

# MgO 증착률에 따른 PDP 보호막 물성 및 방전 특성 분석

김용재 · 권상직\*

경원대학교 전자정보통신공학부, 성남 461-701

(2007년 4월 19일 받음)

본 연구에서는 플라즈마 디스플레이 패널의 방전 특성과 MgO 보호막 물성에 영향을 미치는 MgO 증착률에 대해 분석을 하였다. 물성 특성으로 결정 방향과 표면 거칠기, 결정 구조 및 음극선 발광을 XRD (X-ray Diffraction), AFM (Atomic Force Microscopy), Mono-CL (Mono Cathode Luminescence analysis)등을 이용하여 측정하였고, 방전 특성으로는 방전개시전압과 방전 전류, 휘도를 진공 챔버와 오실로스코프 (TDS 540C), 전류 프로브 (TCP 312A), 휘도 색차계 (CS-100A)를 이용하여 측정하였다. 실험 결과 5 Å/sec의 증착률이 최적의 증착률임을 확인하였고, 또한 MgO의 증착률에 따라서 MgO 보호막의 물성 특성이 변화하고 이에 의해서 전기적광학적 특성이 영향을 받는 것을 확인하였다. 즉, 증착률 5 Å/sec을 기준으로 증착률이 증가할수록 (200) 결정 방향 및 음극선 발광의 밀도가 감소되고, 동작 전압은 증가하며 점차 효율이 나빠지는 경향을 보인다.

**주제어 :** 산화마그네슘 (MgO), 이차전자방출계수, 전자빔 증발법, 음극선-발광 스펙트럼

## I. 서 론

AC PDP는 Xe 혼합 가스의 방전으로 형광체를 자극하여 빛을 방출시키는 평판 디스플레이로 디스플레이의 대형화를 주도하는 기술 중에 하나이다. 최근 대형 크기의 디스플레이 시장의 시장 점유율을 확대하기 위해서는 제조 가격을 줄이고 발광 효율을 개선해야 한다[1,2]. 이를 위한 여러 연구 중에서도 좋은 내 스퍼터링 특성으로 AC PDP의 유전체 층을 보호하는 보호막 역할과 높은 이차전자방출 특성을 통해 동작 전압을 낮추는 역할을 하는 MgO 박막 연구가 핵심이 되고 있다. 일반적으로 MgO 박막은 전자빔 증발을 통해 유전체 층 위에 증착하는 방법이 사용되고 있으며, 이 방법이 가장 효과적으로 알려져 있다. 그러나 제한적인 증착률에 비해 상대적으로 5000 Å이라는 큰 두께를 박막 증착하는 것은 공정 시간이 오래 소모되므로 증착률을 높게 하여 공정 시간을 줄이는 것이 필요하다. 그러나 증착률과 PDP의 동작 특성 사이에는 상호 교환 관계가 성립되는 것에 유의 하여야 한다.

낮은 동작 전압으로 PDP의 드라이버 IC의 가격 감소와 효율 향상을 꾀할 수 있는데, 이는 MgO 박막의 높은 이차 전자방출 특성을 통해 충분히 방전 셀에 전자를 공급하는 것으로 해결할 수 있다. 그리고 절연 특성이 향상되면 벽 전하의 축적도 향상되므로 낮은 동작 전압에서도 방전이 쉽게 일어나고, 방전 유지가 잘 된다. 이러한 이차전자방출

특성은 결정 방향, 구조, 밀도와 같은 MgO 박막의 물성 특성에 영향을 받는다고 보고되고 있다[3-5].

이에 본 연구에서는 증착률에 따른 MgO 박막의 물성적인 특성과 PDP 방전 특성을 확인하고 이를 비교 분석하여 PDP 동작에 있어서 최적의 증착률을 찾고 PDP 효율에 영향을 미치는 여러 MgO 물성 특성의 중요한 메커니즘을 규명하고자 하였다.

## II. 실험

### 2.1 물성 특성 실험 및 측정

MgO 박막은 유리 기판 위의 절연층의 보호막으로 사용된다. 우선 유리 기판 (PD-200, Asahi) 위에 절연체 층을 프린트하고 560 °C에서 1시간 소성하였다. 이때의 절연체의 두께는 24 μm 였다.

그 후 그림 1의 전자빔 기상 증착 시스템을 사용하여 MgO를 증착하였는데 소스 재료로 99.99 % 순도의 소성 타입 단추 모양의 MgO를 사용하였다.

MgO 박막의 두께는 5000 Å을 목표로 증착률을 3, 5, 7, 10, 15 Å/sec으로 차이를 주어 이를 기상 증착기 시스템에 설치된 두께 측정 모니터를 통해서 모니터링하였다. MgO를 증착하는 동안 MgO 박막의 좋은 균일성을 얻기 위해서

\* [전자우편] sjkwon@kyungwon.ac.kr

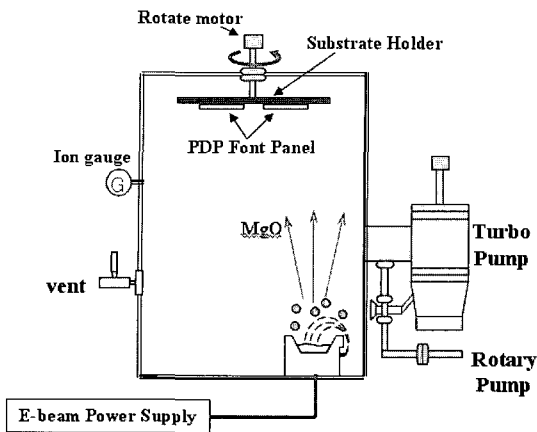


그림 1. 전자빔 기상 증착기.

기판을 회전시키고, MgO 박막이 기판에 잘 흡착이 되고 실장 공정 동안 손상을 피하기 위해서 온도를 300 °C로 유지하였다. 이렇게 제작한 여러 샘플을 X선 회절기 (XRD, D/MAX-2200, Rigaku), 음극 발광 측정기 (Mono-CL), 원자 현미경 (AFM, XE-150, PSIA)등을 이용하여 결정 방향, 표면 거칠기, 음극선 발광과 같은 물성 특성을 측정하였다.

## 2.2 PDP 동작 특성 실험 및 측정

MgO 증착물이 AC PDP의 전기적·광학적 특성에 영향을 주는 것을 연구하기 위해서 구동용 PDP를 제작 하였다. 글라스는 두께 2.8 mm, 크기 60 mm × 90 mm의 PD-200을 사용하였고, 실제 방전되는 영역이 35 mm × 35 mm인 2인치 패널이 되도록 제작 하였다. 모든 공정은 청정실에 설치된 노광기, 스크린 인쇄기, 전기로, 그리고 진공실장시스템을 이용하였다. 투명전극 (ITO)이 증착되어 있는 상판을 식각 공정하여 전극 패턴을 형성하였고, 투명전극 위에 8 μm 두께의 버스 전극과 24 μm 두께의 투명 유전층을 스크린 인쇄 기법으로 형성한 후, 투명 유전층 위에 MgO 보호막을 전자빔 기상 증착 공정을 이용 5,000 Å의 두께로 증착하였다. 증착률은 3 Å/sec에서 15 Å/sec으로 차이를 주었다. 하판은 8 μm 두께의 어드레스 전극을 우선 인쇄하고 24 μm 두께의 백색 유전층, 그리고 상·하판의 간격을 유지시키고 각 셀을 분할해주는 120 μm 두께의 줄무늬 타입의 격벽과, 격벽 내부에 10 μm 두께의 녹색 형광체를 스크린 인쇄 기법으로 형성하였다.

이와 같이 제조된 상판·하판 패널을 진공 챔버 안에 격

벽 높이만큼 간격을 두어 설치하고, 터보 펌프를 이용하여 챔버를 1×10<sup>-6</sup> Torr까지 배기하였다. 그리고 Ar 가스를 250 Torr 채우고 300 °C에서 1시간 동안 어닐링을 하였다. 어닐링 후에 챔버를 다시 실온에서 1×10<sup>-6</sup> Torr가 되도록 배기하였다. 그 후 챔버 내부를 Ne+Ze(4%)의 방전 가스로 400 Torr 채웠다.

동작 펄스 전압을 상판의 유지 전극(X)와 스캔 전극(Y)에 인가하면서 하판의 어드레스 전극(Z)은 그라운드 레벨로 설정하였다.

동작 펄스의 주파수는 50 kHz, 펄스폭은 3 μm으로 하였다. 변위 전류를 포함하는 방전 전류는 전류프로브(TCP-A312), 오실로스코프(TDS-540C), 그리고 휘도는 휘도색차계 (CS-100A)를 사용하여 측정한 후 각 증착물에 따른 패널의 방전전압, 유지전압, 휘도, 그리고 효율을 측정 및 계산하였다.

## III. 결과 및 고찰

먼저, 유전체 위에 여러 증착물로 증착한 MgO 박막을 300 °C에서 1시간 동안 어닐링한 후 XRD를 통해서 측정을 하였다.

그림 2에서처럼 5 Å/sec에서 (200) 결정 방향이 최대가 되며, 증착률이 증가할수록 (200) 결정 방향이 사라지는 경향을 확인 할 수 있다.

또, 그림 3과 같이 음극선 발광을 통해 F/F+ center를 측정하여 분석하였을 때, XRD의 (200) 최대치 밀도와 CL 스펙트럼의 밀도 그래프 변화 경향이 5 Å/sec를 기준으로 유사하게 변화하는 것도 확인하였다.

AFM의 결과 낮은 증착률에서 표면이 뾰족하고 조밀한

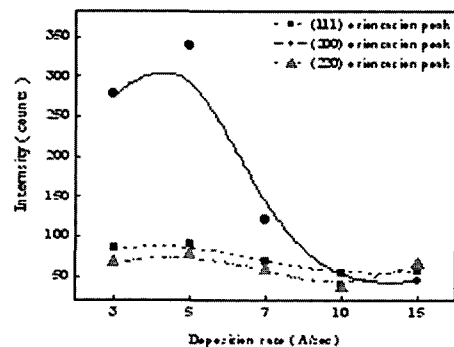


그림 2. 증착률에 따른 MgO박막 XRD 최대밀도.

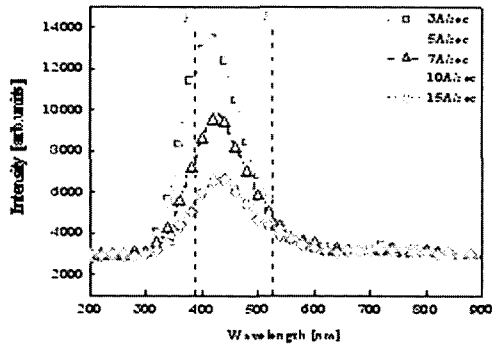


그림 3. 증착률에 따른 MgO박막의 CL 스펙트럼.

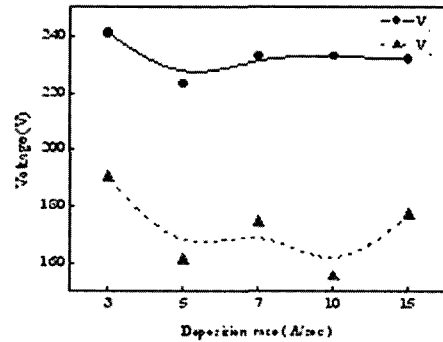


그림 6. 증착률에 따라 제작된 AC PDP의 방전개시전압과 방전유지전압 특성.

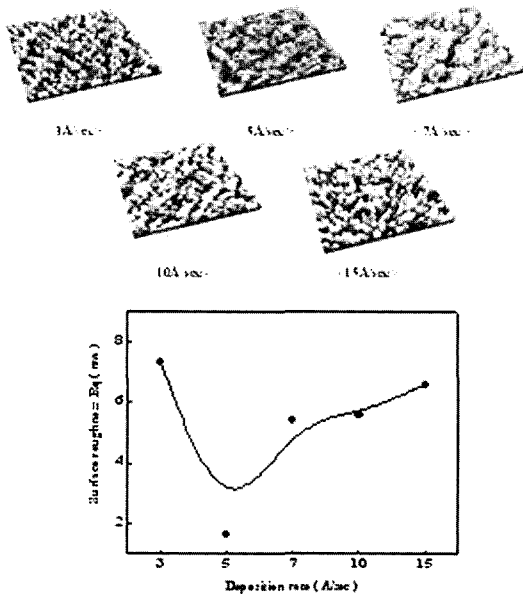


그림 4. 증착률에 따른 MgO박막의 AFM 표면 거칠기.

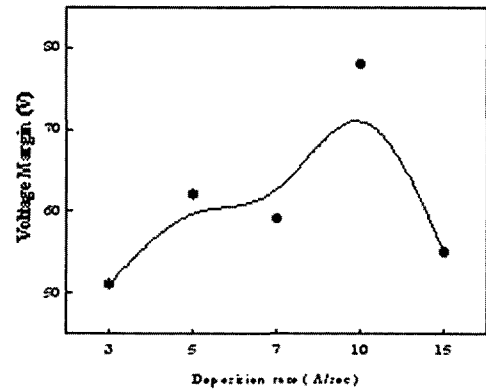


그림 7. 증착률에 따라 제작된 AC PDP의 메모리 마진.

그리고 그림 5는 SEM을 이용하여 MgO 박막의 측면의 모양을 확인한 결과로, 낮은 증착률에서는 뚜렷한 기둥 모양을 통한 일정 방향을 향하는 결정성이 확인되나 7 Å/sec 이상에서는 불규칙한 모양으로 결정성의 방향이 뚜렷하지 못함을 알 수 있었다.

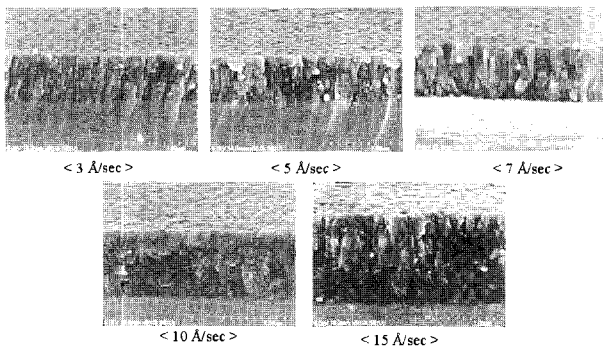


그림 5. 증착률에 따른 MgO박막의 측면 SEM 사진

모습을 보이고 증착률이 커질수록 뭉툭하고 엉성한 모습을 취하는 것을 볼 수 있는데 재미있게도 이러한 결과는 CL 스펙트럼이 증착률에 커질 수록 밀도가 작아지는 경향과는 반대되는 경향을 보이는 것으로 확인되었다.(그림 4)

MgO 박막의 물성적인 특성을 토대로 하여 제작한 PDP 패널들을 동작시켰을 때 그림 6의 방전개시전압, 방전유지전압과 그림 7의 메모리 마진, 그림 8의 방전 전류와 같은 전기적 특성을 볼 수 있었다. 이를 통하여 5 Å/sec에서 낮은 방전 전압과 방전 전류 특성을 갖는 것이 확인된다.

여기서 방전개시전압과 방전유지전압 사이의 메모리 마진이 증착률이 증가함에 따라서 증가하는 것을 볼 수 있는데 그림 3의 원자 구조의 결함인 F/F+ center가 증착률이 증가할수록 감소하여 박막의 표면에 결함이 작아져 메모리 마진은 증가하는 것으로 보인다. 15 Å/sec의 증착률은 메모리 마진이 다른 샘플과 다른 경향을 보여준다. 이 결과는 15 Å/sec 증착률로 제작된 박막 결정이 다른 증착률로 제작된 박막의 결정과 차이가 있음을 통해 분석하여 볼 때

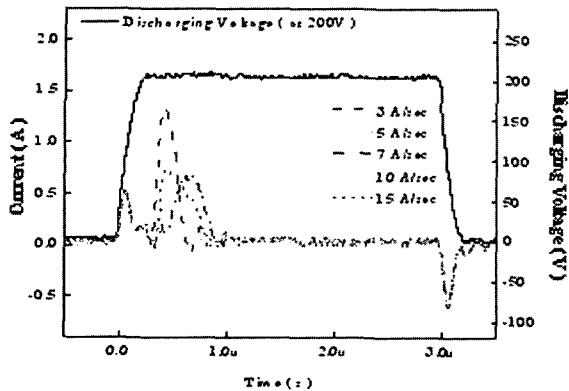


그림 8. 증착률에 따라 제작된 AC PDP의 방전 전류 특성.(200V 유진전압)

MgO 박막의 결정이 메모리 마진에 영향을 미친 것으로 해석된다. 즉, 메모리 마진은 MgO 표면의 원자 구조와 MgO 박막의 결정에 의해서 영향을 받는 것으로 분석된다.

방전 가스에 노출되어 있는 유전체 표면에서의 이차방출은 Auger neutralization 모델을 통해서 해석할 수 있다 [6]. 이온화 에너지  $E_i$ 에 의해서 절연체 표면에 접근하는 이온은 절연체 밸런스 밴드의 하나의 전자에 의해 중성화 공정을 거치게 된다. 중성화 공정을 통해 얻게 되는 에너지는 이차전자를 높은 에너지 레벨로 여기 시키는데 이용된다. 이때의 여기 에너지가 표면의 배리어 에너지  $\epsilon_o$ 를 넘게 되면 여기된 전자가 표면에서부터 방출되어 이차 전자가 된다. 표면에서 방출되는 Auger 전자의 에너지 분포  $N_o(\epsilon_k)$ 는 절연체 안에서 발생 가능한 전자의 분포  $N_i(\epsilon_k)$ 와 방출 가능성  $P_e(\epsilon_k)$ 의 곱으로 표현 할 수 있다.

$$N_o(\epsilon_k) = N_i(\epsilon_k) \cdot P_e(\epsilon_k)$$

낮은 밴드 갭  $E_g$ 를 가지는 절연체의 경우, 에너지 갭  $E_g$ 와 전자 친화도  $\chi$ 에 영향을 받아  $\epsilon_k > \epsilon_o$ 가 되는 여기된 Auger 전자  $N_i(\epsilon_k)$ 에 의해서 높은 이차방출수율을 예상 할 수 있다. 방출 가능성은  $\epsilon_k \leq \epsilon_o$ 에서는 0이고  $\epsilon_k > \epsilon_o$ 에서는 0.5로 증가한다. 이러한 모델에 의해서 이차전자방출이 절연체의 밴드 갭과 전자 친화도 그리고 표면 상태에 의해서 영향을 받음을 알 수 있다.

측정 결과들을 종합하여 보면 MgO 박막의 (200) 결정 방향과 조밀한 표면, F<sup>+</sup> center 등이 일함수와 표면 상태를  $N_i(\epsilon_k) \cdot P_e(\epsilon_k)$ 이 향상되는 방향으로 변화시킴으로 높은 이차전자방출에 기여한다고 하겠다[7,8].

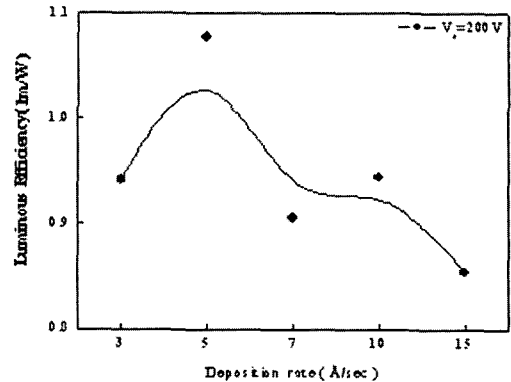


그림 9. MgO 증착률에 따른 발광 효율.

그림 8은 MgO 증착률에 대한 발광 효율을 나타낸 것으로 방전개시전압과 반대되는 경향을 보이며, XRD (200) 최대치 밀도와는 유사한 경향을 보이고 있다.

발광 효율  $\eta_l$ 은 휘도, 방전 전류, 인가전압 펄스와 같은 여러 요소들에 영향을 받는다. 일반적으로 낮은 방전개시전압(높은 이차전자방출계수), 낮은 방전 전류, 높은 품질의 형광체가 높은 발광 효율을 얻는 데 필요하다. 5 Å/sec로 증착된 MgO 박막을 가진 PDP 패널 샘플이 200V를 인가전압으로 할 때 가장 작은 방전 전류를 가지면서 휘도는 가장 높은 값을 가지므로, 가장 좋은 효율을 얻을 수 있었다.

알려져 있다시피 방전 특성은 혼합가스의 종과 농도, 방전 가스 압력, 그리고 MgO 보호막의 결정성과 밀도에 의해서 영향을 받는다[10-12]. 본 실험에서는 MgO 증착률을 실험하여 5 Å/sec의 증착률이 최적의 증착률임을 확인함과 동시에 (200) 결정 방향과 표면 거칠기, F/F<sup>+</sup> center, 박막의 결정성이 전기적 특성에 주요한 영향 요소임을 확인 하였다.

#### IV. 결 론

본 실험에서는 MgO 박막의 증착률을 3, 5, 7, 10, 15 Å/sec으로 구분하여 MgO 박막의 특성과 PDP의 동작 특성을 확인 하였다. 그 결과 증착률 중에서 5 Å/sec에서 최소의 방전개시전압과 높은 발광 효율을 얻을 수 있었다. 그리고 증착률 5 Å/sec의 MgO 박막이 가장 높은 (200) 최대치 밀도와 F<sup>+</sup> center 최대치 밀도, 그리고 가장 조밀한 표면, 일정한 원기둥 형태의 결정성과 같은 좋은 물성적 특성을

가지고 있는 것도 확인 하였다. 또, 측정된 MgO 박막의 물성 특성과 PDP의 동작 특성을 비교하여 메모리 마진이 F/F+ center와 박막의 결정에 영향을 받음을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과들로 인해 여러 증착률들 중에서 5 Å/sec의 증착률이 가장 최적의 조건이며, 증착률이 MgO 박막의 물성적 특성에 영향을 주고 이 MgO 박막이 PDP의 동작 특성에 영향을 주는 메커니즘임을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구는 한국학술진흥재단 지역대학우수과학자지원 사업 (KRF-2006-521-D00332) 연구비 지원에 의한 것입니다.

### 참고문헌

- [1] J. Kang, O. D. Kim, W. G. Jean and J. W. Song: J. Korean Phys. Soc. **37**, 854 (2000).
- [2] M. Noh, Y. Yi and K. Jeong: J. Korean Phys. Soc. **42**, 631 (2003).
- [3] K. Yoshida, H. Uchike and M. Sawa: IEICE Trans. Electron. **E82-C**, 1798 (1999).
- [4] E. H. Choi, H. J. Oh, Y. G. Kim, J. J. Ko, J. Y. Lim, J. G. Kim, D. I. Kim, G. S. Cho, and S. O. Kang: Jpn. J. Appl. Phys. **37**, 7015 (1998).
- [5] S. J. Kwon, and C. K. Jang: J. Korean Phys. Soc., **47**, 371 (2005).
- [6] H. D. Hagstum: Phys. Rev. **96** (2), 336 (1954).
- [7] Y. Motoyama, Y. Hirano, K. Ishii, Y. Murakami, and F. Sato: J. Appl. Phys. **95**, 8419 (2004).
- [8] M. S. Park, D. H. Park, B. H. Kim, B. G. Ryu, and S. T. Kim: SID06 Dig, 1399 (2006).
- [9] S. J. Kwon, and C. K. Jang: Jpn. J. Appl. Phys. **45**, 804 (2006).
- [10] G. Oversluizen, S. Zwart, M. F. Gillies, T. Dekker, T. J. Vink: Microelectron. J. **35**, 319 (2004).
- [11] A. Saito, T. Maeda, M. Tone, T. Shiga, S. Mikoshiba, G. Overshuizer: SID Int. Symp. Dig. Tech. Pap. **35**, 210 (2004).
- [12] Z. N. Yu, J. W. Seo, S. J. Yu, D. X. Zheng, J. Sun: Surf. Coat. Technol., **162**, 11 (2002).

## The Analysis of the Discharging Characteristics and MgO protective layer by MgO Evaporation Rates for High-Efficiency PDP

Yong-Jae Kim, Sang Jik Kwon\*

*Department of Electronics Engineering, Kyungwon University, Sunnam 461-701*

(Received April 19, 2007)

We have investigated and analyzed the effects of the evaporation rate of MgO films on the MgO properties and the discharge characteristics of a plasma display panel(PDP). The MgO properties such as the crystal orientation, the surface roughness, the film structure, and cathode-luminescence (CL) spectra were inspected using XRD (X-ray diffraction), AFM (atomic force microscopy). And the discharging characteristics of the PDP such as the firing voltage, discharging current, and luminescence were measured using a vacuum chamber with oscilloscope (TDS 540C), current probe (TCP-312A), color meter (CS-100A) and etc.

From the experiments results we confirmed the optimum evaporation rate at 5 Å/sec, the MgO properties were shown to be strongly dependent on the evaporation rate, and the MgO properties had an effect on the optical and electrical characteristics. In other words, if the evaporation rates increase than 5 Å/sec, the intensity of (200) orientation and cathode-luminescence (CL) spectra reduce, and the firing voltage was increased. So the luminous efficiency grows worse.

Keyword : MgO, E-beam evaporation, Cathode-luminescence

\* [E-mail] sjkwon@kyungwon.ac.kr