

## 고효율 PDP를 위한 진공 인라인 실장에서의 MgO 보호막 영향분석

### MgO Thin Film Characterization in a Vacuum In-line Sealing Process for High-efficiency PDP

권상직<sup>1,a</sup>, 장찬규<sup>1</sup>

(Sang-Jik Kwon<sup>1,a</sup> and Chan-Kyu Jang<sup>1</sup>)

#### Abstract

We have examined the electrical and optical characteristics of the plasma display panel produced by vacuum in-line sealing technology. In the MgO layer deposited at room temperature, after sealing at the panel temperature of 430 °C, the luminous efficiency decreased compared with that of the panel before sealing. Moreover, firing and sustain voltage of the sealed panel increased compared with that of the panel before sealing. This was resulted from that the MgO protective layer was cracked by the softening of the dielectric layer during the sealing process. In order to avoid the MgO crack during the vacuum in-line sealing, thermally stable MgO layer or lower temperature sealing is required.

**Key Words** : PDP(Plasma display panel), Vacuum In-line sealing

#### 1. 서론

최근 디스플레이 장치는 인간의 시각을 자극하여 정보와 감정을 전달하는 매체로 그 중요성이 매우 증대된 장치의 하나이며, 여러 종류의 디스플레이 장치들이 개발되어지면서 그 쓰임새 또한 매우 다양해지는 추세이다. 이러한 다양한 종류의 디스플레이 중에서도 PDP(Plasma Display Panel)는 대형화가 쉽고 박형화 하기 용이하며, 넓은 시야각을 가지고 완벽한 색상을 표시할 수 있는 장점으로 차세대 디스플레이 장치에 매우 적합하다고 할 수 있다. 하지만 그 제조공정에 있어서 PDP는 아직도 연구되어야 할 부분이 많은 디스플레이의 하나이며, 또한 다른 디스플레이에 비해 소비전력이 크고 휘도 및 효율이 낮다는 점이 아직 개선되어야 할 부분이다. 현재 PDP 개발에 있어서, 고효율 PDP 제작을 위한 패널의 구조 및 구동회로

분야에 대해서는 많은 연구개발이 이루어지고 있으나, 패널의 실장과 관련된 특성 및 실장방법에 있어서는 아직도 연구되어야 할 부분이 많은 현실이다.

기존의 일반적인 실장방법은 그림 1에서 보는 바와 같이 실장시간이 비교적 길고 실장 온도가 다소 높으며 불순물 가스가 다량 방출된다는 단점이 있는데, 실장온도가 높아질수록 패널을 구성하는 구조물 및 물질들이 열화되어 패널의 효율이 낮아진다는 문제가 있으며[1], 불순물 가스가 많이 방출될수록 방전 효율이 떨어지는 단점이 있다 [2,3].

이러한 일반적인 실장방법과 비교하여 진공 인라인 실장(vacuum in-line sealing)은 실장과정 동안 고진공을 유지하므로 내부 불순물 가스의 배출이 일반적인 실장방법보다 훨씬 용이하며 잔존 불순물 가스가 줄어들게 되므로 방전 효율을 높일 수 있고[4], 기존 실장에서의 MgO 보호막 열처리 (annealing) 공정이 실장공정과 별도로 진행되는 것을 하나의 공정으로 일체시켜 진행하게 되므로, 그림 1의 비교 그래프에서 보는 바와 같이 실장시간을 줄이고 동시에 공정 절차를 간소화할 수 있으며, 또한 일반적인 실장보다 낮은 온도에서 실장

1. 경원대학교 전자전기정보공학부  
(경기도 성남시 수정구 복성동 산65)  
a. Corresponding Author : sjkwon@kyungwon.ac.kr  
접수일자 : 2004. 12. 16  
1차 심사 : 2005. 2. 1  
심사완료 : 2005. 10. 6

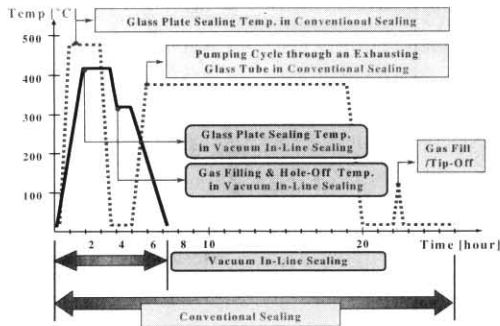


그림 1. 일반적인 실장과 진공 인라인 실장의 공정시간 및 온도 비교.

Fig. 1. Processing time and temperature comparison between conventional sealing and vacuum in-line sealing.

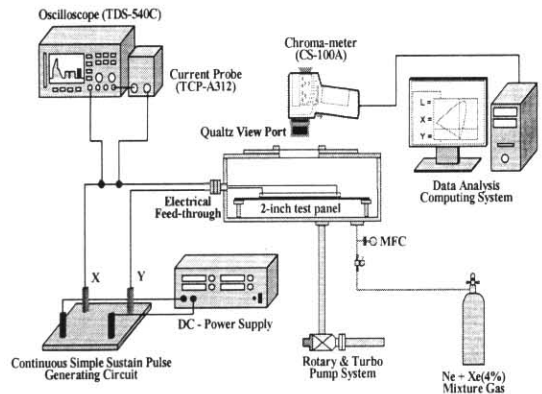


그림 2. 진공 인라인 실장 및 측정 장치 구성도.

Fig. 2. Packaging and measurement system configuration for vacuum in-line sealing.

을 수행하기 때문에 내부 구조를 보다 안정하게 유지할 수 있다는 장점을 가지고 있다.

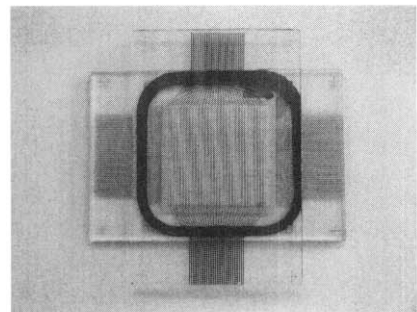
하지만 현재까지 알려진 바로는 MgO 보호막은 고진공 상태에서 가열시 균열(crack)이 발생된다고 보고 되어 있고[5], 이러한 균열의 문제는 실장 공정이 고진공 상태에서 이루어지는 진공 인라인 실장에서의 단점으로 제기되고 있다.

따라서 본 연구에서는 진공 인라인 실장을 수행함에 있어서, 고진공 분위기에서의 실장 공정 후 MgO 보호막의 균열(crack)로 인한 패널에의 영향을 분석하였고, 균열을 방지하는 방법에 대하여 고찰하였다.

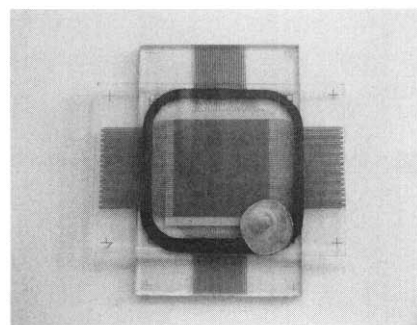
## 2. 실험

### 2.1 실험장치

본 실험에 사용된 패널은 2.8 mm 두께의 60 mm × 90 mm 소다라임 유리를 사용하였는데, 상판은 투명전극(ITO)이 증착되어 있고 하판은 일반적인 유리를 사용하였다. 투명전극(ITO)이 증착되어 있는 상판은 식각 공정을 통하여 전극 패턴을 형성하고, 투명전극 위에는 8 μm 두께의 bus 전극과 30 μm 두께의 투명 유전층, 그리고 투명 유전층을 보호하고 2차 전자 방출계수를 증가시키는 MgO 보호막을 형성시켰다. 일반적인 유리를 사용한 하판은 8 μm 두께의 address 전극과 30 μm 두께의 백색 유전층, 그리고 상하판의 간극을 유지시



(a)



(b)

그림 3. 진공 인라인 실장 방법으로 실장된 패널의 사진; (a) 전면, 및 (b) 후면.

Fig. 3. The photos of the panel fabricated using vacuum in-line sealing method; (a) front-side view, and (b) rear-side view.

키고 각 셀을 분할해주는 160  $\mu\text{m}$  두께의 stripe 구조 격벽과, 격벽 사이에는 10  $\mu\text{m}$  두께의 녹색 형광체를 도포하였으며, 상판과 하판의 실장을 위해 하판에는 유리재질 프린트로 200  $\mu\text{m}$  두께의 seal-line을 형성하였다.

이와 같이 제조된 패널의 진공 인라인 실장 및 방전 효율 측정을 위하여 그림 2에서와 같은 진공 챔버에 장착하고, 상하판을 정렬시킨 뒤 하판을 지지하고 있는 홀더를 상판에 밀착시키는 방법으로 실장을 하게 된다. 실장 공정을 진행하는 모든 과정 동안 패널을 장착시킨 진공 챔버의 내부 진공도는 터보 펌프 시스템을 사용하여 계속적인 배출을 하여  $1 \times 10^{-6}$  torr를 유지하였고, 430  $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 1시간 동안 실장을 수행하였다. 실장 과정이 끝난 후에는 터보 펌프의 게이트 밸브를 잠그고, 하판에 제작되어 있는 가스주입용 홀(hole)을 통해 패널 내부로 Ne과 Xe(4%)이 혼합된 방전가스를 주입한 뒤 450  $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 홀(hole)을 봉입하였다. 그림 3은 이와 같은 진공 인라인 실장 방법으로 제작된 2인치급 테스트 패널의 전면 및 후면 사진이다.

**2.2 측정방법**

패널의 전면 방전에 사용되어진 회로는 일반적인 sustain 펄스를 발생시키는 회로이고, 펄스의 주파수는 50 kHz, 펄스폭은 3  $\mu\text{s}$ 인 파형을 사용하였다. 발광 효율에 영향을 미치는 동작 전압의 범위는 최초 방전이 개시되는 방전 전압(firing voltage)을 기준으로 마지막 픽셀이 꺼지는 유지 전압(sustain voltage)까지의 전압 범위에서 각 10 V씩 단계를 설정하여 측정하였고, 전류 프로브(TCP-A312)와 오실로스코프(TDS-540C)를 이용하여 각 단계에서의 방전 전류량을 측정하였으며, 또한 휘도측정기(Chroma-meter, CS-100A)를 이용하여 각 단계의 휘도(brightness)를 측정하였다.

측정은 실장 공정에 따라 열처리(annealing)전, 열처리(annealing)후, 그리고 실장(sealing)후의 3단계로 나누어 각 단계마다 발광 테스트를 하였으며, 각각의 테스트마다 동작 전압에 대한 휘도(brightness)와 전류(current)를 측정하였고, 측정된 방전 전압(firing voltage)과 전류(current), 그리고 휘도(brightness) 데이터를 사용하여 방전 효율(luminous efficiency)을 계산하였다.

**3. 결과 및 고찰**

측정 결과, 그림 4에서 보는 바와 같이 실장 과정이 수행되기 전단계인 열처리(annealing) 전과

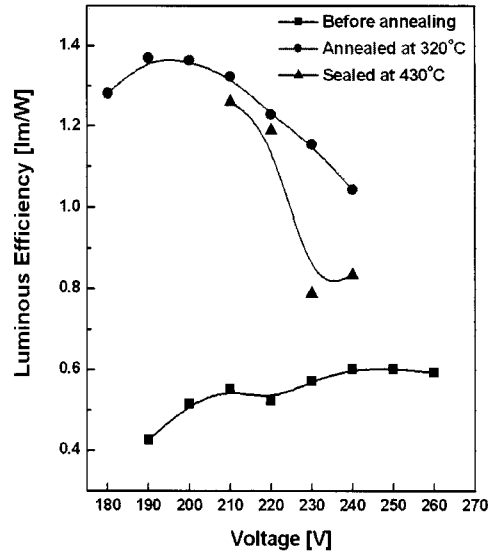


그림 4. 방전 전압에 따른 각 온도 조건에서의 방전 효율 비교.

Fig. 4. The luminous efficiency comparison with various firing voltage for each temperature condition.

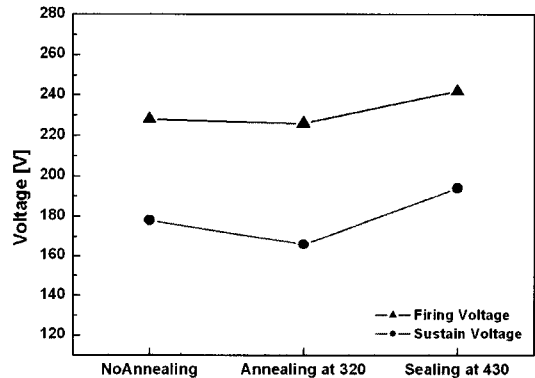
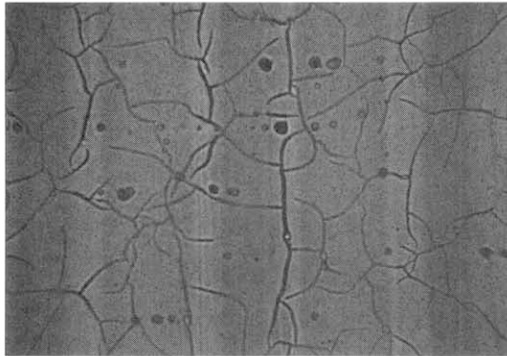


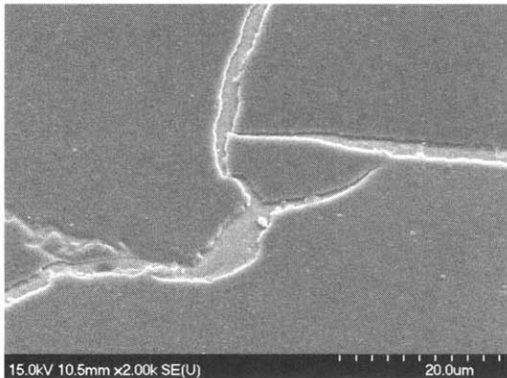
그림 5. 각 온도 조건에서의 방전 전압과 유지 전압 비교.

Fig. 5. The firing and the sustain voltage depending on each temperature condition.

후의 효율 데이터보다, 실장 후의 효율이 0.1~1.0 lm/W 정도 감소하는 것을 볼 수 있었다. 또한 실장 전과 실장 후 방전 전압 및 유지 전압을 비교했을 때, 그림 5에서와 같이 실장 후 방전 및 유지 전압이 실장 전보다 15~20 V 정도 증가하는



(a)



(b)

그림 6. 진공 인라인 실장방법으로 실장된 패널의 MgO 보호막 표면에 대한 (a) 광학현미경 사진( $\times 50$ 배), 및 (b) SEM 사진.

Fig. 6. The photos of MgO surface in the vacuum in-line sealed panel: (a) optical microscope view( $\times 50$ ), and (b) SEM view.

것을 확인할 수 있었다.

일반적인 패널의 방전 특성은, 실장 과정을 수행하기 전 단계에서 300 °C 내외의 온도로 열처리 (annealing) 과정을 거치면서 MgO 보호막에 흡착되어 있는 H<sub>2</sub>O 또는 CO<sub>2</sub> 등의 불순물 가스를 배출(dehydration)시키고, 또한 열적 작용으로 보호막의 결정 방향 및 표면을 고르게 하여, 결과적으로 보호막의 이차전자 방출계수( $\gamma$ )를 향상시켜 패널의 방전 효율을 향상시키는 것으로 알려져 있다 [6]. 본 실험에서 실장된 패널은 실장 과정 후 광학현미경(optical microscope) 및 SEM(Scanning Electron Microscope)을 사용하여 MgO 표면을 측

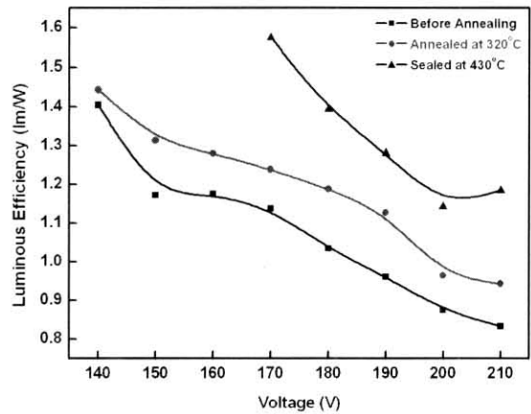


그림 7. 열적 안정성이 높은 MgO 보호막의 방전 전압에 따른 방전 효율 비교.

Fig. 7. The luminous efficiency comparison with various firing voltage using thermally stabilized MgO protective layer.

정한 결과 그림 6에서 보는 바와 같이 균열(crack)이 발생하였음을 확인하였고, 이러한 균열로 인하여 MgO 보호막의 이차전자 방출계수( $\gamma$ )가 낮아져 방전 효율이 떨어지게 된 것으로 분석하였다.

MgO 보호막을 지지하고 있는 유전층은 고온 및 고진공 상태에서 공정이 진행될 때 연화(softening)되는 것으로 보고 되어 있는데[4], 진공 인라인 실장 공정이  $1 \times 10^{-6}$  torr의 진공도 및 430 °C의 온도에서 이루어지므로, 실장 공정 동안 유전층의 연화(softening)는 곧 MgO 보호막을 지지하고 있는 기판의 수축 또는 팽창을 의미하고, 따라서 MgO 보호막에 균열이 발생되었다고 판단하였다.

이와 같은 MgO 보호막의 균열을 방지하기 위하여, 진공 인라인 실장 조건인 고온 및 고진공 상태에서도 열적 안정성이 높은 MgO 보호막을 성막시켜 위 실험을 다시 한번 진행하였다. 준비한 MgO 보호막은 증착 과정에서 열에 의한 보호막의 수축 및 인장 강도를 높이는 증착 방법을 도입하였고[7], 이러한 열적 안정성이 높은 MgO 보호막을 증착한 실험 결과는 그림 7과 같이 실장 후 방전 효율(luminous efficiency)이 실장 전보다 0.2~0.5 lm/W 높아진 것으로 측정되었고, 방전 전압(firing voltage) 역시 그림 8과 같이 6~10 V 낮아진 것으로 측정되었으며, 광학 현미경을 사용하여 표면을 검사한 결과 그림 9와 같이 균열(crack)이 발견되지 않았다.

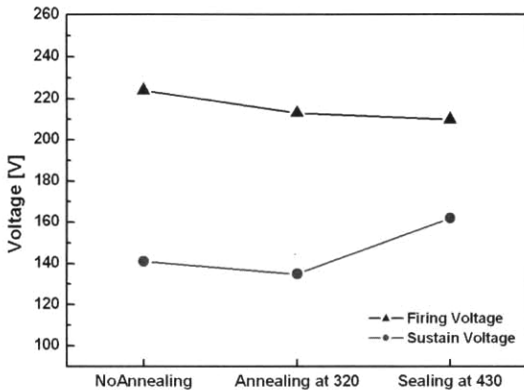


그림 8. 열적 안정성이 높은 MgO 보호막의 방전 전압과 유지 전압 비교.

Fig. 8. The firing and the sustain voltage comparison using thermally stabled MgO protective layer.

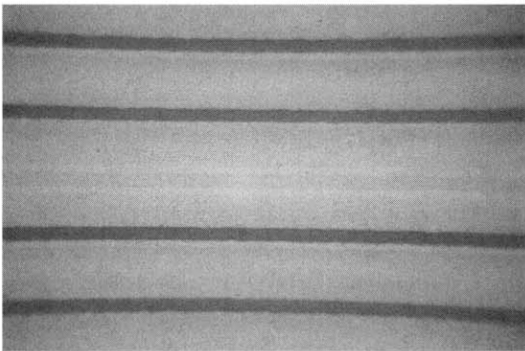


그림 9. 열적 안정성이 높은 MgO 보호막의 광학 현미경 사진(×50배).

Fig. 9. The optical microscope photos of thermally stabled MgO protection layer (×50).

#### 4. 결론

본 실험에서는 진공 인라인 실장 방법을 사용한 실장 공정에서의 MgO 보호막의 균열 문제를 살펴 보았고,  $1 \times 10^{-6}$  torr의 진공도에서 실장 온도 430 °C일 때 유전층의 연화(softening)로 인한 MgO 보호막의 균열은 방전 효율을 떨어뜨리게 된다고 분석하였다. 따라서 패널 내부의 MgO 보호막과 같은 구조물의 균열 문제를 해결하기 위해서는, 열적

안정성이 높은 MgO 보호막을 증착하는 방법이나, 또는 보다 낮은 온도에서 실장이 가능한 저온 진공 실장 방법이 적용되어야 할 것이다.

#### 감사의 글

본 연구는 정보통신부에서 지원하는 IMT-2000 차세대 고화질 고효율 PDP 제작 출연기금 및 경기지역 협력연구 프로그램(KRRC) 지원금으로 진행되었다.

#### 참고 문헌

- [1] C. H. Ha, D. C. Jeong, and K. W. Whang, "A study on the temporal bright image sticking problem in ac PDP", IMID'04, p. 113, 2004.
- [2] J. H. Shin and C. H. Park, "Effects of the impurity gases on the characteristics of ac PDP", J. of KIEEME(in Korean), Vol. 15, No. 10, p. 909, 2002.
- [3] K. N. Kim, J. K. Kim, J. H. Yang, K. W. Whang, and S. H. Lee, "An analysis on the impurities generated by discharge in AC plasma display panel", J. of the Korean Vac. Soc., Vol. 8, No. 4(1), p. 482, 1999.
- [4] D. J. Lee, Y. H. Lee, J. Jang, and B. K. Ju, "Glass-to glass electrostatic bonding with intermediate amorphous silicon film for vacuum packaging of microelectronics and its application", Sensors and Actuators, A89, p. 43, 2001.
- [5] C. H. Park, Y. K. Kim, B. E. Park, W. G. Lee, and J. S. Cho, "Effects of MgO annealing process in a vacuum on the discharge characteristics of AC PDP", Mat. Sci. and Eng., B60, p. 149, 1999.
- [6] M. Noh, Y. Yi, and K. Jeong, "Study of the MgO surface at the initial stage of aging in ac-PDP", J. Korean Phys. Soc., Vol. 42, No. 5, p. 631, 2003.
- [7] M. J. Lee, S. Y. Park, S. G. Kim, and H. J. Kim, "Effect of stress of MgO protecting layer on discharge characteristics of AC-PDP", IMID'04, P-36, 2004.