

# 고효율 PDP 제작을 위한 진공 인라인 실장에서의 초기 진공도에 따른 방전특성 분석

권상직\* · 장찬규 · 김용재

경원대학교 전자전기정보공학부, 성남 461-701

(2005년 8월 24일 받음)

진공 인라인 실장기술에 의해 제조된 플라즈마 디스플레이 패널(PDP)의 전기적 및 광학적 특성을 분석하였다. 분석결과, 초기 진공도가 증가함에 따라 발광효율이 증가함을 확인하였다. 즉,  $1 \times 10^{-3}$  torr의 진공도인 경우에 대해서는, 동작전압이 235 V(방전가스의 압력을 400 Torr일 경우) 이고 발광효율이 0.8 lm/W(180 V의 유지전압에 대해) 인데 반해 초기 진공도가  $1 \times 10^{-6}$  torr일 경우에 대해서는, 동작전압이 215 V로 낮아졌고 발광효율은 2.5 lm/W로 향상되었음을 확인하였다. 더불어, 진공 인-라인 실장 방법을 이용하여 tip-less형 PDP 동작 패널을 성공적으로 제조할 수 있었다.

주제어 : 플라즈마 디스플레이 패널(PDP), 초기 진공도, 진공 인라인 실장

## I. 서 론

최근 디스플레이 장치는 인간의 시각을 자극하여 정보와 감정을 전달하는 매체로 그 중요성이 매우 증대된 장치중 하나이며, 여러 종류의 디스플레이 장치들이 개발되어지면서 그 쓰임새 또한 매우 다

양해지는 추세이다. 이러한 다양한 종류의 디스플레이 중에서도 PDP(Plasma Display Panel)는 대형화 하기 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 아

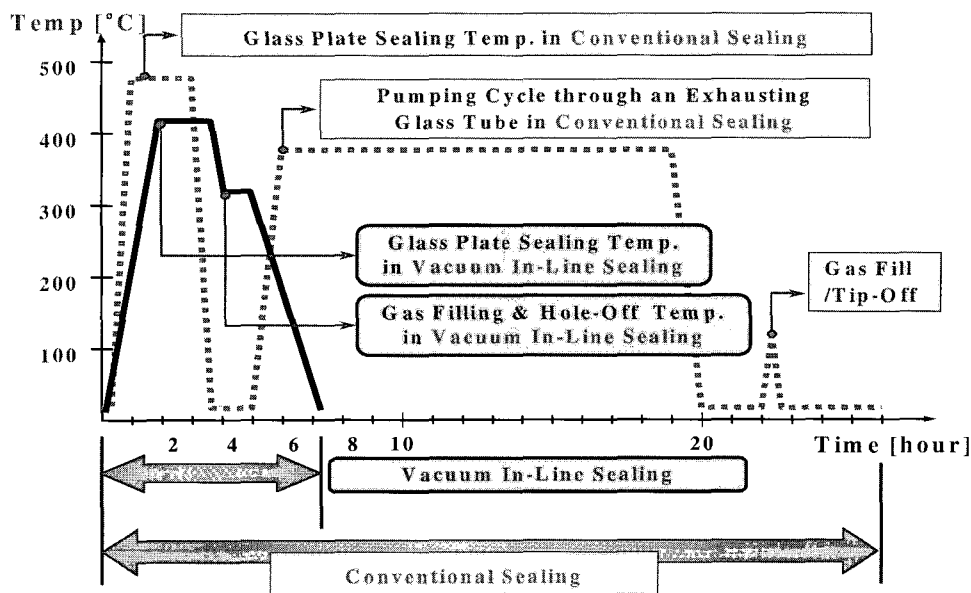


그림 1. 일반적인 실장과 진공 인라인 실장의 공정시간 및 온도 비교.

\* [전자우편] sjkwon@kyungwon.ac.kr

직도 연구해야 할 부분이 많은 디스플레이중의 하나이며, 또한 다른 디스플레이에 비해 소비전력이 크고 휘도 및 효율이 낮다는 점과 같이 아직 개선할 부분이 많이 있다. 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 아직 연구되어야 할 부분이 많은 현실이다.

기존의 일반적인 실장방법은 그림 1에서와 같이 실장 시간이 길고 실장 온도가 다소 높으며, 대기 상태에서 실장을 하기 때문에 H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> 및 O(또는 O<sub>2</sub>)와 같은 불순물 가스들이 다량 흡착되는데, 흡착된 가스들은 방전 전압을 높이고 방전 특성을 악화시키게 된다 [1].

이에 비하여 진공 인라인 실장(vacuum in-line sealing)은 실장 공정 동안 고진공을 유지하고 계속적으로 배기 공정이 이루어지므로 불순물 가스의 배출이 일반적인 실장보다 훨씬 용이하며, 진공 분위기에서 실장 공정을 수행하므로 일반적인 실장보다 낮은 온도에서 실장이 가능하다는 장점을 가지고 있다.

본 연구에서는 이러한 진공 인라인 실장 공정에 있어서 서로 다른 초기 진공도에 따른 내부 불순물 가스의 잔류량을 분석하여, 이러한 잔류 불순물 가스를 배출시킬 수 있는 초기 진공도에 따른 패널의 방전 효율에 대하여 분석하였으며, 최종적으로 진공 인라인 실장 방법으로 제작된 tip-less 타입의 2인치 테스트 패널이 성공적으로 동작함을 제시하였다.

## II. 실험

### 2.1 실험 장치

본 실험에 사용된 패널은 그림 2에서 보는 바와 같이 두께 2.8 mm, 크기 60 mm × 90 mm의 PD-200(ASAHI glass, Japan)을 사용하였고, 실제 방전되는 영역이 35 mm × 35 mm 인 2인치 패널을 사용하였다. 패널의 상판은 투명전극(ITO)이 증착되어 있고 하판은 일반적인 유리를 사용하였는데, 투명전극(ITO)이 증착되어 있는 상판은 식각공정을 통하여 유지 전극 패턴을 형성하였고, 투명전극 위에는 8 μm 두께의 bus 전극과 30 μm 두께의 투명 유전층을 스크린 프린팅 기법으로 형성하였으며, 유전층 위로 투명 유전층을 보호하고 2차 전자 방출계수를 증가시키는 MgO 보호막을 e-beam evaporating 공정을 통하여 5,000 Å의 두께로 증착하였다. 하판은 8 μm 두께의 address 전극과 30 μm 두께의 백색 유전층, 그리고 상하판의 간극을 유지시키고 각 셀을 분할해주는 150 μm 두께의 stripe-type 격벽과, 격벽 내부에 10 μm 두께의 녹색 형광체를 스크린 프린팅 기법으로 형성하였으며, 상판과 하판의 실장을 위해 하판에는 유리 재질 프리트로서 200 μm 두께의 seal-line을 디스펜싱 공정을 통해 형성하였다. 이와 같이 제조된 패널은 방전 효율 측정 및 최종적인 진공 인라인 실장을 수행하기 위하여 그림 3에서와 같은 진공 챔버에 장착하고, 상하판을 정렬시킨 뒤 하판을 지지하고 있는 홀더를 상판에 밀착시키는 방법으로 효율 측정 및 실장

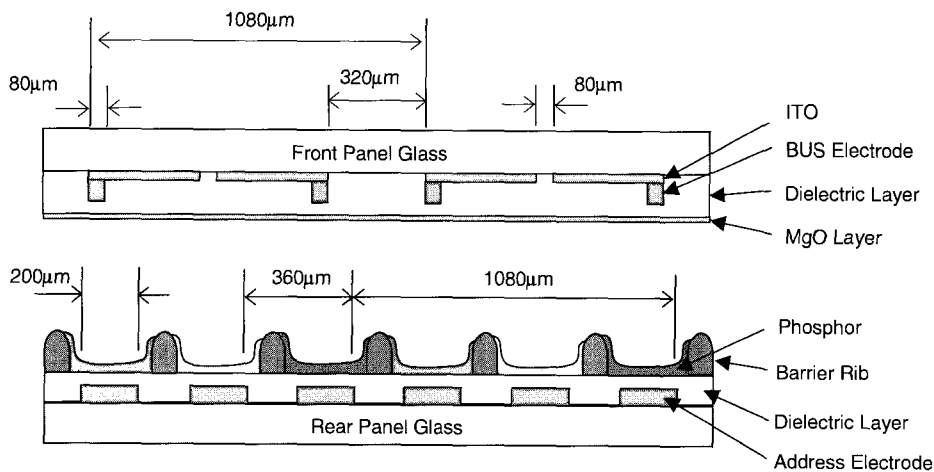


그림 2. 실험에 사용하기 위하여 제작된 2인치급 테스트패널의 셀 구조.

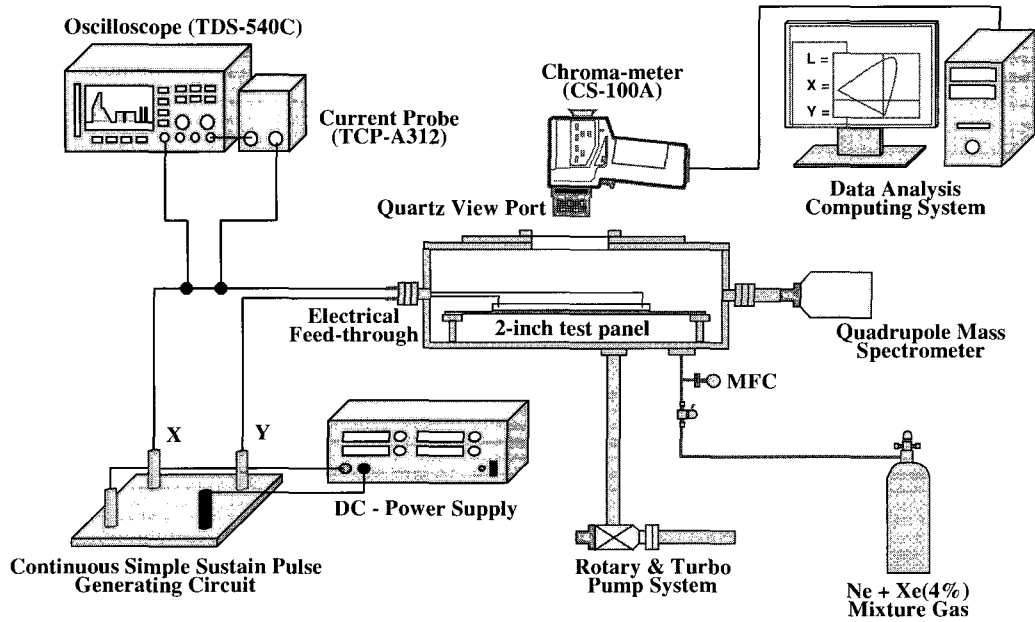


그림 3. 진공 인라인 실장 및 측정 장치 구성도.

을 수행하였다. 효율 측정 과정 동안에는 초기 진공도를  $1 \times 10^{-3}$  Torr,  $1 \times 10^{-4}$  Torr,  $1 \times 10^{-5}$  Torr, 그리고  $1 \times 10^{-6}$  Torr으로 나누어 각각의 초기 진공도에 따른 내부 잔류 가스량을 측정하였고, 가스량 측정 후 Ne과 Xe(4%) 성분이 혼합된 방전 가스를 400 Torr 주입한 후 각각의 방전전압, 유지전압, 휘도, 그리고 효율을 측정 및 계산하였다.

최종적으로 진공 인라인 실장 동안의 내부 진공도는  $1 \times 10^{-6}$  Torr를 유지하였고 실장온도  $430^\circ\text{C}$ 에서 1시간 동안 실장이 이루어졌다.

## 2.2 측정 방법

패널의 전면 방전에 사용되어진 회로는 일반적인 sustain 펄스를 발생시키는 회로이고, 펄스의 주파수는 50 kHz, 펄스폭은  $3 \mu\text{s}$ 인 파형을 사용하였다. 동작 전압의 범위는 최초 방전이 개시되는 방전 전압(firing voltage)을 기준으로 화면에서 최초 하나의 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 측정하였다. 또한 휘도측정기(Chroma-meter, CS-100A)를 이용하여 방전 동안 각 단계의 휘도(brightness)를 측정하였고, 패널 내부의 불순물 가스의 농도는 RGA(Residual Gas Analyzer, prisma

QMS-200)를 이용하여 측정하였으며, 측정된 동작 전압, 밝기(brightness), 그리고 전류(current) 데이터를 이용하여 각각의 효율(efficiency)을 계산하였다.

## III. 결과 및 고찰

초기 진공도에 따른 패널의 방전 특성을 비교하기 위하여 각 진공도에 따라 패널 내부에 잔존하는 불순물 가스의 농도 측정 실험을 우선 수행하였는데, 그림 4에서 보는 바와 같이 각각의 서로 다른

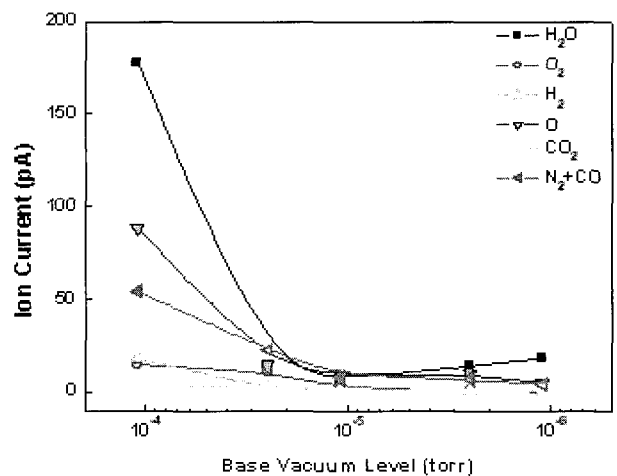


그림 4. 초기 진공도에 따른 불순물 가스의 농도 비교.

초기 진공도에 따라 잔존하는 불순물 가스의 농도는 진공도가 낮을수록 농도가 높았고,  $1 \times 10^{-5}$  Torr의 진공도에서 불순물 가스의 농도가 급격히 줄어들기 시작하였으며,  $1 \times 10^{-5}$  Torr 이후에는 불순물 가스의 농도는 최저가 되었다.

또한 이에 따른 방전 전압 역시 그림 5에서 보는 바와 같이 불순물 가스의 농도가 낮아질수록 방전 전압이 낮아지는데, 불순물 가스의 농도가 높은  $1 \times 10^{-4}$  Torr 일 때의 방전 전압 보다 약 15 V 가량 낮아지는 것을 확인할 수 있었다. 일반적으로 방전 전압은 MgO 보호막의 표면 상태에 따라 좌우되는 것으로 알려져 있는데, MgO 보호막의 수화(hydration)는 방전 전압을 높이고 이차전자 방출 계수( $\gamma$ )를 낮추는 악영향을 초래하게 된다[2-3]. 본 연구에서도 수화(hydration)에 가장 큰 영향을 미치는  $H_2O$ ,  $CO_2$  및 O(또는  $O_2$ )와 같은 불순물 가스들의 농도가 높아질수록 방전 전압 역시 높아지는 경향을 확인할 수 있었다.

휘도(brightness)에 있어서도 그림 6에서 보는 바와 같이 불순물 가스의 농도가 낮아질수록 휘도는 높아지는 것을 알 수 있었으며, 불순물 가스의 농도가 가장 적은  $1 \times 10^{-6}$  Torr의 진공도에서 휘도 값이 최대가 됨을 알 수 있었다. 패널의 방전 휘도는 널리 알려진 바와 같이 MgO 보호막의 2차전자 방출계수와 밀접한 관련이 있는데, 패널 내부에 잔존하는 불순물 가스들 중에서 특히  $CO_2$  와  $H_2O$  성분에 대하여,

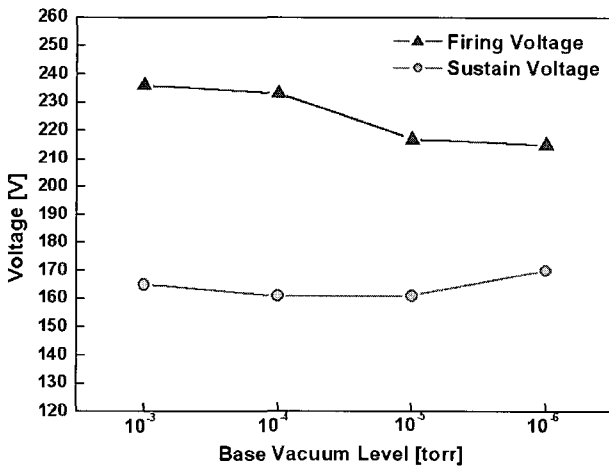
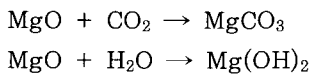


그림 5. 초기 진공도에 따른 방전 전압 및 유지 전압의 비교.

의 반응이 일어나고, 이러한 결과물인  $MgCO_3$ 와  $Mg(OH)_2$ 은 MgO 박막보다 2차전자 방출계수가 낮아진다고 보고되어져 있으며, 이는 방전시 패널 내부에 잔존하는 불순물 가스들이 방전 휘도에 영향을 미치게 되는 것으로 분석되었다.

앞에서 측정된 자료를 토대로, 다음의 효율 계산 방정식을 이용하여 발광 효율(luminous efficiency)을 계산하였는데, 여기서 발광 효율(luminous efficiency)  $\eta$ 는 휘도(brightness)를 의미하는  $B$ , 그리고 방전 면적을 의미하는  $S$ 와 비례하고 소비전력을 의미하는  $P$ 와 반비례하며, 소비전력은 다시 한 주기 동안의 시간에 따른 방전 전류량  $i(t)$ 와 방전 전압  $v(t)$ 의 적분값과, 주기  $T$ 의 역수의 곱으로 계산되어진다.

$$\eta [lm/W] = \frac{\pi \times B [cd/m^2] \times S [cm^2]}{\text{power consumption} [W]}$$

효율 계산 방정식

$$P [W] = \frac{1}{T} \int_0^T i(t) \cdot v(t) dt$$

소비전력 (power consumption)

발광 효율(luminous efficiency)은 그림 7에서 보는 바와 같이 초기 진공도가 낮은  $1 \times 10^{-3}$  Torr 일 때보다 초기 진공도가 높아질수록 급격히 향상되어, 초기 진공도가  $1 \times 10^{-6}$  Torr 일 때는 2.5 lm/W까지 향상되는 것을 알 수 있는데, 이는 효율 계산 방정식에서도 알 수 있듯이 초기 진공도가 낮을 때 보다 높을 때의 방전 전압이 약 15 V 개선됨으로 인하여 소비전력이 줄어들고, 휘도는 약  $600 \text{ cd/m}^2$ 가 개선

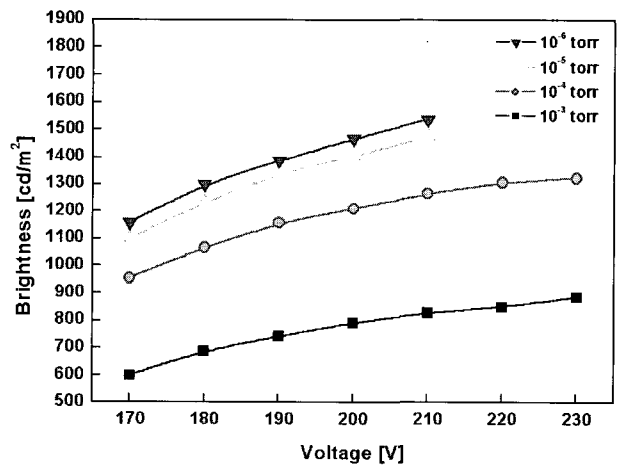


그림 6. 초기 진공도에 따른 휘도의 비교.

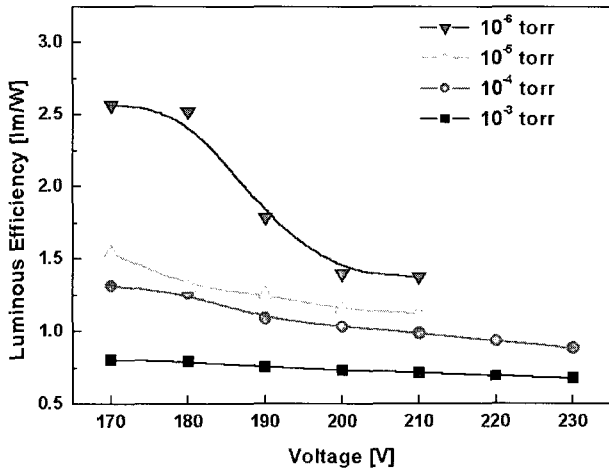


그림 7. 초기 진공도에 따른 발광 효율의 비교.

됨으로 인하여 결과적으로 발광 효율이 향상되는 것으로 분석되었다.

이러한 결과를 바탕으로, 진공 인라인 실장 방법이 실제 패널에 적용 가능한지를 파악하기 위하여 2인치급 테스트 패널을 이용하여 실장하였다. 실장 공정은 자체 제작된 PDP 상판과 하판을 그림 3에서 보인 실장용 챔버에 장착한 후, 하판을 상판 쪽

으로 들어 올리는 방법으로 진행되었고, 터보 펌프를 이용하여 초기 진공도를  $1 \times 10^{-6}$  Torr로 유지하며 챔버 내부의 분위기 온도를  $430^\circ\text{C}$ 에서 1시간동안 실장용 프리트를 녹여 상하판을 결합시켰다. 실장되는 과정 동안 챔버 내부는  $1 \times 10^{-6}$  Torr의 진공도를 계속 유지하면서 패널 내부 구조에서 발생할 수 있는 불순물 가스를 최대한 배출하였고, 실장이 끝난 후에는 터보 펌프의 게이트 밸브를 닫고 MFC (Mass Flow Controller)가 연결된 외부 가스 유입구를 통해 Ne과 Xe(4%)이 혼합된 방전가스를 400 Torr 주입한 후 하판에 형성되어있는 가스 주입구를 봉입하였다. 이러한 방법으로 제작된 2인치급 진공 인라인 실장 패널은 아래의 그림 8과 같고, 주파수가 50 kHz이고 펄스폭이 3  $\mu\text{s}$ 인 일반적인 sustain 펄스를 상판의 X전극과 Y전극에 인가시켜 방전 시켰을 때, 210 V 내외의 방전 전압과 약  $1500 \text{ cd/m}^2$ 의 휘도 특성을 나타내었다.

#### IV. 결 론

본 연구에서의 발광 효율의 개선은 대기의 주성분인  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{CO}_2$ , 및 O(또는  $\text{O}_2$ )와 같은 가스들에 대하여 초기 진공도가 높을수록 패널 내부에는 이러한 불순물 가스들의 잔존량이 줄어들게 되므로 실장 공정 준비 및 실장시 패널 내부 구조의 흡착을 차단하였기 때문이었음을 알 수 있었다. [4-5] 그리고 공정 중 패널 내부 구조의 불순물 가스 배출에 있어서도 지속적인 배기 과정을 통해 가스의 배출이 용이하므로, 방전 가스 주입후 패널 내부의 방전 가스 조성을 유지할 수 있게 되어 결과적으로 발광 효율이 개선되었음을 알 수 있었다. 따라서 기존의 대기 상태에서의 패널 실장 공정에서 가장 큰 단점으로 지적되고 있는 패널 내부 구조의 대기 성분 흡착에 의한 발광 효율 저하에 대하여, 진공 인라인 실장 공정 기술을 적용하면 이러한 대기 성분들로부터의 흡착 및 수화를 방지할 수 있고, 발광 효율을 개선시킬 수 있다고 분석하였다.

#### 참 고 문 헌

[1] J. H. Shin and C. H. Park, J. KIEEME 15, 909 (2002).

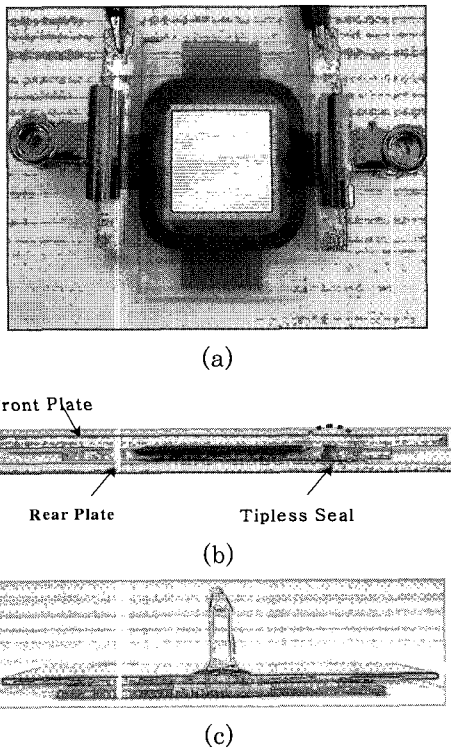


그림 8. 진공 인라인 실장 방법으로 제작된 tubeless 타입 PDP 패널의 발광 테스트 : (a) 패널의 전면 발광, (b) 진공 실장된 패널 측면, (c) 일반 실장된 패널 측면과 비교

- [2] M. H. Joo, T. H. Kim, and J. S. Lee, IMID '01 Digest, 518 (2001).
- [3] M. J. Lee, S. Y. Park, S. G. Kim, and H. J. Kim, IMID '04, 36 (2004).
- [4] C. H. Park, Y. K. Kim, B. E. Park, W. G. Lee, and J. S. Cho, Mater. Sci. Eng. B **60** 149 (1999).
- [5] Takayoshi Hirakawa and Heiju Uchiike SID '04 Digest, 910 (2004).

## The Analysis of the Discharging Characteristics on the Base Vacuum Level in a Vacuum In-line Sealing Process for High-efficiency PDP

Sang Jik Kwon\*, Chan-Kyu Jang and Yong-Jae Kim

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

(Received August 24, 2005)

We have examined the electrical and optical characteristics of the plasma display panel(PDP) produced by vacuum in-line sealing technology. We found that the luminous efficiency was decreased as the base vacuum level was increased. For the base vacuum level of  $1 \times 10^{-3}$  Torr, the firing voltage was 235 V at the discharge gas pressure of 400 Torr and the luminous efficiency was 0.8 lm/W at 180 V sustaining pulse. However, for the base vacuum level of  $1 \times 10^{-6}$  Torr, the firing voltage was reduced to 215 V and the luminous efficiency was improved to 2.5 lm/W. Finally, we demonstrated successfully the operation of tip-less PDP fabricated using vacuum in-line sealing method.

Keywords : Plasma display panel(PDP), Base vacuum level, Vacuum in-line sealing

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