

## ITO와 ZnO : Al 투명전도막의 전기적 특성 및 PDP 셀의 휘도 특성

(Electrical Properties of ITO and ZnO : Al Thin Films and Brightness Characteristics of PDP Cell with ITO and ZnO : Al Transparent Electrodes)

곽동주\*

(Dong-Joo Kwak)

### 요 약

각 종 전자 디바이스의 투명전도막으로 많이 사용되는 ITO 및 ZnO : Al 박막을 스퍼터링법에 의해 제작하였다. 가스압력 및 기판온도 등의 최적조건하에서 제작된 ITO 및 ZnO : Al 박막은 각각  $1.67 \times 10^{-3} [\Omega\text{-cm}]$  및  $2.2 \times 10^{-3} [\Omega\text{-cm}]$ 의 비저항율과 89.61[%] 및 90.88[%]의 가시광 영역에서의 광투과율을 나타내었다.

ZnO : Al과 ITO 투명전극을 이용하여 5인치 PDP 셀을 동일한 제조조건하에서 제작하였다. ZnO : Al의 경우 Ne(base)-Xe(8%)의 가스 혼합비, 그리고 400[Torr]의 압력조건에서 가장 잘 동작되었으며, 200~300[V]의 인가전압 범위에서  $836[\text{cd}/\text{m}^2]$ 의 평균휘도를 나타내었다. 고휘도 및 저 소비전력특성을 위한 중요한 파라메타인 광효율은 전원 주파수가 10~50[Khz]의 범위에서 1.2~1.6[lm/W]정도를 나타내었으며, ITO의 경우 휘도 및 광 발생 효율은 약 10[%]정도 상승하였다.

### Abstract

Tin doped indium oxide(ITO) and Al doped zinc oxide(ZnO : Al) films, which are widely used as a transparent conductor in optoelectronic devices, were prepared by using the capacitively coupled DC magnetron sputtering method. ITO and ZnO : Al films with the optimum growth conditions showed each resistivity of  $1.67 \times 10^{-3} [\Omega\text{-cm}]$ ,  $2.2 \times 10^{-3} [\Omega\text{-cm}]$  and transmittance of 89.61[%], 90.88[%] in the wavelength range of the visible spectrum.

The two types of 5 inch-PDP cells with ZnO : Al and ITO transparent electrodes were made under the same manufacturing conditions. The PDP cell with ZnO : Al film was optimally operated in the mixing gas rate of Ne(base)-Xe(8[%]), and at gas pressure of 400[Torr]. It also shows the average measured brightness of  $836[\text{cd}/\text{m}^2]$  at voltage range of 200~300[V]. Luminous efficiency, one of the key parameter for high brightness and low power consumption, ranges from 1.2 to 1.6[lm/W] with increasing frequency of ac power supplier from 10 to 50[Khz]. The brightness and luminous efficiency are lower than those with ITO electrode by about 10[%]. However, these values are considered to be enough for the normal operation of PDP TV.

Key Words : ITO, ZnO : Al, Optical transmittance, Electrical resistivity, Transparent conductor, PDP

\* 주저자 : 경성대학교 전기전자공학과 교수  
Tel : 051-620-4771, Fax : 051-624-5980  
E-mail : djkwak@ks.ac.kr

접수일자 : 2006년 4월 19일  
1차심사 : 2006년 5월 4일, 2차심사 : 2006년 5월 25일  
심사완료 : 2006년 6월 1일

## 1. 서 론

PDP를 비롯한 평판 디스플레이 장치의 투명전극은 반도체 산화물로서 SnO<sub>2</sub>, ITO, CdO, ZnO : Al 등의 재료가 주로 이용되고 있으며, 낮은 비저항율과 우수한 시각특성 등의 장점으로 ITO(Indium tin oxide) 박막이 널리 이용되어 왔다[1]. 그러나 최근 체적저항율은 다소 높으나 환원성 분위기에 대한 내성, 가시광 영역에서의 높은 광 투과율과 저렴한 가격 등의 장점과 함께 비화확양론적 결합구조, 넓은 band gap, 광학적 투광성 그리고 큰 압전상수 등의 특성으로 인하여 ZnO : Al 박막이 ITO 박막을 대체할 투명전도막 재료로 주목받고 있다[2]. 현재 ZnO : Al 박막은 가스센서, 염료감응형 태양전지, micro-actuators 등의 투명전도막에 많이 응용되고 있으며, 특히 PDP 형식의 배면광원의 개발이 시도되고 있어, 이러한 다양한 응용을 위한 ZnO : Al 박막의 결정성, 광학적 특성 그리고 전기적 특성에 미치는 증착 조건에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다[3-8].

ZnO는 II-VI족 화합물 반도체로서 상온에서 3.3[eV]의 wide band gap을 갖는 직접 천이형 반도체로, 화학양론적인 조성을 갖는 벌크상태의 ZnO는 고저항체가 되는데, 이를 박막화 시키는 과정에서 원자의 비율이 1 : 1을 벗어나 비화확양론적인 구조를 가지고 성장하므로 Zn 침입형 원자나 산소공공과 같은 결함들을 결정 내에 포함하고 있으며, 이러한 결함결합들은 이온화 반응을 거쳐 전자를 생성하여 전기전도에 기여하게 된다[3].

필자는 선행 연구 등을 통하여 ITO 박막을 대체할 투명전도막 재료로써의 ZnO : Al 박막의 효율성을 평가하기 위하여, 광범위한 가스 압력 및 기판 온도 그리고 Al 도핑 농도의 변화에 대한 ZnO : Al 박막의 전기 전도 메카니즘을 명확히 하였으며[7-8], 본 연구에서는 ZnO : Al 박막의 PDP 셀의 투명전극으로서의 적용 가능성을 타진하기 위하여 ITO 및 ZnO : Al 박막을 DC 마그네트론 스퍼터법에 의해 제작하는 한편, 이를 이용한 PDP 셀을 동일한 조건 하에서 자체적으로 제작하여 PDP 셀의 방전특성에 따른 광학적 특성을 비교 검토하였다.

## 2. 실 험

### 2.1 실험장치

진공조는 SUS304로 직경 270[mm], 높이 450[mm]의 직원통의 형태이며, 방전 중 진공조 내의 온도 상승을 억제하기 위하여 진공조를 수냉벽으로 하였다. 진공조는 로터리 펌프와 유확산 펌프를 사용하여 초기진공을 약 10<sup>-6</sup>[Torr]까지 배기한 후, MFC로 아르곤가스를 주입하여 원하는 압력을 조절하였다. 전극 간격은 예비실험을 통하여 안정된 글로우 방전 플라즈마의 형성과 우수한 막 특성을 보인 5[cm]로 고정하였다.

표 1. 박막 제조 조건

Table 1. Detailed thin film fabricating conditions

Target	Indium Tin Oxide(99.99[%])	ZnO : Al (99.9[%])
	In <sub>2</sub> O <sub>3</sub> : SnO <sub>2</sub> = 90 : 10 mol[%]	ZnO : Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> = 98 : 2 wt[%]
	(3인치Φ × 1/4인치T)	
Substrate	Corning glass 1737 (10[mm]×20[mm]×5[mm])	
Target-Substrate distance	50[mm]	
Substrate temperature	RT, 100, 200, 300, 400[°C]	
Sputter gas	Ar(99.999[%])	
Sputter gas pressure	1~50[mTorr]	
Presputtering time	Upper 10[min]	
Sputtering time	20~30[min]	
DC power	40[W]	

표 1에 박막의 제조조건을 나타내었다. 기판으로는 코닝글래스 1737을 유기세척법으로 세척하여 사용하였고, 제작된 박막은 α-step(Dektak 3030)을 사용하여 박막의 두께 및 증착률을 조사하였으며, X-ray diffractometer(Rigaku Co., D/max 2100H)로 결정성 및 결정방향을 조사하기 위하여 2θ[°]~80[°]의 범위의 회절각(2θ)에서 X선 회절분석을 하였다. 전기 비저항은 4-point probe(CMT-ST1000)법을 이

## ITO와 ZnO : Al 투명전도막의 전기적 특성 및 PDP 셀의 위도 특성

용하여 측정하였으며, 광 투과도 및 광 흡수도 등과 같은 광 특성을 측정하기 위하여 UV spectrophotometer(Hitachi Co. U-3000)로 가시광 영역인 400 [nm]에서 800[nm]의 파장 범위까지 측정하였다.

박막형성 시 방전 전력은 40[W]로 고정하였으며, 증착 시간은 20분으로, 이때 얻어진 박막의 두께는 증착시의 압력조건에 따라 다르나, 최적의 압력 조건으로 생각되는 1~5[mtorr]의 범위에서 약 550~680[nm] 정도였으며, 이러한 조건하에 계산된 ITO 박막의 증착률은 압력 조건에 따라 28~34[nm/min].의 범위였다. 한편 ZnO : Al의 경우 1[mtorr]에서 약 800[nm]정도였다.

### 3. ITO 및 ZnO : Al 투명전도막의 제작

#### 3.1 ITO 및 ZnO : Al 전도막의 구조적 특성

그림 1은 공급전력 40[W], 기판온도 300[°C](ITO)와 400[°C](ZnO : Al)에서 압력의 변화에 따른 박막의 X선 회절 분석 결과로, ITO 박막은 주 성장면인 (400)면을 비롯하여 (222), (331), (622)면의 회절피크가 관찰되었으며, 동작압력이 감소할수록 주 배향면인 (400)배향이 강하게 성장하고 다른 면들의 성장은 억제되었다. ZnO : Al 박막은 1~20[mtorr]의 범위에서는 동작압력에 관계없이 (002)면의 우선배향성을 보여주었으며, (002)회절 피크에서의 2θ 값은 standard ZnO crystal(34.45°)과 일치하였다. 그림으로부터 ITO 및 ZnO : Al 박막은 동작압력이 감소할수록 주 배향면으로의 배향이 강하게 성장함을 알 수 있는데, 동작압력의 감소에 따라 회절피크가 증가하는 것은 스퍼터 원자가 가스 입자에 산란될 확률이 감소하여 평균자유행정이 길어지게 됨으로써 원자의 에너지가 커진 결과로 생각된다. 한편, 그림 2는 기판 온도의 변화에 따른 회절 피크를 나타낸 것으로 ITO 박막의 (400)면은 기판온도 200~400 [°C] 사이에 형성되어 성장되는 경향을 보인다. 또한, 기판온도가 상승할수록 스퍼터 된 원자의 기판에서의 확산이 용이해져 ITO 박막이 결정화되거나 결정 입자가 성장한 것으로 생각된다. 한편, ZnO : Al 박막에서 (002)면은 200~400[°C] 사이에 형성되어 성

장되었으며 기판온도가 증가할수록 결정의 성장이 활발하였다. 이것은 기판온도가 상승할수록 원자의 확산속도가 증가하여 박막의 결정화가 촉진되거나 결정입자의 성장이 활발한 때문으로 생각된다.

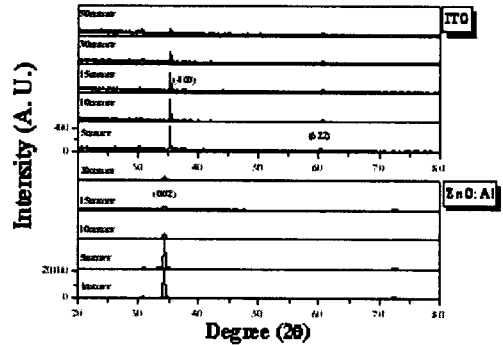


그림 1. 동작압력에 따른 X-ray 회절 패턴  
Fig. 1. X-ray diffraction patterns with different gas pressures

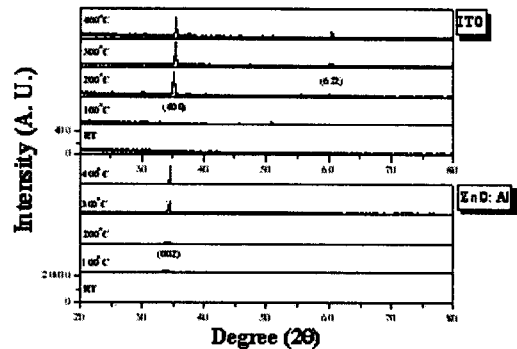


그림 2. 기판온도에 따른 X-ray 회절 패턴  
Fig. 2. X-ray diffraction patterns with different substrate temperatures

#### 3.2 ITO 및 ZnO : Al 전도막의 전기적 특성

그림 3은 공급전력 40[W], 가스압력 5[mtorr](ITO)와 1[mtorr](ZnO : Al)에서 기판온도의 변화에 대한 전기 저항률을 나타낸다. ITO 및 ZnO : Al의 체적저항율은 기판온도가 상승함에 따라 감소하였으며, 각각 5[mtorr]의 압력하에서  $1.67 \times 10^{-3}$  및 1[mtorr]에서  $2.2 \times 10^{-3} [\Omega \cdot \text{cm}]$ 로 가장 낮은 저항율을

나타내었다. 기판온도가 증가함에 따라 저항률이 감소하는 것은 원자의 확산속도가 증가하여 결정입자가 성장하고 결정화의 진행에 따라 캐리어로 작용하는 산소공공의 농도와 이동도가 증가하기 때문으로 생각되며, 또한 ZnO : Al 박막의 경우 기판 온도의 증가에 따라 결합에너지가 낮은 산소원자가 재스퍼터 되어 산소결핍 등의 결합이 증가하여 저항률의 감소를 초래한 것으로 생각된다.

그림 4는 공급전력 40[W], 기판온도 300[°C](ITO)와 400[°C](ZnO : Al)에서 가스압력의 변화에 대한 전저항을 나타낸다. 동작압력이 감소함에 따라 저

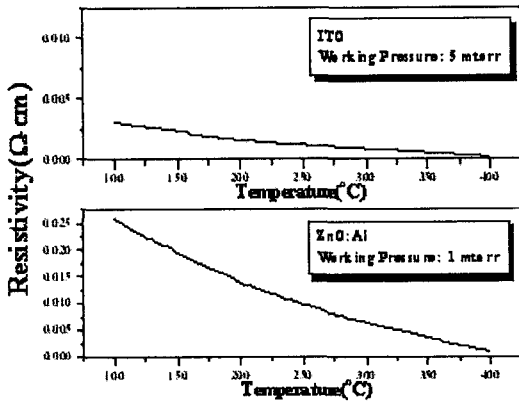


그림 3. 기판온도의 변화에 따른 박막의 저항률  
Fig. 3. Volume resistivity with different substrate temperature

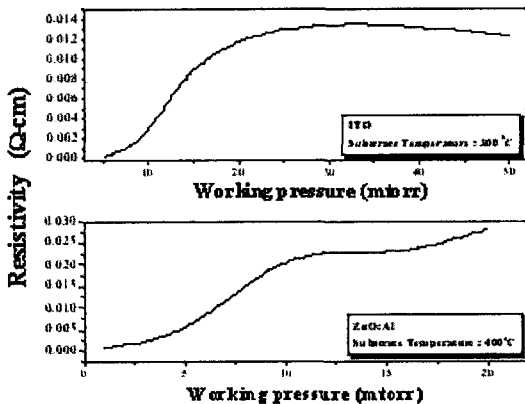


그림 4. 동작압력의 변화에 따른 박막의 저항률  
Fig. 4. Volume resistivity with different gas pressures

항률이 감소하는 것은 박막형성시 동작 가스의 압력이 감소함에 따라 방출된 스퍼터 원자가 아르곤 기체 입자에 산란될 확률이 감소하게 되어 증착률이 증가하게 된다. 따라서 높은 증착률로 인하여 스퍼터 입자들이 적당한 위치를 찾기 전에 성막이 이루어지고 비화학양론적인 조성을 갖게 되어 이로 인한 캐리어의 발생으로 저항률이 감소하는 것으로 생각된다.

### 3.3 기판온도와 동작압력에 따른 광학적 특성

그림 5 및 그림 6은 각각 ITO(300[°C]) 및 ZnO : Al (400[°C]) 박막의 압력의 변화에 따른 박막의 광 투과도 스펙트럼의 측정결과를 나타내었다. ITO 박막은 400~800[nm] 영역의 가시광 영역에서 50[mtorr], 30[mtorr], 5[mtorr], 10[mtorr], 15[mtorr] 순으로 optical edge 가 이동함을 알 수 있으며, 압력이 증가할수록 광 투과도가 증가함을 알 수 있었다.

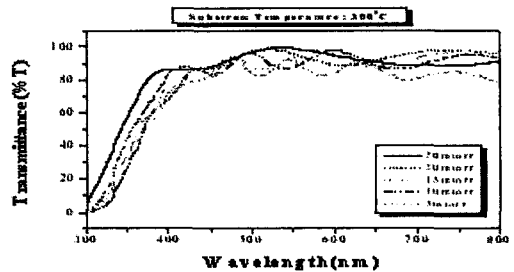


그림 5. 동작압력에 따른 ITO 박막의 광 투과도  
Fig. 5. Optical transmittance of ITO film with different gas pressures

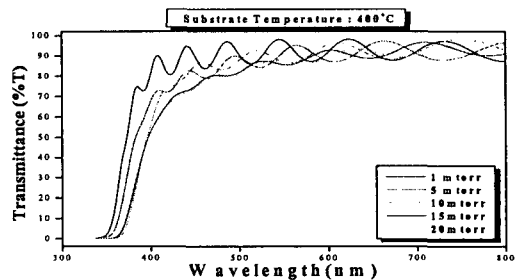


그림 6. 동작압력에 따른 ZnO : Al 박막의 광 투과도  
Fig. 6. Optical transmittance of ZnO : Al film with different gas pressures

ITO와 ZnO : Al 투명전도막의 전기적 특성 및 PDP 셀의 휘도 특성

ITO 및 ZnO : Al 박막은 기판온도와 동작압력의 증착조건과는 무관하게 그림 5 및 그림 6의 광 투과도 스펙트럼의 투과도를 400[nm]에서 800[nm]까지 평균하여 나타낸 결과, 평균 90[%] 내외의 투과율을 보였다.

이상의 연구 결과, ITO 박막의 경우 300[°C]의 기판온도, 5[mtorr]의 가스 압력 조건하에서  $1.67 \times 10^{-3}$  [ $\Omega$ -cm]의 저항을 및 89.61[%]의 광 투과율을 나타내었으며, ZnO : Al의 경우 400[°C]의 기판온도, 1[mtorr]의 가스 압력 조건하에서  $2.2 \times 10^{-3}$  [ $\Omega$ -cm]의 저항을 및 90.88[%]의 광 투과율로, 본 연구에서의 실험 범위 내에서는 PDP 셀의 투명전도막으로써 가장 우수한 특성으로 생각되었다.

4. AC PDP 셀의 제작 및 광학적 특성

그림 7은 본 연구에서 제작된 3전극 면방전형 AC PDP 셀의 구조를 나타낸다. 그림과 같이 전면기판은 주 전극인 유지 전극과 스캔 전극으로 구성되어 있는 투명전극과 투명전극의 저항값을 낮추어 방전 전류의 경로역할을 하는 버스 전극, 전류제한 커패시터 역할로 패널에 전하축적 기능을 부여하는 투명 유전층, 유전체 보호막 기능과 이차전자 방출의 기능을 가지는 유전체 보호막으로 구성되어 있으며 후면 기판은 특정 셀을 선택하여 방전하기 위한 전면의 투명전극과 수직방향의 데이터 전극, 전극 보호용 후면 유전층, 방전 셀의 경계를 이루면서 인접 셀과의 cross-talk 방지 역할을 하는 격벽, 그리고 진공외선으로부터 가시광 방출 기능을 담당하는 형광체로 이루어져 있다[9].

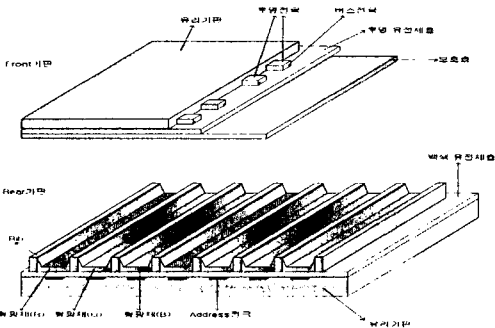


그림 7. AC형 PDP의 구조  
Fig. 7. The structure of AC PDP Cell

표 2. Test panel의 사양  
Table 2. Specifications of test panel

Working Gas : Xe(8[%]) + Ne Base, 400[Torr]		
Front Panel	Electrode gap	60[ $\mu$ m]
	Electrode Width	270[ $\mu$ m]
	Bus Electrode Width	100[ $\mu$ m]
	Dielectric Thickness	30[ $\mu$ m]
Rear Panel	MgO Thickness	5000[Å]
	Address Electrode Width	100[ $\mu$ m]
	White-Back Thickness	20[ $\mu$ m]
	Barrier Rib Width	60[ $\mu$ m]
	Barrier Rib Height	130[ $\mu$ m]
	Barrier Rib Pitch	270[ $\mu$ m]
	Phosphor Thickness	20[ $\mu$ m]

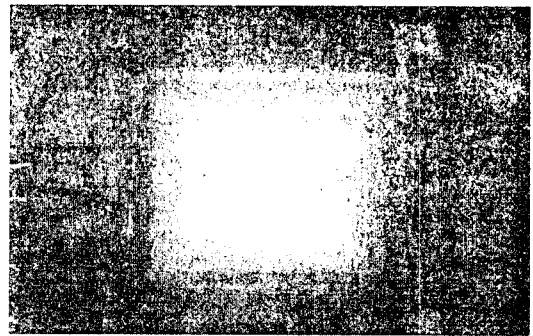


그림 8. ITO(위) 및 ZnO : Al(아래) 투명전극을 이용한 PDP셀의 발광  
Fig. 8. Luminescence phenomena of PDP cell using ITO(upper) and ZnO : Al(lower) electrodes

본 연구의 목적은 투명전극으로써 ITO 및 ZnO : Al 박막이 PDP 셀의 휘도 특성에 미치는 영향을 비교하는데 있으므로 동일한 시료제작 조건을 적용하여 시료의 제작 공정상의 오차를 최소화하였으며, 또한 동일한 기판 위에 ZnO : Al과 ITO 전극을 같은 면적으로 제작하였다. 표 2에 제작된 셀의 주요 제원 및 제작된 PDP 셀의 발광 사진을 그림 8에 나타낸다. 제작된 PDP 셀은 투명전극의 종류에 관계없이 Ne(base)- Xe(8[%]) 혼합 가스 비와 400[Torr]의 동작압력에서 최적의 휘도 및 광발생 효율 특성을 나타내었으며, 발광 면적은 두 경우 모두 약 175[mm]로 동일하였다. 또한, ITO 및 ZnO : Al 투명전도막을 이용

한 경우 200~300[V]의 통상적인 사용전압의 범위에서 발광 특성을 측정하였으며, 이 때 방전유지전압[V<sub>s</sub>]은 각각 220[V] 및 240[V]로 ITO의 경우가 ZnO : Al에 비해 방전유지전압이 약간 낮음을 알 수 있었다.

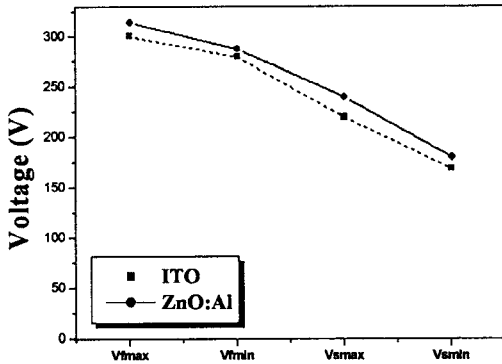


그림 9. ITO 및 ZnO : Al 전극의 정마진 특성  
Fig. 9. Voltage margin properties of ITO and ZnO : Al electrodes

한편, 본 연구에서는 제작된 상판과 하판을 봉합하여 진공조에 장착하고, 초기 진공을 10~6[Torr]까지 배기한 후, 혼합 가스를 주입하여 예비방전을 한 후, 방전전압이 안정되고 난 후 방전 실험을 행하였다. 방전전압의 측정은 가스압력을 100[Torr]에서 500[Torr]까지 가변하고, 구형파를 인가하여 방전개시전압 V<sub>f</sub>와 방전유지전압 V<sub>s</sub>를 측정하였다. 방전개시전압(V<sub>f</sub>, firing voltage)은 셀이 소거된 상태에서 서서히 인가전압을 증가시켜 최초의 한 셀이라도 생성되는 전압으로 하였으며, 방전유지전압(V<sub>s</sub>, sustain voltage)은 전 셀을 방전시킨 상태에서 서서히 인가전압을 감소시켜 최초의 한 셀이라도 소멸하는 전압으로 하였다. V<sub>f</sub>와 V<sub>s</sub>사이의 차이를 쌍안정 마진이라 정의한다. AC PDP에서 쌍안정 마진이 클수록 메모리 구동을 할 수 있는 전압범위가 커진다. 그림 9에 ITO 및 ZnO : Al의 경우의 정마진 특성을 나타내었다.

본 연구의 경우 두 전극간의 정마진 특성에는 거의 차이가 없었다.

그림 10은 전원주파수 10~50[Khz]의 범위에서 주파수의 변화에 대한 ITO 및 ZnO : Al 투명전도막을 갖는 PDP 셀의 휘도 특성을 나타낸다. 그림에서

알 수 있듯이 주파수가 증가할수록 휘도는 증가하였으며, 전원주파수 10~50Khz의 범위에서 ZnO : Al의 경우 238~836, ITO의 경우, 270~957[cd/m<sup>2</sup>] 정도의 휘도특성을 얻을 수 있었다. 특히, 전원주파수 50Khz의 경우 ITO 및 ZnO : Al의 휘도는 각각 957 및 836[cd/m<sup>2</sup>] 정도로, 이는 PDP에서 필요한 평균적인 휘도의 범위 내에 있다고 볼 수 있다. 또한, 전원주파수 10, 25, 50Khz 일 때, ZnO : Al의 경우의 휘도는 기존의 ITO전극에 비해 각각 12[%], 11[%], 13[%] 정도 감소하였다. 이것은 표 3에 정리되어 있는 바와 같이 ZnO의 경우 ITO에 비해 주어진 전원주파수 조건하에서 방전개시전압은 높으나 방전유지전압이 기존의 ITO 전극의 경우에 비해 20[V] 정도 증가함으로써, PDP 구동을 위한 무성방전의 효율이 감소하며, 이에 대해 축적되는 벽전하량도 다소 감소하고 있어, ZnO의 경우 휘도가 약간 감소한 것으로 사료된다.

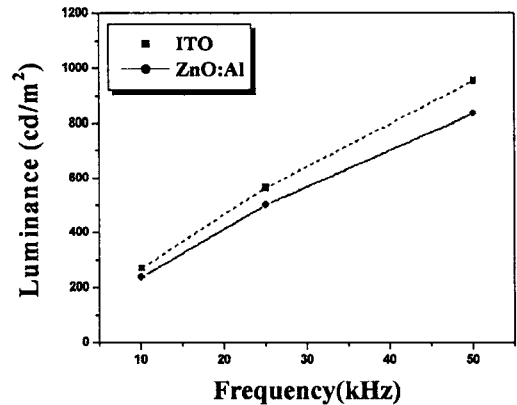


그림 10. ZnO : Al과 ITO 투명전극의 휘도 특성  
Fig. 10. Luminance properties of ITO and ZnO : Al electrodes

한편 AC PDP의 광효율은 소비전력에 대한 광속의 비로 정의된다. 표면방전형 칼라 PDP의 반사형 타입의 형광체는 격벽 양쪽과 유전체에도 도포되어 있다. 형광체 발광표면이 완전 확산면이라고 가정하면, 2 $\pi$  공간에 방사하는 광속 L은

$$L = \pi I_0 \tag{1}$$

ITO와 ZnO : Al 투명전도막의 전기적 특성 및 PDP 셀의 휘도 특성

이며, PDP 표시화면의 면적을 S라 하고, 휘도 B가 일정하다고 할 때, 표시화면 수직방향 광도 I<sub>0</sub>는 다음과 같이 표현된다.

$$I_0 = BS \quad (2)$$

한편 식(1)과 식(2)에 의해, AC PDP의 광속 L은

$$L = \pi I_0 = \pi BS \text{ (lm)} \quad (3)$$

이며, 따라서 광효율은 다음과 같이 정의된다.

$$\text{Luminous efficiency} = \frac{\pi \times B \text{ (cd/m}^2) \times S \text{ (cm}^2)}{\text{Power consumption (W)}} \quad (4)$$

그림 11에 두 전극의 광 발생효율특성을 나타낸다. 그림으로부터 ZnO : Al 전극의 경우 효율은 ITO 전극의 경우에 비해 전원주파수에 관계없이 약 10% 정도 감소하였다. 이러한 결과는 투명전극으로써의 ITO 및 ZnO : Al 박막의 체적 저항률 및 광투과율 특성에 거의 차이가 없었으나, ITO전극의 경우가 ZnO : Al에 비하여 벽전하의 축적이 보다 원활하여 약 20[V]정도 낮은 방전유지전압 조건하에서도 원활한 방전이 가능하기 때문으로 사료된다.

이러한 결과로부터 ZnO : Al 박막을 투명전극으로 사용하기 위해서는 박막의 체적저항률의 향상이 필요하며 또한, 무성방전시 벽전하의 축적 및 수송 특

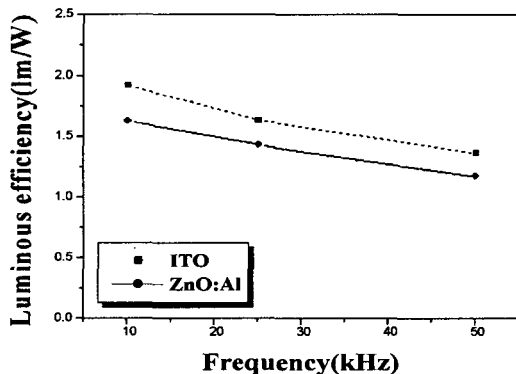


그림 11. ZnO : Al과 ITO 투명전극의 효율특성  
Fig. 11. Luminous efficiencies of ITO and ZnO : Al electrodes

표 3. ITO와 ZnO : Al의 방전 파라메타  
Table 3. Discharge parameters of ITO and ZnO : Al electrodes

Panel Condition(Xe : 8[%]-Ne : base, 400[Torr]), ZnO : Al					
주파수 [kHz]	전압[V]	전하량 [uVs]	휘도 [cd/m <sup>2</sup> ]	면적[mm <sup>2</sup> ]	효율 [lm/w]
10	264	0.075	238	174.96	1.62708
25	264	0.072	503	174.96	1.43281
50	264	0.073	836	174.96	1.17438
Panel Condition(Xe : 8[%]-Ne : base, 400[Torr]), ITO					
주파수 [kHz]	전압[V]	전하량 [uVs]	휘도 [cd/m <sup>2</sup> ]	면적[mm <sup>2</sup> ]	효율 [lm/w]
10	250	0.077	270	174.96	1.92735
25	250	0.076	565	174.96	1.63449
50	250	0.077	957	174.96	1.36628

성, 그리고 전력의 소비 메카니즘 등 무성방전 특성의 개선을 위한 노력과 함께 투명전극의 제작 후 셀 프로세싱 중에 생기는 열적 응력에 따른 미세구조의 변화 및 유전체 재료와의 반응성에 대한 검토도 필요하다고 생각된다.

### 5. 결 론

본 연구에서는 투명전도막으로 사용되고 있는 ITO와 ZnO : Al 박막을 DC 마그네트론 스퍼터법으로 제작하고 최적의 조건을 도출한 후 AC PDP 셀을 동일한 조건에서 제작하여 그 특성을 비교하였다. 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) ITO 박막은 기판온도 300[°C], 동작압력 5[mTorr]에서 최적의 성장조건을 나타내었고 이때 1.67×10<sup>-3</sup>[Ω-cm]의 저항률과 가시광 영역에서 89.61 [%]의 투과도를 보였다.

(2) ZnO : Al 박막은 기판온도 400[°C], 동작압력 1[mTorr]에서 최적의 성장조건을 나타내었고 이때 2.2×10<sup>-3</sup>[Ω-cm]의 저항률과 가시광 영역에서 90.88 [%]의 투과도를 보였다.

(3) 제작된 PDP 셀의 방전특성은 Ne(base)-Xe(8%) 혼합 가스 비와 400[Torr]의 동작압력에서 최적으로 나타났으며, ZnO : Al 투명전도막을 이용한 PDP 셀의 경우 200~300[V]의 통상적인 사용전

압의 범위에서 구동전압 264[V], 휘도 836[cd/m<sup>2</sup>]의 범위로 이는 PDP에서 필요한 평균적인 휘도의 범위 내에 있었다.

(4) ZnO : Al 투명전도막을 이용한 PDP 셀의 경우 기존의 ITO 전극의 경우와 비교해 볼 때 인가 전압의 주파수에 따라 조금씩 차이는 있지만 휘도는 ITO에 비해 평균적으로 약 10[%] 정도 감소하였고, 광 발생 효율도 이에 비례하여 약간 감소하였다.

본 연구는 2004년도 경성대학교 학술지원사업의 연구비로 수행되었습니다.

## References

- [1] R. Tueta and M. Braguier, "Fabrication and characterizations of Indium Tin Oxide thin films for electroluminescent applications", Thin Solid Films, Vol.80, No.1, p.143, 1981.
- [2] 황득규, "ZnO계 소자 연구 동향", 전기전자재료학회지, 제15권, 제6호, p.35, 2002.
- [3] Woon-Jo Jeong, Gye-Choon Park, "Electrical and optical properties of ZnO film as a function of deposition parameters", Solar Energy Material & Solar Cells, 65, pp.37~45, 2001.

- [4] Yasuhiro Igasaki, et. al., "Argon gas pressure dependence of the properties of transparent conducting ZnO : Al films deposited on glass substrates", Applied Surface Science, pp.169~170, p.509, 2001.
- [5] 정운조 외, "스퍼터링법에 의한 ZnO 투명전도막의 제작과 전기적 특성", 센서학회지, 제6권, 1호, pp.49~54, 1997.
- [6] 박용욱 외, "RF 마그네트론 반응성 스퍼터링으로 제작된 ZnO/Glass 박막 특성", 한국전기전자재료학회, Vol.11, No.10, pp.833~841, 1998.
- [7] D. J. Kwak, et. al., "Argon Gas Pressure and Substrate Temperature Dependences of ZnO : Al Film by Magnetron Sputtering", JKPS, Vol.45, No.1, p.206, 2004.
- [8] D. J. Kwak, et. al., "Improved electrical properties of ZnO : Al transparent conducting oxide films using a substrate bias", Superlattices and Microstructures, 39, pp.107~114, 2006.
- [9] J. L. Deschamps, "Recent Development of Technology for Color-Plasma-Display", SID, pp.315~318, 1984.

## ◇ 저자소개 ◇

### 곽동주 (郭東周)

1958년 6월 20일생. 1983년 2월 건국대학교 전기공학과 졸업(학사). 1989년 3월 (일본)구주대학 전기공학과 졸업(공학). 1989년 3월 KERI 선임연구원. 1990년 3월 경성대학교 전기공학과 전임강사. 1997년 Texas Tech Univ. Visiting Scholar. 현재 경성대학교 전기전자공학과 교수.