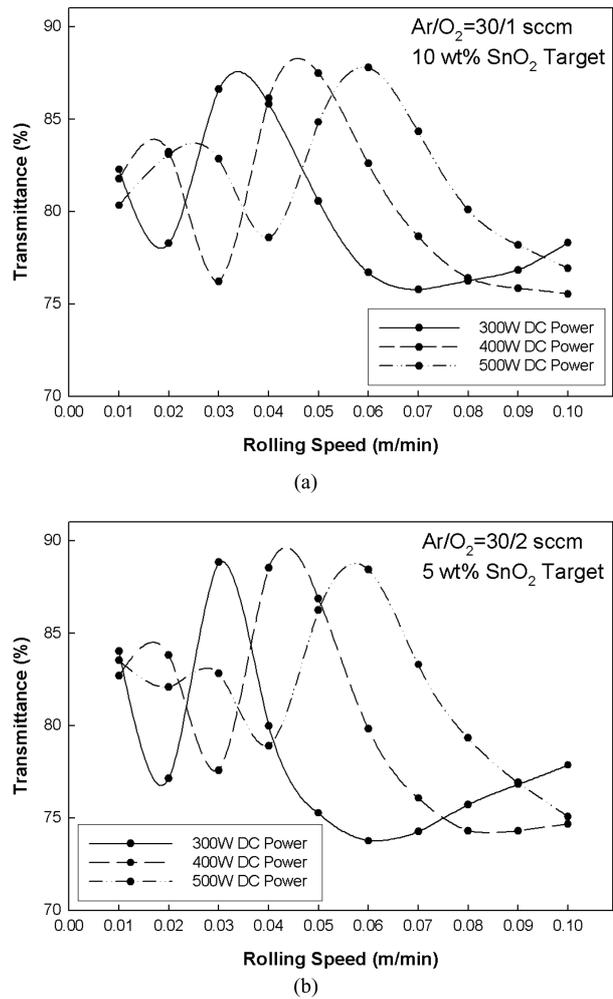
ITO 박막 증착실험은 장비의 초기 진공도를  $2.0 \times 10^{-5}$  Torr로 유지하였으며, 인가 전력은 DC로 선택하였다. 기판은 188  $\mu$ m 두께의 고분자 PET를 폭 170 mm로 slitting하여 사용하였으며, 기판의 out-gassing 영향을 최대한 줄이고자 진공 챔버내에서 0.02 m/min의 속도로 2회에 걸쳐 충분히 out-gassing을 해주었다. ITO 타겟(250 × 100 × 6 mm)은 주석(Sn)이 5 및 10 wt% 도핑된 2가지 타입을 준비하였다. 플라즈마 발생 및 반응성 기체인 Ar과 O<sub>2</sub> 가스는 99.999%의 초고순도를 사용하였으며 전용 MFC를 사용하여 1 sccm 단위로 조절이 가능하도록 하였다. ITO 박막의 색도 및 투과도에 영향을 주는 성막 변수로는 rolling speed, DC power 및 Ar/O<sub>2</sub> 가스 유량비로 하여 실험을 수행하였다.

제작된 ITO 필름의 광학적 특성을 알아보기 위하여 색도(b\*) 및 투과도(380~780 nm, 10 nm 간격 측정)는 광학계측기(NIPPON Denshoku)를 사용하여 측정을 하였다. 이때, 색도(b\*)와 투과도는 광학계측기에서 측정된 수치를 사용하여 나타내었다. ITO 필름의 면저항은 4-point probe를 이용하여 측정하였으며, ITO 박막의 상분석 및 결정화 특성은 XRD를 사용하여 확인하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 ITO 필름의 투과도

Fig. 1은 5 및 10 wt% SnO<sub>2</sub>가 도핑된 타겟을 사용하여, DC power와 rolling speed 변화에 따른 ITO 필름의 광



**Fig. 1.** Transmittance of ITO films deposited on PET substrates by using a Roll-to-Roll sputter system with (a) 10 wt% SnO<sub>2</sub> target and Ar/O<sub>2</sub> gas flow ratio of 30/1 sccm and (b) 5 wt% SnO<sub>2</sub> target and Ar/O<sub>2</sub> gas flow ratio of 30/2 sccm as functions of rolling speed and DC power.

학적인 특성을 나타내고 있다. Fig. 1(a)는 10 wt% SnO<sub>2</sub> 이 도핑된 타겟을 사용하여, rolling speed(0.01~0.1 m/min, 0.01 간격)에 따른 투과도를 DC power(300 ~500W)의 변화에 따라 나타내었으며, 이때 Ar/O<sub>2</sub> 가스 유량비는 30/1 sccm와 작업압력은 0.4 mTorr으로 고정하였다. Rolling speed가 증가함에 따라 PET 필름에 성막되는 ITO의 성막 속도는 감소하게 된다. 이러한 조건에서 측정된 이유는 rolling speed가 증가함에 따라 PET 필름에 성막되는 ITO 박막의 두께가 점진적으로 감소하게 되는 두께 조절에 의한 경향을 확인하고자 하였으나, rolling speed에 따른 ITO 필름의 투과도 경향성은 확인되지 않았다. 또한 DC power의 변화에 따른 투과도의 경향은 가장 높은 투과도가 인가전력이 증가함에 따라 거의 일정한 간격으로 shift 되는 것을 확인할 수 있었다. 300 W에서 성

**Table 1.** Data of Transmittance (%) and Chromaticity( $b^*$ ) as functions of SnO<sub>2</sub> ITO target, DC power, Ar/O<sub>2</sub> gas flow ratio, and rolling speed.

Rolling Speed	10 wt% SnO <sub>2</sub> ITO Target						5 wt% SnO <sub>2</sub> ITO Target					
	300 W DC power Ar/O <sub>2</sub> = 30/1sccm		400 W DC power Ar/O <sub>2</sub> = 30/1sccm		500 W DC power Ar/O <sub>2</sub> = 30/1sccm		300 W DC power Ar/O <sub>2</sub> = 30/2sccm		400 W DC power Ar/O <sub>2</sub> = 30/2sccm		500 W DC power Ar/O <sub>2</sub> = 30/2sccm	
	T(%)	$b^*$										
0.01	82.27	6.55	81.76	13.62	80.33	14.72	84.02	10.83	82.68	14.22	83.52	14.23
0.02	78.27	-3.74	83.22	3.79	83.07	9.12	77.12	-0.61	83.81	5.05	82.07	10.23
0.03	86.60	11.28	76.21	-4.53	82.84	5.77	88.82	12.16	77.57	1.57	82.82	7.56
0.04	85.81	-0.06	86.10	11.24	78.58	2.91	79.98	-2.31	88.52	13.28	78.90	4.25
0.05	80.57	-4.01	87.47	5.40	84.83	10.76	75.26	-1.70	86.85	4.69	86.24	13.58
0.06	76.68	-1.84	82.59	-2.71	87.77	5.80	73.75	1.73	79.83	-2.98	88.44	8.45
0.07	75.76	0.85	78.64	-3.66	84.32	-1.33	74.25	4.22	76.06	-2.20	83.29	-1.29
0.08	76.23	3.29	76.39	-1.46	80.10	-3.88	75.70	5.65	74.29	1.03	79.32	-3.38
0.09	76.83	4.04	75.82	0.15	78.17	-3.45	76.80	6.06	74.29	1.96	76.90	-2.85
0.10	78.31	4.57	75.52	1.70	76.91	-2.31	77.85	6.18	74.66	3.69	75.06	-0.52

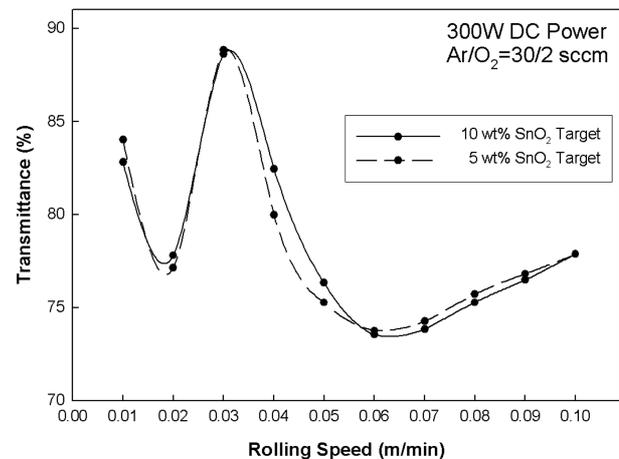
막한 경우에는 rolling speed 0.03 m/min일 때 약 86.6%로 가장 좋았으며, 400 W에서 성막한 경우에는 0.05 m/min일 때 약 87.5%로 가장 높게 나타났으며, 500 W에서는 0.06 m/min에서 약 87.8%로 측정되었다.(Table 1 참조)

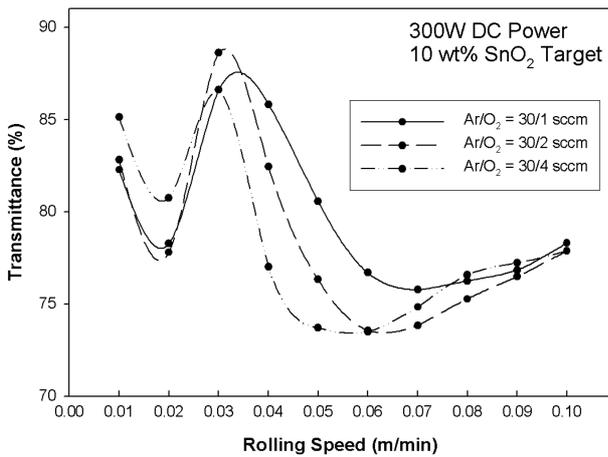
Fig. 1(b)는 5 wt% SnO<sub>2</sub>가 도핑된 타겟을 사용하여, Fig. 1(a)와 동일한 공정변수로 하여 DC power와 rolling speed 변화에 따른 ITO 필름의 투과도를 확인하고자 하였으며, 이때 Ar/O<sub>2</sub> 가스 유량비는 30/2 sccm와 작업압력은 0.4 mTorr로 하였다. Rolling speed가 증가함에 따라 ITO 필름의 투과도는 10 wt% SnO<sub>2</sub>이 도핑된 타겟의 실험결과(Fig. 1(a))와 비슷한 결과를 확인할 수 있었으며, Fig. 1(a)에서처럼 rolling speed (두께 조절)에 따른 경향성은 나타나지 않았다. Rolling speed의 10가지 조건 중에서 DC power에 따른 투과도는 300 W에서 rolling speed 0.03 m/min일 때 약 88.8%로 가장 좋은 값을 가졌으며, 400 W에서는 약 88.5%로 확인되었으며, 500 W에서 성막한 경우에는 0.06 m/min의 속도일 때 약 88.4%의 가장 높은 투과도를 나타내었다.(Table 1 참조) 5 wt% SnO<sub>2</sub> 타겟을 사용하여 Ar/O<sub>2</sub> 가스 유량비가 30/2 sccm의 조건에서 성막한 결과 최고의 투과도는 DC power 3가지 조건 모두 88% 이상의 좋은 광투과도를 확인할 수 있었다.

Fig. 2는 300 W의 DC power 및 Ar/O<sub>2</sub> 가스 유량비가 30/2 sccm의 동일한 조건으로 하여 rolling speed를 변수로 하여 5 및 10 wt% SnO<sub>2</sub> target을 사용하여 SnO<sub>2</sub>의 함량에 따른 투과도를 비교하고자 하였다. 함량이 다른 두 개의 타겟 실험결과를 보면 거의 비슷하거나 일치하는 경향을 보임을 확인할 수 있었다. 또한 rolling speed가 0.03 m/min일 때 약 88.8 (5 wt% SnO<sub>2</sub> target)

및 88.6% (10 wt% SnO<sub>2</sub> target)의 거의 일치하는 최고의 투과도를 보였다. 높은 투과도를 가지는 ITO 필름을 제조하기 위해서는 ITO 타겟의 SnO<sub>2</sub> 함량이 크게 영향을 미치지 않는다는 것을 확인할 수 있었다.

Fig. 3은 300 W의 DC power에서 10 wt% SnO<sub>2</sub>가 도핑된 타겟을 사용하여 Ar/O<sub>2</sub> 가스 유량비에 따라 rolling speed를 변수로 하여 산소의 주입량에 따른 투과도의 경향을 확인하고자 하였다. Rolling speed가 동일한 조건에서 투과도를 비교하여 보면 비슷한 경우도 있으나 대부분 큰 차이를 보임을 확인할 수 있었다. 결과에서 확인할 수 있듯이 최적의 산소 주입량은 결정할 수 없으며, rolling speed에 따라 최적의 산소 주입량은 다르다

**Fig. 2.** Transmittance of ITO films deposited on PET substrate by using a Roll-to-Roll sputter system as functions of rolling speed and ITO target at DC power of 300 W and Ar/O<sub>2</sub> gas flow ratio of 30/2 sccm.



**Fig. 3.** Transmittance of ITO films deposited on PET substrate by using a Roll-to-Roll sputter system with 10 wt% SnO<sub>2</sub> target as functions of Ar/O<sub>2</sub> gas flow ratio and rolling speed at DC power of 300 W.

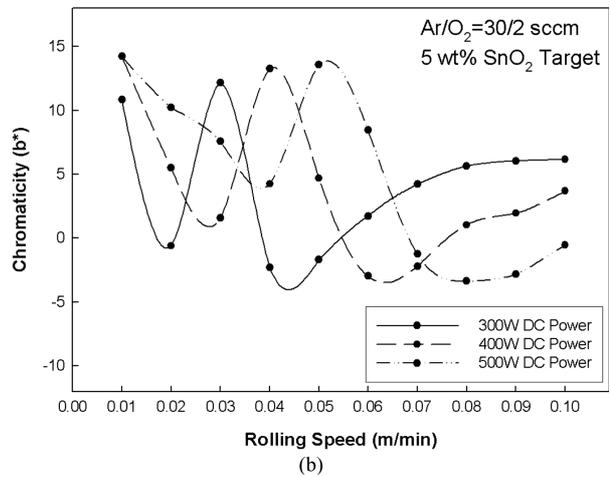
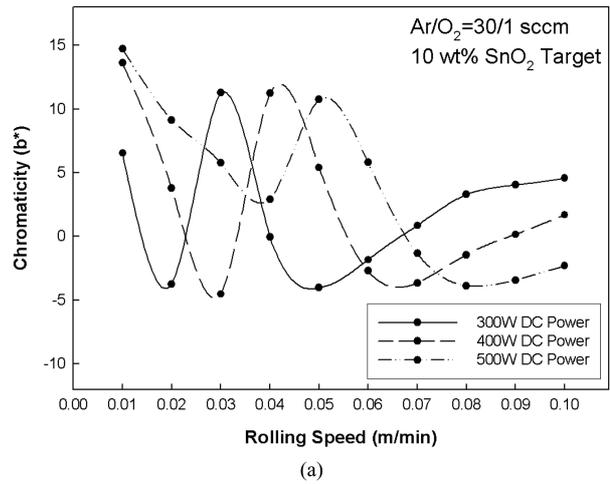
는 것을 알 수 있었다. Ar/O<sub>2</sub>의 가스 유량비에 따른 경향은 비슷하게 나타났으며 0.03 m/min의 rolling speed에서 최고의 투과도를 가지는 것으로 확인되었다.

본 실험에 사용된 PET 필름 원단의 투과도는 광학계 측기에서 약 92%로 확인되었다. 터치스크린의 투명 전극으로 사용되어지는 ITO 필름은 550 nm 파장의 영역에서 90% 이상의 투과도를 가져야 한다.<sup>9)</sup> 이에 만족하는 투과도를 가지는 투명전극용 ITO 필름의 제조를 위해서는 높은 투과도를 가지는 원단을 사용하여야 하며 최적의 DC power, rolling speed 및 Ar/O<sub>2</sub> 가스 유량비의 조건에서 성막하여야 한다.

### 3.2 ITO 필름의 색도

L\*a\*b\* 표색계는 색소 산업분야와 페인트 종이, 플라스틱, 직물 등과 같은 것들에서의 색 오차와 작은 색 차이들을 표현할 필요에 의해서 생겨났으며, 1931년 XYZ (Yxy) 표색계가 지닌 중요한 문제점들 가운데 하나를 없애기 위해 1976년 국제조명위원회(Commission Internationale de l'Éclairage, CIE)에 의해 정의된 통일된 색공간들 가운데 하나이다. 이는 보다 인간의 감성에 접근하기 위해 연구된 결과로 인간이 색채를 감지하는 Yellow에서 Blue, Green에서 Red 간의 반대색설을 기초로 한 것이다. 현재 물체의 색을 측정할 때 가장 많이 사용되고 있으며, 실제로 모든 분야에서 널리 사용되고 있다. L\*는 명도를 나타내며(100은 흰색, 0은 검정색), a\*는 Red에서 Green(+a\*는 빨강, -a\*는 녹색), b\*는 Yellow에서 Blue(+b\*는 노랑, -b\*는 파랑)을 의미한다.

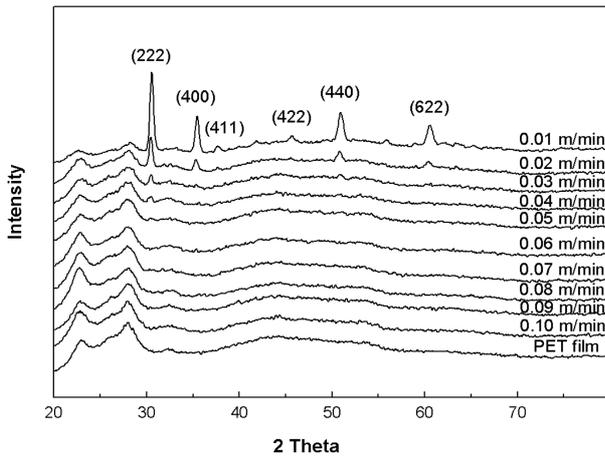
Fig. 4는 ITO 박막의 특성에 영향을 주는 공정변수에 따른 색도(b\*)를 보여주고 있다. Fig. 4(a)는 10 wt% SnO<sub>2</sub>이 도핑된 타겟을 사용하여 rolling speed에 따른 색도



**Fig. 4.** Chromaticity of ITO films deposited on PET substrate by using a Roll-to-Roll sputter system with (a) 10 wt% SnO<sub>2</sub> target and Ar/O<sub>2</sub> gas flow ratio of 30/1 sccm and (b) 5 wt% SnO<sub>2</sub> target and Ar/O<sub>2</sub> gas flow ratio of 30/2 sccm as functions of DC power and rolling speed.

(b\*)를 DC power(300~500 W)의 변화에 따라 나타내었으며, 이때 Ar/O<sub>2</sub> 가스 분압비는 30/1 sccm와 작업압력 0.4 mTorr에서 이루어졌다. Rolling speed가 0.01 m/min씩 증가함에 따라 색도(b\*)와 증착 두께에 따른 경향성은 확인할 수 없었으나, DC power가 증가함에 따라 비슷한 경향으로 shift 됨을 볼 수 있었다. DC power 300 W의 DC power에서는 rolling speed 0.04 m/min일 때 -0.06으로 가장 0에 가까운 색도(b\*)를 확인할 수 있었으며, 400 W에서는 0.09 m/min일 때 0.15, 500 W에서는 -1.33의 색도(b\*)로 나타났다.(Table 1 참조)

Fig. 4(b)는 5 wt% SnO<sub>2</sub>이 도핑된 타겟을 사용하여 Fig. 4(a)와 동일한 공정변수로 하여 PET 필름에 성막하였으며, 이때 Ar/O<sub>2</sub> 가스 분압비는 30/2 sccm와 작업압력 0.4 mTorr이었다. Fig. 4(a)의 결과와 같이 rolling speed가 증가함에 따라 색도(b\*)의 경향성은 확인할 수 없었

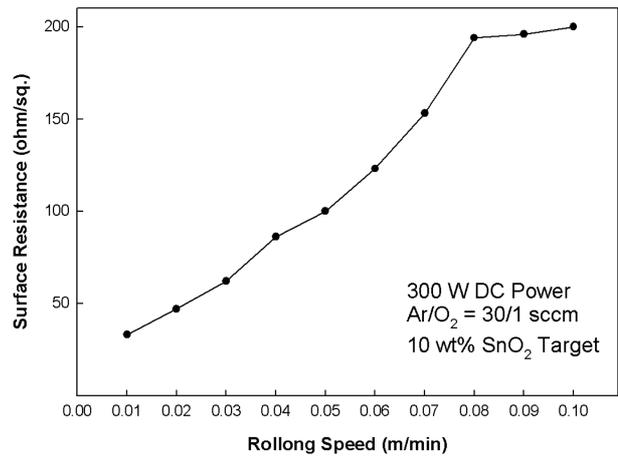


**Fig. 5.** XRD patterns of ITO films deposited on PET substrate by using a Roll-to-Roll sputter system with 5 wt% SnO<sub>2</sub> target as a function of rolling speed at DC power of 300 W and Ar/O<sub>2</sub> gas flow ratio of 30/1 sccm.

으며, 인가전력이 증가함에 따라 비슷한 경향으로 shift 됨을 확인할 수 있었다. DC power 300 W에서는 rolling speed 0.02 m/min일 때 -0.61으로 가장 0에 가까운 색도 ( $b^*$ )를 확인할 수 있었으며, 400 W에서는 0.08 m/min일 때 1.03, 500 W에서는 -0.52의 색도( $b^*$ )를 띄는 것을 확인할 수 있었다.(Table 1 참조)

### 3.3 ITO 필름의 결정성

Fig. 5은 rolling speed에 따라 제조된 ITO 박막의 XRD 측정결과를 나타낸 것이다. 다양한 증착 조건 중에서, 5 wt% SnO<sub>2</sub>이 도핑된 타겟을 사용하여 300 W의 DC power, Ar/O<sub>2</sub>의 가스 유량비는 30/1 sccm으로 증착한 ITO 박막을 선택하여 분석하였다. 10가지 조건 중에서 0.04 m/min의 증착 속도에서 처음으로 (222)의 피크가 나타나기 시작하였다. 이후 0.03, 0.02, 0.01 m/min의 느린 증착속도에서 (400), (440), (622), (411)과 (422)의 피크가 순차적으로 나타나면서 증가하는 현상을 나타내었다. 고분자 PET 필름에 성막된 ITO 박막의 두께가 두꺼울 때 결정성 구조로 성막되었으나, 두께가 얇아지면서 비정질 구조로 성막되었음을 나타낸다. 이는 PET 필름에 ITO 박막이 성막될 때 rolling speed가 느릴수록 두께가 증가하면서 결정성이 나타나는 것으로 여겨진다.<sup>10)</sup> 상온의 공정 조건에서 증착시킨 ITO 박막의 XRD 측정으로 두께변화에 따라 비교한 Kim 등의 연구결과에 의하면 두께가 증가하면서 비정질 특성과 함께 결정성 peak이 나타난다고 보고하였다.<sup>10)</sup> 이전의 연구결과와 보고에 의하면 결정성 ITO 필름을 만드는 공정 조건들은 작업압력,<sup>5)</sup> 기판의 온도,<sup>11,12)</sup> ITO 필름의 전체 두께,<sup>13,14)</sup> 및 산소 분압<sup>15)</sup>을 포함한 다양한 변수에 의존한다고 알려져 있다. PET 필름을 포함한 150 °C 이하의 온도를 가지는 기판



**Fig. 6.** Surface resistance and of ITO films deposited on PET substrate by using Roll-to-Roll sputter system with 10 wt% SnO<sub>2</sub> target as a function of rolling speed at DC power of 300 W and Ar/O<sub>2</sub> gas flow ratio of 30/1 sccm.

에 증착한 ITO 층의 비정질과 결정성을 나타내는 최적의 ITO 박막의 두께가 있으리라 사료된다.

### 3.4 ITO 필름의 면저항

Fig. 6은 Fig. 1의 3가지 조건 중에서 300 W의 DC power로 증착된 ITO 필름의 rolling speed에 따른 (두께 조절에 의한) 전기적인 특성 결과이다. Rolling speed가 증가함에 따라 ITO 필름의 면저항이 증가하는 것을 볼 수 있으며, 증착 두께가 두꺼울수록 면저항은 낮으며 두께가 얇을수록 면저항은 높아짐을 확인할 수 있었다. Rolling speed 10가지 조건 중에서 0.10 m/min일 때, 가장 높은 200 Ω/cm로 분석되었다. 면저항은 비저항/두께로 나타내어지므로 같은 비저항을 가진 재료에서의 면저항은 두께의 증가에 의해 같이 증가하게 된다.<sup>16)</sup> 본 실험의 ITO 필름의 면저항은 rolling speed가 빠른 조건에서는 (낮은 두께) 비정질이 형성되고, 느린 조건에서는 결정성을 띄게 되면 재료의 미세조직이 크게 달라지게 되므로 두께에 의한 영향보다 미세조직에 의한 영향이 클 것이라는 결과와 일치한다.<sup>16)</sup>

## 4. 결 론

터치스크린의 핵심소재인 투명전극으로 사용되는 ITO 필름의 투과도와 색도( $b^*$ )의 연구를 위하여 실온에서 고분자 기판인 PET 필름에 ITO 박막을 Roll-to-Roll 스퍼터를 사용하여 실험을 수행하였다. ITO 필름의 투과도와 색도에 영향을 주는 공정변수를 rolling speed, DC power 및 Ar/O<sub>2</sub> 가스 유량비로하여 다양한 조건에서 ITO 박막을 성막시켰다.

실온에서 다양한 조건으로 rolling speed에 의한 두께

조절을 통하여 성막시킨 ITO 필름의 투과도 및 색도(b\*)의 경향은 확인할 수 없었으나, 전체적인 경향에서 투과도가 높을수록 yellowish하며 낮을수록 blueish해지는 경향을 확인할 수 있었다. ITO 박막의 투과도는 73.75~88.82%로 나타났으며, 색도(b\*)는 -4.53~14.72 사이의 값을 얻었다. 또한 두께 조절에 따른 면저항은 박막의 두께가 증가할수록 면저항은 낮아지는 것을 알 수 있었다. ITO 필름의 결정성은 다양한 rolling speed에서 속도가 증가함에 따라 결정성 구조에서 비정질의 박막이 성막되는 것을 확인하였다.

본 연구의 결과로부터 Roll-to-Roll 스퍼터 공정에서 양질의 ITO 박막을 얻기 위해서는 적절한 rolling speed, DC power 및 Ar/O<sub>2</sub> 가스 유량비에 의한 최적의 두께가 있으므로 판단되며, ITO 필름 제조 산업에 초석이 되리라 사료된다.

### 감사의 글

본 연구는 산업자원부와 한국산업기술재단의 지역혁신 인력양성사업으로 수행된 연구결과임. 본 연구는 경북대학교 모바일 디스플레이 산학연 센터 (MDRC)를 이용하여 수행된 연구결과임.

### 참 고 문 헌

1. Y. Leterrier, L. Médico, F. Demarco, J. -A. E. Manson, U. Betz, M. F. Escolà, M. K. Olsson and F. Atamny, *Thin Solid Films*, **460**, 156 (2004).
2. T. Nakada, Y. Hirabayashi, T. Tokado, D. Ohmori and T. Mise, *Solar Energy*, **77**, 739 (2004).
3. N. Kikuchi, E. Kusano, E. Kishio and A. Kinbara, *Vaccum*, **66**, 365 (2002).
4. F. Kurdesau, G. Khripunov, A. F. da Cunha, M. Kaelin, A. N. Tiwari, *J. Non-Cryst. Solids*, **352**, 1466 (2006).
5. J. H. Lee, H. K. Jung, J. I. Lee, D. G. Lim, K. J. Yang, J. S. Yi and W. C. Song, *Thin Solid Films*, **516**, 1634 (2008).
6. C. Guillén and J. Herreo, *Mater. Chem. Phys.*, **112**, 641 (2008).
7. S. W. Cho, K. H. Choi, J. H. Bae, J. M. Moon, J. A. Jeong, S. W. Jeong, N. J. Park and H. K. Kim, *Kor. J. Mater. Res.*, **18**(1), 32 (2008).
8. Y. L. Choi and S. H. Kim, *J. Kor. Inst. Met. & Mater.* **44**(12), 844 (2006).
9. T. maeda, *Display*, **5**(9), 82 (1999).
10. Y. L. Choi and S. H. Kim, *J. Kor. Inst. Met. & Mater.* **44**(8), 562 (2006).
11. C. H. Yi, Y. Shigesato, I. Yasui and S. Takaki, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **34**, L244 (1995).
12. T. J. Vink, W. Walrave, J. L. C. Daams, P. C. Baarslag and J. E. A. M. Meerakker, *Thin Solid Films*, **266**, 145 (1995).
13. S. Muranaka, Y. Bando and T. Takada, *Thin Solid Films*, **151**, 355 (1987).
14. S. Muranaka, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **30**, L2062 (1991).
15. P. K. Song, Y. Shigesato, I. Yasui and C. W. Ow-Yang, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **37**, 1870 (1998).
16. Y. L. Choi, S. H. Kim, *J. Kor. Inst. Met. & Mater.*, **44**(8), 569 (2006).