

# Electron-beam Evaporation 의 증착 방법에 따른 MgO Layer의 표면 특성에 관한 연구

## A Study on the Surface Characteristics of MgO Layer as the Various Deposition Methods of Electron-beam Evaporation

허정은<sup>1</sup>, 이돈규<sup>2</sup>, 조성용<sup>1</sup>, 이해준<sup>1</sup>, 이호준<sup>1</sup>, 박정후<sup>1,a</sup>  
(Jeong-Eun Heo<sup>1</sup>, Don-Kyu Lee<sup>2</sup>, Sung-Yong Cho<sup>1</sup>, Hae June Lee<sup>1</sup>, Ho-Jun Lee<sup>1</sup>, and Chung-Hoo Park<sup>1,a</sup>)

### Abstract

A MgO layer is used as electrode protective film in the alternating current plasma display panel (AC PDP). The properties of MgO layer are thought to be one of the most important factors that affects the panel reliability through the firing voltage variation. In this study, we investigated the relations between the surface characteristics and e-beam evaporation process parameters such as deposition rate, temperature of substrate and distance between the MgO pellet and substrate. To produce the MgO layer of (200) crystal orientation, we suggest the high temperature of the substrate, the long distance between the pellet and substrate and the high deposition rate.

**Key Words** : AC PDP, MgO layer, Crystal orientation, Surface characteristics

### 1. 서론

현재 40~100인치(대각선)급 대화면 벽걸이 TV로서 각광받고 있는 Plasma Display Panel(PDP)는 가스 방전을 일으켜 발생된 자외선이 형광체를 여기 시켜 발생하는 가시광을 이용한 자체 발광형 표시소자이다[1]. 그러나 Flat Panel Display (FPD) 시장에서 PDP가 우위를 선점하기 위해서는 발광 효율, image sticking 등 아직 개선해야 할 점들이 많이 남아 있다[2]. 특히, 가스 방전을 일으키는 방전개시전압 (discharge firing voltage) 과 관계가 깊은 MgO 보호막은 작은 양의 성분변화나 증착 방법에 따라 PDP의 성능 및 수명에 큰 영향을 미치게 된다[3-6]. 유전체 위에 증착되는 MgO layer는 주로 (111) (200) (220) 방향을 가지게 되며, (111)

방향으로 증착된 MgO layer는 방전전압 감소에 도움을 주고, (200) 방향으로 증착된 MgO layer는 고온에서의 misfiring과 image sticking 등에 도움을 준다고 알려져 있다[7-9]. 본 논문에서는 증착 두께, 증착 속도, 증착 온도, MgO tablet과 기판 사이의 거리에 따른 e-beam evaporation 증착 방법에 따른 MgO 의 표면 특성에 관한 관계를 조사하였고, 일정한 결정 방향을 가질 수 있는 방법을 제시 하였다

### 2. 실험 방법

그림 1은 현재 널리 이용되고 있는 AC-PDP의 개략도를 나타내고 있다. AC-PDP는 상판과 하판의 2장의 유리로 구성되어 있고, 이 중 상판은 한 쌍의 전극과 유전층, MgO 보호층으로, 하판은 Address전극과 흰색 유전층, 격벽, R, G, B 삼원색의 형광체로 구성되어 있으며, 상·하판을 합착한 후 Ne+Xe 이원가스를 400~500 torr 주입한다 [10,11]. 본 논문에서는 상판의 공정만을 진행하여

1. 부산대학교 전자전기통신공학부  
(부산시 금정구 장전동 산 30)  
2. 동의대학교 교양교육원  
a. Corresponding Author : parkch@pusan.ac.kr  
접수일자 : 2008. 2. 4  
1차 심사 : 2008. 3. 20  
심사완료 : 2008. 4. 14

패널을 제작하였고 이를 표면 분석하였다. 동일한 MgO pellet 을 E-beam evaporator 장비를 이용하여 Green sheet 유전체 위에 증착 하였다. 증착두께, 증착온도, 증착거리, 증착속도에 따라 MgO 보호막을 증착 하였으며, 각 조건에 따른 실험 결과로 MgO 박막의 결정방향, 표면조직과 표면 거칠기 분석은 XRD (X-ray diffraction), SEM (Scanning Electron Microscopy) 과 AFM (Atomic Force Microscope) 측정을 통해 분석하였다. MgO의 증착두께는 증착시간을 10분에서 20분 까지 변화시키면서 3000 Å에서 6000 Å 까지 변화시켰으며, 목표치의 ±10 % 내외의 두께를 증착하였다. 증착

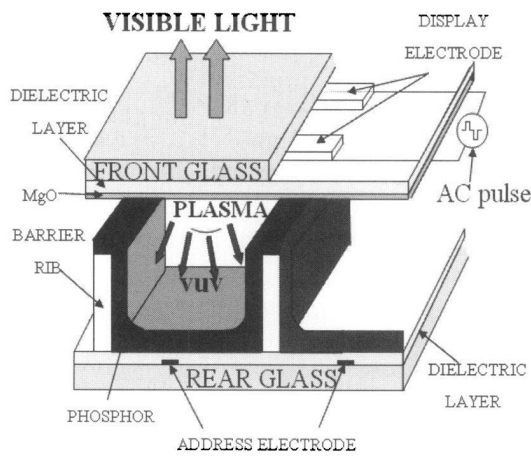


그림 1. AC PDP의 구조.

Fig. 1. Schematic diagram of an AC PDP unit cell.

시간이 증가할수록 증착두께는 선형적으로 증가하지 않았지만 8000 Å 까지는 일정한 증착률을 가지면서 증착되었다. 증착거리는 MgO pellet과 타겟과의 거리를 조절 하였으며 이 거리는 실험에 사용된 증착장비의 최대 조절 거리였다. 증착속도는 E-beam power의 전압을 7.5 kV로 일정하게 공급하면서 전류를 6 mA에서 10 mA로 증가시키면서 증착률을 증가시켰다. 증착 두께를 일정하게 6000 Å 으로 제어하기 위하여 여러 번 증착후 두께를 측정하였으며 표에 나타난 시간과 전류를 제어하여 ±10 % 내외의 두께를 가지는 박막을 얻을 수 있었다.

표 1. MgO의 증착조건.

Table 1. Deposition condition of MgO thin film.

Condition	E-beam power	증착시간 (분)	증착률 (Å/분)	증착두께	증착온도 (°C)	증착거리 (cm)
증착두께	8 mA	(a)10	300	3,000 Å	200	13
		(b)15		4,500 Å		
		(c)20		6,000 Å		
증착온도	8 mA	20	300	6,000 Å	(c) 150	13
					(c) 200	
					(e) 250	
증착거리	8 mA	20	300	6,000 Å	200	(f) 11
						(c) 13
						(g) 15
증착속도	(h) 6 mA	25	240	6,000 Å	200	13
	(c) 8 mA	20	300			
	(i) 10 mA	15	400			

그림 2는 MgO layer 증착에 사용된 E-beam evaporator의 장치를 나타내고 있으며, 표 1에서는 증착 조건에 따른 증착 방법을 나타내고 있다. E-beam evaporator 방법은 진공 챔버 안에서 MgO pellet을 사용하여 높은 광투과율과 빠른 증착 속도를 가지며 박막을 생성할 수 있어 현재 AC-PDP의 MgO layer제작에 가장 많이 이용되는 방법이다. 샘플(c)의 공정 조건을 모든 실험의 표준 조건으로 설정하였고, MgO layer의 증착 두께, 온도, 거리와 속도에 따른 8가지 종류의 샘플을 제작하였다.

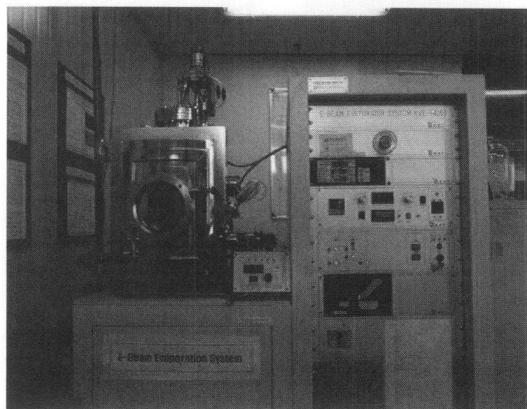


그림 2. E-beam evaporator 장치.

Fig. 2. Image of e-beam evaporator chamber.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3.1 증착 두께에 따른 표면 특성

그림 3은 MgO layer의 두께에 따른 샘플 (a)와 (c)의 측면과 윗면에서의 SEM 이미지를 보여주고, 그림 4는 샘플 (a), (b)와 (c)의 XRD패턴의 변화를 보여주고 있다. 제작된 샘플의 두께는 각각 3,150 Å, 4,600 Å와 6,400 Å으로 제작되었으며 다른 모든 조건은 일정하게 유지 하였다. 증착 된 두께가 증가할수록 표면의 입자 크기가 증가하였고, XRD 패턴은 결정방향과 관계없이 intensity 만이 선형적으로 증가하였다. MgO layer의 두께가 3,000 Å에서 6,000 Å으로 증가하면, (111) 결정방향의 intensity는 56 % 증가하였고, (200) 결정방향과 (220) 결정방향의 intensity는 각각 216 %와 143 % 증가하였다. 이는 생성되는 결정 방향을 따라 MgO가 계속적으로 증착되기 때문에 두께가 증가할수록 모든 결정방향의 intensity가 증가하게 되는 것이다. 결과적으로 MgO layer의 증착 두께 변화는 결정방향의 intensity만 증가시킬 뿐 일정한 결정 방향을 가지는 데는 큰 효과를 얻을 수 없었다.

#### 3.2 증착 온도에 따른 표면 특성

그림 5은 증착 온도에 따른 샘플 (d)와 (e)의 SEM 이미지를 보여주고, 그림 6은 샘플 (d), (c)와 (e)의 XRD 패턴의 변화를 보여주고 있다. MgO layer 증착시 샘플의 기판온도를 각각 150 °C, 200 °C와 250 °C로 증착 하였으며 다른 모든

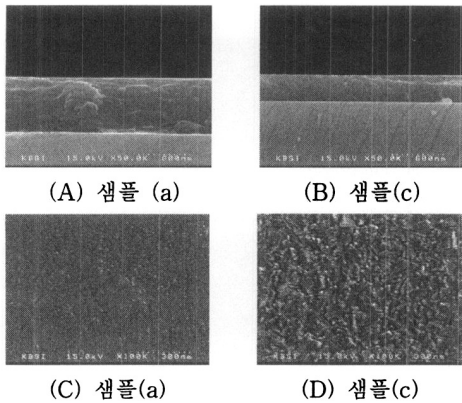


그림 3. 증착 두께에 따른 표면 SEM 이미지 변화.  
Fig. 3. The SEM image as the thickness of MgO thin film.

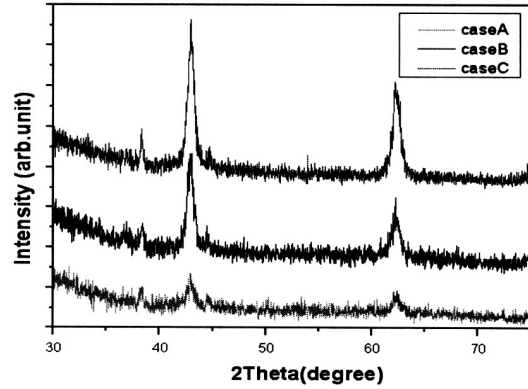


그림 4. 증착 두께에 따른 XRD 변화.  
Fig. 4. XRD patterns as the thickness of MgO thin film.

조건은 일정하게 유지 하였다. 기판의 온도를 변화시킨 경우 SEM의 표면형태는 모든 시료들이 거의 동일한 형태를 가지고 있었지만, XRD 패턴은 온도가 증가할수록 (200) 결정방향의 intensity는 증가하였고, (111) 결정방향과 (220) 결정방향의 intensity는 감소하였다. 기판의 온도가 150 °C에서 250 °C까지 증가되면 (200) 결정방향의 intensity가 174 % 증가하였고 (220) 결정방향의 intensity는 48 % 감소하였으며 (111) 결정방향은 33 % 감소하였다.

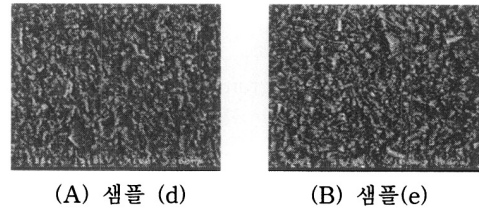


그림 5. 증착 온도에 따른 표면 SEM 이미지 변화.  
Fig. 5. The front section SEM image as the deposition temperature of MgO thin film.

기판의 온도가 변화할 경우 초기 결정 성장 방향을 결정하는 영향을 준다. 이는 기판온도에 따라 MgO pellet에서 방출된 MgO의 기판에 증착될 때의 이동 속도와 energy 상태의 차이가 있기 때문이다. 결과적으로 기판온도의 증가는 (200) 결정 방향을 향상시키는 중요한 요인이 되는 것을 알 수 있었다.

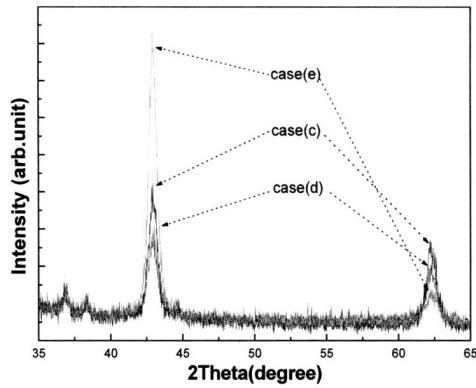


그림 6. 증착 온도에 따른 XRD 변화.  
Fig. 6. XRD patterns as the deposition temperature of MgO thin film.

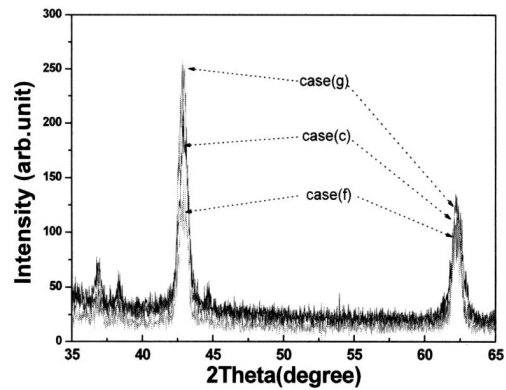


그림 8. 증착 거리에 따른 XRD 변화.  
Fig. 8. XRD patterns as the deposition distance of MgO thin film.

### 3.3 증착 거리에 따른 표면 특성

그림 7 는 모든 증착조건은 동일하게 하면서 기판과 MgO pellet 과의 거리만을 11 cm 에서 15 cm 까지 변화시킨 샘플 (f)와 (g)의 SEM 이미지를 나타내고, 그림 8은 샘플 (f), (c)와 (g)의 XRD 패턴에서 (111), (200), (220) 결정방향의 intensity 변화를 상대적으로 나타내었다. 기판과 MgO pellet 과의 거리는 MgO의 증착 밀도를 조절할 수 있는 중요한 요인으로, 거리가 길어질수록 표면에 결정화가 잘 일어나면서 MgO layer의 표면이 결정화되면서 안정적으로 증착 되는 것을 알 수 있었다. XRD 패턴은 기판과 pellet 과의 거리가 증가 할수록 (111) 결정방향과 (220) 결정방향의 intensity는 거의 변화하지 않고, (200) 결정방향의 intensity는 63 % 증가하였다. 즉, 증착 거리의 증가는 기판온도의 변화에는 미치지 못하지만 증착되는 ion energy의 변화로 결정방향과 intensity를 변화시키게 되고, (200) 결정방향을 향상시킬 수 있는 중요한 요인이 된다.

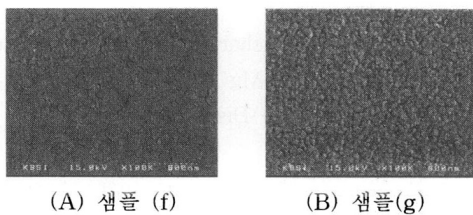


그림 7. 증착 거리에 따른 표면 SEM 이미지 변화.  
Fig. 7. The front section SEM image as the deposition distance of MgO thin film.

### 3.4 증착 속도에 따른 표면 특성

그림 9는 e-beam 파워조건을 달리하여 증착률을 변화시켰을 때의 샘플 (h)와 (i)의 AFM 이미지를 나타내고 있으며, 그림 10은 샘플 (h), (c)와 (i)의 XRD 패턴에서 (111), (200), (220) 결정방향의 intensity 변화량을 상대적으로 나타내었다. e-beam 파워는 전압을 7.5 kV로 동일하게 유지하면서 전류를 6 mA, 8 mA, 10 mA로 변화시키면서 인가하여 240 [Å/분], 300 [Å/분], 400 [Å/분]의 증착률로 MgO layer를 각각 증착하였다. 증착된 MgO layer의 두께를 6,000 Å으로 일정하게 하기 위하여 증착 시간을 25분, 20분, 15분으로 증착하였다. 증착 속도를 증가하게 되면 MgO입자가 증착되는 에너지의 차이가 생기므로 결정성에 영향을 받게 된다. SEM 이미지를 측정된 결과 증착물이 커질수록 표면의 결정성이 약해지면서 입자 크기가 커지고 덜 밀집된 구조를 가지게 되어 이를 AFM으로 표면의 거칠기를 측정해 보았다. 샘플 (h), (c)와 (i)의 RMS 거칠기는 각각 2.199 nm, 3.803 nm와 5.851 nm

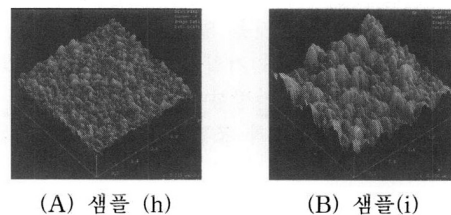


그림 9. 증착률에 따른 표면 AFM 이미지 변화.  
Fig. 9. The front section SEM image as the deposition rate of MgO thin film.

로 증가 하였다. XRD 패턴은 증착률이 증가 할수록 (111) 결정방향과 (220) 결정방향의 intensity는 30 % 감소하고, (200) 결정방향의 intensity는 141 % 증가 하였다. 즉, 증착률의 증가는 (200) 결정방향을 향상시키는 중요한 요인이 되는 것을 알 수 있었다.

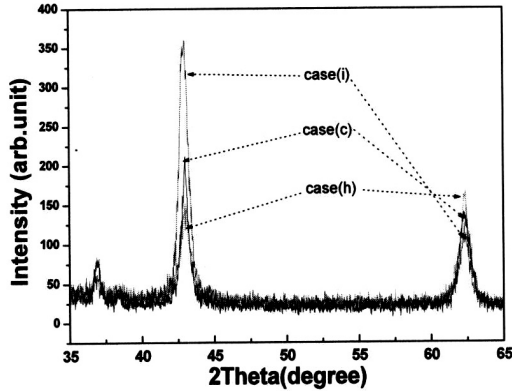


그림 10. 증착률에 따른 XRD 변화.  
Fig. 10. XRD patterns as the deposition rate of MgO thin film.

#### 4. 결론

본 논문에서는 MgO layer의 여러 가지 증착 방법에 따른 박막의 표면 특성과의 관계를 연구하였다. MgO layer의 두께는 단순히 결정방향의 intensity만을 증가시키지만, 기판의 온도, MgO pellet과 기판 사이의 증착 거리와 증착 속도는 MgO 박막의 결정방향에 밀접한 관계가 있음을 알 수 있었다. 기판온도가 증가하고 증착 거리가 길어지고 증착률이 증가 할수록 (200) 결정방향의 intensity가 증가하고, 기판온도가 낮아지고 증착률이 낮아질수록 (111) 결정방향과 (220) 결정방향의 intensity가 증가하였다. SEM의 이미지를 측정한 결과 증착거리가 길어지고, 증착률이 낮을수록 MgO layer의 결정화가 잘 일어나는 것을 알 수 있었고, 특히, 증착률이 커질수록 RMS 거칠기는 매우 증가하였다. 향후, 제어된 증착 결정방향에 따른 전기광학적 방전특성이 연구되면 증착 조건에 따른 방전 특성까지 체계적으로 정립할 수 있을 것이다.

#### 감사의 글

본 논문은 산업자원부에서 시행한 산업기술개발

사업(차세대성장동력기술개발 사업)의 연구결과입니다.

#### 참고 문헌

- [1] J. P. Beouf, "Plasma display panels : Physics, recent developments and key issues", J. Phys. D : Appl. Phys., Vol. 36, No. 6, p. R53, 2003.
- [2] H. Uchike and T. Hirakawa, "Color plasma displays", Proceedings of the IEEE, Vol. 90, No. 4, p. 533, 2002.
- [3] D.-K. Lee, C.-H. Park, H. J. Lee, W.-S. Choi, D.-H. Kim, and H.-J. Lee, "Electro-optical characteristics of plasma display panel with Mg<sub>1-x</sub>Si<sub>x</sub>O protecting thin films deposited by an electron-beam evaporation method", Appl. Phys. Lett., Vol. 89, No. 19, p. 191501, 2006.
- [4] D.-K. Lee, C.-H. Park, H. J. Lee, J.-Y. Choi, D.-H. Kim, and H.-J. Lee, "The effect of Si-doped protective layer on the discharge characteristics of an ac plasma display panel", Phys. Plasmas, Vol. 14, No. 10, p. 103505, 2007.
- [5] C.-H. Park, J.-Y. Choi, M.-S. Choi, Y.-K. Kim, and H.-J. Lee, "Effects of MgO thin film thickness and deposition rate on the lifetime of as plasma display panel", Surface & Coatings Technology, Vol. 197, p. 223, 2005.
- [6] J. S. Park, "Comparison study between modeling and experiment of the breakdown voltage for AC plasma display panel", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 13, No. 12, p. 1039, 2000.
- [7] E. H. Choi, "Discharge and characteristics of ion induced MgO protective layer in PDP", Information Display, Vol. 5, No. 6, p. 23, 2004.
- [8] J.-H. Ryu, "A study on the improvement of the high temperature misfiring", thesis for a doctor's degree, Pusan National University, 2005.
- [9] S. K. Lee, K. W. Whang, J. H. Kim, and J.

- H. Lee, "Secondary electron on emission from MgO thin films for low-energy noble gases by pulsed ion beam technique", SID 02 DIEST, p. 424, 2002.
- [10] D. H. Nam, K. W. Lee, and J. W. Park, "DC magnetron sputtering of Cr/Cu/Cr metal electrodes for AC plasma display panel", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 13, No. 8, p. 704, 2000.
- [11] J. H. Shin and C. H. Park, "The effect of dielectric thickness and barrier rib height on addressing time of coplanar AC PDP", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 15, No. 12, p. 1065, 2002.