

논문 2007-44SD-12-3

# MgO 보호막의 결함 전위 레벨이 AC-PDP 방전 특성에 미치는 효과

(Effect of Defect Energy levels on the AC PDP Discharging Characteristics)

권 상 직\*, 김 용 재\*, 조 의 식\*

(Sang Jik Kwon, Yong Jae Kim, and Eou Sik Cho)

## 요 약

본 연구에서는 전자빔 증착의 증착률이 MgO 보호막의 특성과 제작된 PDP의 방전 특성에 주는 영향에 대하여 연구, 분석하였다. MgO 박막을 여러 조건의 증착률로 증착하였고, 이 후 결정 구조, 표면 거칠기, 박막 구조와 같은 특성을 XRD, AFM 등을 사용하여 측정, 평가 하였다. 실험 결과와 Paschen law을 통해서 5 Å/sec의 증착률에서 이차전자방출이 최대가 되는 것을 확인할 수 있었으며, 동일 조건에서 방전 전압이 가장 작고, 발광 효율은 가장 큰 값을 갖는 것이 확인되었다. 또한 5 Å/sec의 (200) 결정 방향과 F<sup>+</sup> center 측정값도 가장 높게 측정되었다. XRD와 CL 스펙트럼의 결과를 통하여 이차전자방출계수가 MgO 박막의 분자 결정상의 F/F<sup>+</sup> centers 구조와 관련 있음을 확인할 수 있었다.

## Abstract

The effects of the evaporation rate of MgO films using an electron beam on the MgO properties and the discharge characteristics of a plasma display panel(PDP) were investigated and analyzed. MgO films were deposited with the various MgO evaporation rates. The MgO properties such as the crystal orientation, the surface roughness, and the film structure, were inspected using XRD(X-ray diffractometry), AFM(atomic force microscopy). From the experiments and Paschen law, the maximum value of the secondary electron emission coefficient ( $\gamma$ ) was obtained at the evaporation rate of 5 Å/sec. The minimum firing voltage and the maximum luminous efficiency were obtained at an evaporation rate of 5 Å/sec. In the MgO film deposited at 5 Å/sec, the (200) orientation and F<sup>+</sup> center were most intensive. The XRD results and cathode-luminescence(CL) spectra show the  $\gamma$  values are correlated with F/F<sup>+</sup> centers of the molecular structure of MgO films.

**Keywords:** MgO, Electron beam evaporation, F/F<sup>+</sup> center, cathode-luminescence spectra, secondary electron emission coefficient

## I. 서 론

플라즈마 디스플레이 패널은 대형 크기의 평판 디스플레이 패널을 제작하는데 있어서 대표적인 기술 중 하나

이다. 대형 크기의 디스플레이 시장 점유율을 한층 더 확대하기 위해서 제조 가격을 줄이고 발광 효율을 개선하는 것이 중요하다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 셀 구조, 구동 방법, 보호층, 형광체 특성, 가스 혼합비, 실장 프로세스 등을 최적화, 개선하는 데 많은 연구가 이루어지고 있다<sup>[1~4]</sup>.

AC-PDP 효율 개선을 위한 연구 주제 중 하나인 MgO 박막은 전극 위의 유전체를 이온 스퍼터링에서 보호하기 위한 보호층으로써 많이 사용되고 있다. 또한 MgO 박막은 가스 플라즈마 상태에서 Ne<sup>+</sup> 이온에 의한

\* 정희원, 경원대학교 전자공학과  
(Department of Electronics Engineering,  
Kyungwon University)

※ 본 연구는 한국학술진흥재단 지역대학우수과학자지원사업 (KRF-2006-521-D00332) 연구비 지원에 의한 것입니다.

접수일자: 2007년4월27일, 수정완료일: 2007년11월21일

이온 충돌이 발생할 때 높은 이차전자방출계수를 가진다. 이러한 높은 이차전자방출계수와 큰 스퍼터링 저항성의 특성에 의해 MgO는 구동 전압을 비교적 낮게 유지하고, 높은 에너지의 이온에 의한 손상을 제한하는 중요한 역할을 한다. 따라서 MgO 보호막의 특성을 개선하는 것이 중요하다.

일반적으로 MgO 박막은 전자빔 증착을 통하여 제작한다. 그러나 전자빔 증착으로 증착된 MgO가 후속 어닐링 공정 혹은 패키징 공정 시에 크랙이 발생하는 문제가 발생하기도 하는데, 이는 MgO 증착 조건의 최적화를 통해서 MgO 박막의 특성이 개선될 수 있다는 가능성을 말한다<sup>[5]</sup>. 본 연구에서는 여러 증착률로 증착된 MgO 박막을 defect 레벨에서 결정 구조 상의 F/F<sup>+</sup> center 구조에 관해 연구하여 MgO 박막의 물리적 특성과 이차전자방출계수 사이의 관계에 대하여 분석하였다.

본 연구를 위하여 2 인치의 크기의 PDP를 포토 얼라이너(EV 620), 스크린 프린터(MT-550TV), 전자빔 증착기, 전기로 등을 사용하여 만들었고, X선회절기(XRD, D/MAX-2200, RIGAKU), 원자현미경(AFM, XE-150, PSIA), 주사전자현미경(SEM, S-4700, Hitachi)을 이용하여 결정 방향, 표면 거칠기, 박막 구조 등을 측정하였다. 그리고 MgO 박막의 음극발광(CL) 스펙트럼은 환경 주사형 전자현미경(ESEM, FEI XL-30 FEG), 음극발광 분석기(Gatan Mono-CL)를 사용해 측정하였다. PDP의 방전 특성은 진공 챔버와 오실로스코프(TDS 540C), 전류 프로브(TCP-312A), 휘도 색차계(CS-100A)를 이용하여 측정하였다.

## II. 실험

본 연구를 위해서 패널은 2개의 유리 기판(PD-200, ASAHI glass, Japan)을 사용하여 제작하였다. 유리 기판은 크기가 6 cm × 9 cm이고 2.8 mm의 두께를 가지고 있으며, 이 때 발광이 일어나는 영역은 3.5 cm × 3.5 cm이다. 거의 모든 공정에서 포토 얼라이너, 스크린 프린터, 전기로, 그리고 진공 챔버 시스템이 사용되었다.

먼저 상판은 ITO가 전극 패턴으로 사진 식각된 유리 위에 버스 전극을 스크린 인쇄 방법을 사용하여 8 μm 두께로 형성하고, 투명 유전체를 전극 위에 24 μm 두께로 스크린 인쇄를 하였다. 그 후 MgO를 5000 Å의 두께로 유전체 위에 전자빔 증착기를 이용하여 기판 온도를 300 °C로 유지하면서 증착하였다. MgO 박막은

3, 5, 7, 10, 15 Å/sec의 증착률로 증착되었다. 하판의 경우에는 먼저 어드레스 전극을 유리 기판 위에 8 μm 두께로 스크린 인쇄하고, 백색 유전체를 24 μm, 격벽은 120 μm로 순서대로 스크린 인쇄를 하였다. 마지막으로 녹색 형광체를 격벽 사이에 스크린 인쇄 방법으로 채워 넣었다.

본 연구에서는 각각 X선 회절기(XRD)와 원자현미경(AFM) 그리고 주사전자현미경(SEM)을 MgO 박막의 결정 방향과 표면 특성을 측정하기 위하여 사용하였다. 그리고 MgO의 CL 스펙트럼을 FEI XL-30 FEG와 Gatan Mono CL을 사용하여 측정하고 F/F<sup>+</sup> center 구조를 분석하였다. CL 측정 조건은 가속전압이 3 kV, 스캔 범위는 12 μm × 10 μm이다.

AC-PDP의 전기적·광학적 특성을 측정하기 위해서 상판과 하판을 진공 챔버 안에 격벽 두께 만큼 간격을 두고 장착하였다. 그 후 챔버 내부를 진공도 1×10<sup>-6</sup> Torr까지 터보 펌프를 사용하여 배기하고, 챔버 내 압력 250 Torr가 되도록 Ar 가스를 채우고 300 °C에서 1 시간 동안 어닐링을 하였다. 어닐링 후 챔버를 다시 실온에서 압력이 1×10<sup>-6</sup> Torr가 되도록 배기 하고, 이후 Xe/Ne(4%)의 혼합가스를 챔버 내 압력이 400 Torr가 되도록 주입하였다. 상판의 유지 전극(X)과 스캔 전극(Y)에 동작 펄스 전압을 인가하고 하판의 어드레스 전극(Z)은 그라운드로 설정하였다. 동작 펄스의 주파수는 50 kHz, 펄스폭은 3 μm이다. 변위 전류를 포함하는 방전 전류는 전류 프로브(TCP-A312), 오실로스코프(TDS-540C)를, 그리고 휘도는 휘도색차계(CS-100A)를 사용하여 측정하였다.

## III. 실험 결과

먼저, 유전체 위에 여러 증착률로 증착된 MgO 박막을 300°C에서 1시간 동안 어닐링 한 후 XRD로 측정하였다. 그림 1과 같은 측정 결과, (200) 결정 방향이 3, 5, 7 Å/sec와 같이 비교적 낮은 증착률에서는 우선적으로 나타나고, 10 Å/sec 이상으로 증착률이 증가하면 사라지는 것을 확인하였다. 5 Å/sec에서 (200) 결정 방향 측정값이 가장 두드러지게 나타났다.

그리고 MgO 보호막의 이차전자계수를 측정하였는데, 2가지 다른 접근 방법이 있다. FIB 시스템을 이용한 이온 빔에 의한 직접적인 측정 방법과 Paschen 법칙을 이용하여 방전개시전압(V<sub>i</sub>)을 통해 γ 값을 추정하는 방법이다. 본 실험에서는 방전개시전압을 측정, 다음과 같

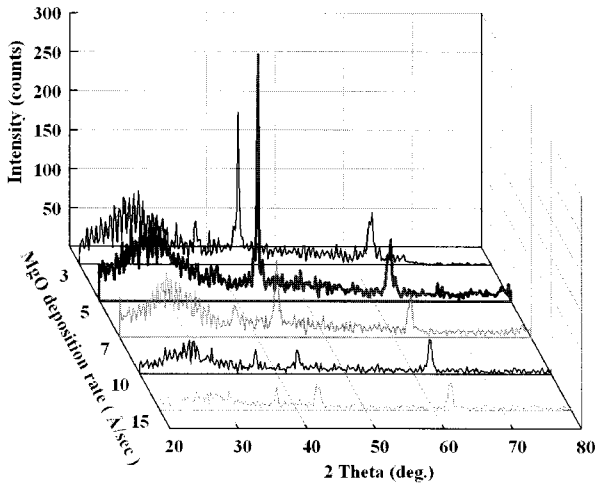


그림 1. 여러 증착률에 따른 MgO 박막의 XRD 스펙트럼

Fig. 1. XRD spectra of MgO films deposited with the different MgO deposition rate.

은 Paschen 법칙을 사용해  $Ne^+$  이온의  $\gamma$  값을 계산하였다. Paschen 법칙은 다음과 같다.

$$V_f = \frac{A(P \times d)}{\ln[B(P \times d)/(1 + 1/\gamma)]} \quad (1)$$

여기서  $A$ 와  $B$ 는 상수이다.  $P$ 는 방전 가스 압력,  $d$ 는 X와 Y 전극 사이의 간격이고,  $\gamma$ 는 이차전자방출계수이다. 본 연구에서  $P$ 는 400 Torr,  $d$ 는 80  $\mu m$ ,  $A$ 는 4  $cm^{-1} Torr^{-1}$  그리고  $B$ 는 100 V/cm 이다. 상수  $A$ 와  $B$  값은 Ne 가스에 의해서 얻어지는 값이다<sup>[6]</sup>.

Hagstrum등에 의하면 이차전자 방출은 금속이나 반도체의 표면에서의 Auger 방출에 의해서 일어난다. 낮은 에너지를 가지는 이온에 의한 이차 전자 방출은 주로 이온의 potential 에너지에 영향을 받고, kinetic 에너지에는 영향을 받지 않는다. 그래서 이차전자방출은 다음 2가지 Auger 방출의 조합에 의해서 일어난다.

- 1) Auger neutralization (one step);
- 2) Resonance neutralization + Auger de-excitation (two steps)<sup>[7~10]</sup>.

그림 2는 Auger 방출 프로세스를 설명한 것이다.

전자는 표면으로부터 방출이 되며 이는 이차전자라 된다. Auger neutralization 프로세스에 의한 전자 방출은 파라미터  $G = E_i - 2(\epsilon_g + \chi)$ 의 값이 양수일 때 0이 되지 않고,  $E_i$ 의 값이 증가 될 때 증가된다. 특히 불활성 가스의 원자 번호가 He에서 Xe으로 (He, Ne, Ar, Kr, Xe) 증가 할수록 이차전자방출계수  $\gamma$ 은 작아지는데, 이는 Auger neutralization으로 발생하는 Kr과 Xe의

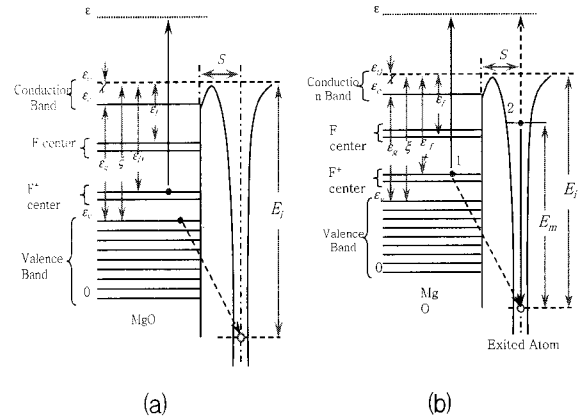


그림 2. F/F<sup>+</sup> 밴드를 포함하는 MgO 박막의 Auger 방출: (a) 이온의 Auger neutralization, (b) 여기된 원자에 의 Auger de-excitation

Fig. 2. Schematic diagram of Auger ejection from the MgO film including F and F<sup>+</sup> bands : (a) Auger neutralization of an ion , (b) Auger de-excitation of an excited atom.

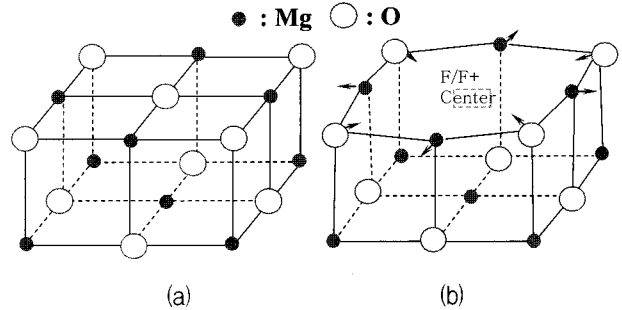


그림 3. MgO 결정 구조 : (a) 일반적인 MgO 결정, (b) F/F<sup>+</sup> center를 포함하는 MgO 결정

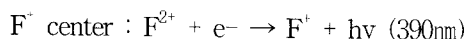
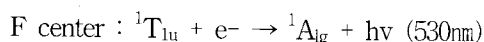
Fig. 3. The optimized structures of MgO Crystallite : (a) Mg<sub>9</sub>O<sub>9</sub> regular crystal, (b) Mg<sub>9</sub>O<sub>8</sub>-F defect crystal.

이온이 거의 0에 가깝기 때문이다. 그리고 파라미터  $H = E_m - (\epsilon_g + \chi)$ 에서는 모든 불활성 가스에 대하여 값이 양수가 되는데, 이렇게 Auger de-excitation으로 발생하는 모든 이차전자는 Xe과 Kr에서도 0이 되지 않는다. 이를 통하여  $\gamma$ 값이 MgO의 F/F<sup>+</sup> center와 강한 관계가 있다는 것을 알 수 있다<sup>[11]</sup>.

MgO 박막의 증착 프로세스는 MgO가 증발될 때 우선 Mg(마그네슘)와 O(산소)원자로 분리되고 이 분리된 원자들이 기판에 도달, 원자 하나씩 결합하여 마지막에 다시 MgO로 결정화가 되는 것으로 설명할 수 있다<sup>[12]</sup>. 이 때 MgO가 이온 결합을 하는 도중에 약간의 빈 공간, 틈새, 불순물과 같은 결점 defect들을 가지게 된다. MgO의 이차전자방출은 defect의 내적, 외적 형태와 농도에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다. MgO 결정은 보통 F/F<sup>+</sup> center 2개의 기본 포인트 defect가 있는데,

F/F<sup>+</sup> center는 각각 산소 원자가 비어있는 공간에 하나 혹은 두 개의 전자가 대신 존재하는 것을 말한다. 그림 3은 MgO 결정의 구조를 설명한 것이다<sup>[13]</sup>.

F/F<sup>+</sup> center의 그라운드 레벨은 MgO의 밸런스 밴드보다 각각 3.0 eV 그리고 2.96 eV 위에 위치해 있다<sup>[14]</sup>. 이 때 다음과 같은 변환에 의해서 F center에서는 530 nm의 발광이 발생하고, F<sup>+</sup> center에서는 390nm의 발광이 일어난다.



여기서  ${}^1T_{1u}$ 는 F center의 여기된 영역 중에 하나를 이야기 하고,  ${}^1A_{1g}$ 는 F center의 그라운드 영역, F<sup>2+</sup>는 F<sup>+</sup> center의 여기된 영역을 이야기 한다<sup>[15-16]</sup>.

그림 4의 결과는 증착률 3 Å/sec에서 5 Å/sec으로

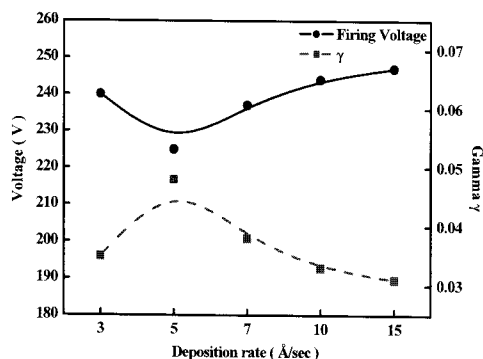


그림 4. 증착률에 따른 방전 전압과 이차전자방출계수  
Fig. 4. Firing voltage and secondary electron emission coefficients variation with various MgO deposition rate.

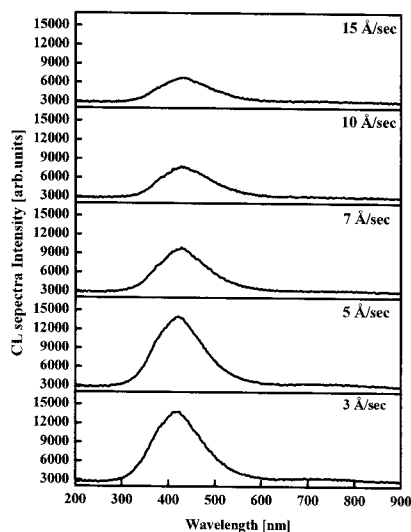


그림 5. 증착률에 따른 MgO 박막의 CL 스펙트럼  
Fig. 5. CL spectra of MgO films deposited with the different MgO deposition rate.

증가할수록 그 값이 증가하는 것을 보여준다.

그러나 증착률이 5 Å/sec보다 더 큰 값일 경우는  $\gamma$  값이 오히려 증착률이 증가할수록 감소한다. 이러한 결과는 XRD 스펙트럼의 변화와 유사하다. 또한 이 결과로부터 증착률이 5 Å/sec일 때 최소의 방전 전압과 최대  $\gamma$ 값을 갖는 것이 확인된다.

MgO 증착률이 F/F<sup>+</sup> center에 영향을 끼치는 것을 해석하기 위해서 MgO 박막의 CL 스펙트럼을 측정하여 보았다. 그리고 CL 스펙트럼과  $\gamma$ 값 사이의 관계에 대해서 분석 하였다. MgO의 F/F<sup>+</sup> center의 밀도는 F/F<sup>+</sup> center의 CL 스펙트럼 값에 비례한다. 그림 5에 MgO 증착률에 따른 MgO 박막의 CL 스펙트럼을 나타 내었다. 이를 살펴 보면 CL 스펙트럼들이 420nm 영역에 위치하고 있으며, 5 Å/sec에서 최대값을 갖는 것을 볼 수 있다.

그림 4와 그림 5를 통해서 우리는  $\gamma$ 와 F/F<sup>+</sup> center의 관계를 유추할 수 있다. 증착률에 따른  $\gamma$ 는 F/F<sup>+</sup> center가 증가 할수록 증가하고, F/F<sup>+</sup> center가 감소하면 감소하는 관계임을 확인 할 수 있다.

그림 6의 SEM 사진을 통해서 5 Å/sec와 같은 낮은 증착률에서는 결정이 원주 구조를 가지는 반면에 증착률이 큰 10 Å/sec의 경우에는 확연하게 비정질의 모습을 가지는 것이 보인다.

또한 그림 7처럼 AFM을 사용하여 증착률에 따른 표면 거칠기도 확인하였는데 3, 5 Å/sec의 증착률로 만든 MgO의 경우 표면이 바늘처럼 뾰족한 형상을 하고 있었으나, 5 Å/sec 이상의 증착률에서는 언덕과 같은 완만한 모양의 표면을 볼 수 있었다.

RMS 표면 거칠기는 5 Å/sec이 가장 부드러웠다. 또한 증착률에 따른 표면 거칠기의 변화가 XRD (200) 결정 방향 피크값에 반비례하는 것도 확인 가능하다<sup>[15]</sup>.

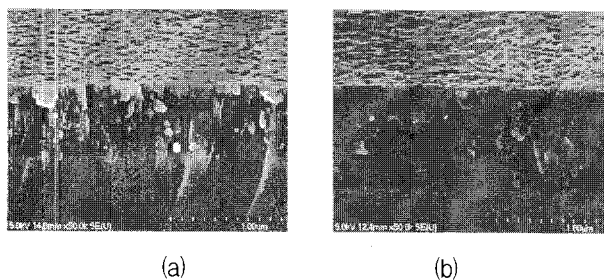


그림 6. 증착률에 따른 MgO 박막의 측면 SEM 사진 : (a) 5 Å/sec, (b) 10 Å/sec  
Fig. 6. Cross-sectional SEM views of MgO films deposited with different MgO deposition rates : (a) 5 Å/sec, (b) 10 Å/sec.

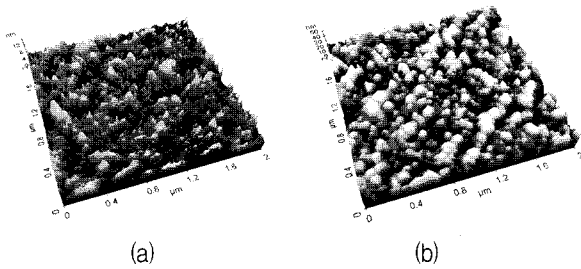


그림 7. 증착률에 따른 MgO 박막의 표면 AFM 사진 : (a) 5 Å/sec, (b) 10 Å/sec

Fig. 7. AFM surface roughness of MgO films deposited with different MgO deposition rates : (a) 5 Å/sec, (b) 10 Å/sec.

본 실험에서는 전자빔 증착기를 사용, MgO 박막을 제작할 경우 증착률이 (200) 결정 방향에 중요한 영향을 주고, 이 (200) 결정 방향이 이차전자방출계수,  $F/F^+$  center의 밀도, RMS 표면 거칠기에 영향을 주는 것을 확인 할 수 있었다.

#### IV. 결 론

본 연구는 MgO 박막을 증착률을 변수로 하여 실험 및 그로 인한 특성을 분석하였다. 결정 방향을 XRD를 사용하여 측정하였고 그 결과 5 Å/sec의 증착률에서 (200) 결정 방향이 최대임을 확인 할 수 있었다. Paschen 법칙을 통해서 이차전자방출계수  $\gamma$  값을 계산하였는데, 측정값이 5 Å/sec에서 최대가 되었다. CL 스펙트럼 측정 결과, 5 Å/sec보다 증착률이 증가 할수록  $F/F^+$  center의 농도가 감소하였는데, 이는 증착률이 높을 경우에  $O^+$  이온이 유전체의 표면에 더 많이 도달하게 되므로  $F/F^+$  center가 작게 발생하는 것으로 보인다. 이러한 측정 결과에 의해  $\gamma$  값이  $F^+$  center와 비례적인 관계에 있는 것을 확인 할 수 있었다.

그리고 이차전자방출계수 뿐만이 아니라 RMS 표면 거칠기와 주상 구조 역시 증착률과 깊은 관계를 가지고 있는데, 측정 결과를 통해서 MgO 증착률이 RMS 표면 거칠기와 MgO 결정 방향에 영향을 주는 것을 확인하였다.

MgO의 결정 형태가  $F/F^+$  center에 영향을 주고  $F/F^+$  center는 이차전자 방출계수를 변화 시키는 것으로 보이며, 특히 (200) 결정 방향이  $F^+$  center와 깊은 관계가 있음을 볼 수 있었다. 그리고 5 Å/sec의 증착률로 증착된 샘플에서 가장 큰  $\gamma$  값과 CL 스펙트럼 농도를 확인할 수 있었으므로 MgO 박막을 증착하는 최적의 증착률이 5 Å/sec 임을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

- [1] J. Kang, O. D. Kim, W. G. Jean, and J. W. Song, "Improvement of Emission Characteristics in PDPs Driven by RF Pulses", J. Korean Phys. Soc., Vol. 37, no. 6, pp. 854-857, December 2000.
- [2] M. Noh, Y. Yi, and K. Jeong, "Study of the MgO Surface at the Initial Stage of Aging in ac-PDP: Morphological Evolution and the Resulting Discharge Characteristics", J. Korean Phys. Soc., Vol. 42, no. 5, pp. 631-634, May 2003.
- [3] S. J. Kwon, C. K. J., "Dependence of the Discharge Characteristics and Efficacy on the Base Vacuum Level for a High-Efficiency PDP", J. Korean Phys. Soc., Vol. 47, no. 2, pp. 371-374, August 2005.
- [4] B. K. Joung, J. S. Kim, S. O. Kwon, K. O. Song and H. J. Hwang, "A Study of the Discharge Characteristics of a New Penning Gas in ac-PDPs", J. Korean Phys. Soc., Vol. 49, no. 3, pp. 1287-1292, September 2006.
- [5] C. H. Park, J.Y. Choi, M. S. Choi, Y. K. Kim, H. J. Lee, "Effects of MgO thin film thickness and deposition rate on the lifetime of ac plasma display panel", Surface & Coatings Technology vol. 197, pp. 223-228, July 2005.
- [6] J. P. Boeuf, "Plasma display panels: physics, recent developments and key issues", J. Phys. D: Appl. Phys, 36, pp. R53-R79, February 2003.
- [7] H. D. Hagstrum, "Theory of Auger Ejection of Electrons from Metals by Ions", Phys. Rev. Vol. 96, no. 2, pp.336-365, October 1954.
- [8] H. D. Hagstrum, "Theory of Auger Neutralization of Ions at the Surface of a Dizmind-type Semiconductor", Phys. Rev. Vol. 122, no. 1, pp 83-113, April 1960.
- [9] Y. Motoyama, F. Sato, "Calculation of Secondary Electron Emission Yield  $\gamma$  From MgO Surface", IEEE Trans. Plasma Sci. Vol. 34, no. 2, pp. 336-342, April 2006.
- [10] M. A. Cazalilla, N. Lorente, R. Díez. Muiño. J.-P. Gauyacp, D. Teillet-Billy, P. M. Echenique, "Theory of Auger neutralization and deexcitation of slow ions at metal surfaces", Phys. Rev. B. 58, pp. 13911-14006, November 1998.
- [11] K. H. Park, Y. S. Kim, "Characteristics of Doped MgO Layer Deposited under Hydrogen Atmosphere", IMID/IDMC '06 DIGEST, pp. 375-378, August 2006.
- [12] T. Hirakawa, S. Goto, S. Zhang, H. Uchiike, "Effects of Evaporation Conditions on the Properties of MgO Thin Film as Protecting

Material”, SID '03 processing, Vol. 34, no. 2, pp. 896-899, May 2003.

[13] V. I. Avdeev, and G. M. Zhidomirov, “Electronic structure and Optical properties of the surface F-centers in MgO: A Theoretical Analysis by DFT approach”, Journal of Structural Chemistry., Vol. 44, no. 6, pp. 918-926, January 2003.

[14] R. I. Eglitis, M. M. Kuklja, E. A. Kotomin, A. Stashans, A. I. Popov, “Semi-empirical simulations of the electron centers in MgO crystal”, Comp. Mate. Sci. Vol. 5, no. 4, pp. 298~306, April 1996.

[15] G. P. Summers, T. M. Wilson, B. T. Jeffries, H. T. Toher, Y. chen, M. M. Abraham, “Luminescence from oxygen vacancies in MgO crystals thermochemically reduced at high temperatures”, Phys. Rev. B27, pp. 1283-1291, January 1983.

[16] G. H. Rosenblatt, M. W. Rowe, G. P. Williams, Jr., R. T. Williams, “Luminescence of F and F' centers in magnesium oxide”, Phys. Rev. B, Vol. 39, no. 14, pp. 10309-10318. May 1989.

[17] H. W. Choi, Y. J. Kim, S. J. Kwon, “Dependence of the Material Properties and PDP Discharging Characteristics on the MgO Evaporation Rate”, J. Korean Phys. Soc., Vol. 49, no. 4, pp. 1465-1469, October 2006.

— 저 자 소 개 —



권 상 직(정회원)  
 1982년 경북대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 1985년 경북대학교 전자공학과  
 석사 졸업.  
 1991년 서울대학교 전자공학과  
 박사 졸업.

1983년~1989년 전자통신연구소(ETRI) 연구원  
 2006년 Michigan State University 연구교수  
 1992년~현재 경원대학교 전자공학과 교수  
 <주관심분야 : 디스플레이, 반도체 소자>



조 의 식(정회원)  
 1996년 서울대학교 전기공학부  
 학사 졸업.  
 1998년 서울대학교 전기공학부  
 석사 졸업.  
 2004년 서울대학교 전기컴퓨터공  
 학부 박사 졸업.

2004년~2006년 삼성전자 LCD총괄 책임 연구원  
 2006년~현재 경원대학교 전자공학과 전임강사  
 <주관심분야 : 반도체 공정, 디스플레이,  
 응용물리>



김 용 재(정회원)  
 2005년 경원대학교 전자공학과  
 학사 졸업.  
 2007년 경원대학교 전기전자  
 공학과 석사 졸업.  
 <주관심분야 : 디스플레이, 반도  
 체 소자>