

# 진공 인라인 실장에 의해 제작된 플라즈마 디스플레이 패널의 전기적 · 광학적 특성

박성현, 이능현, 김지훈, 이상훈, 전석환, 추순남  
경원대학교 전기전자공학과

## Electrical and Optical Characteristics of Plasma Display Panel Fabricated by Vacuum In-line Sealing

Sung-Hyun Park, Neung-Hun Lee, Jee-Hoon Kim, Sang-Hoon Lee, Seog-Hwan Chun, Soon-Nam Chu  
Dept. of Electrical & Electronic Engineering, KyungWon Univ.

### Abstract

본 연구에서는 진공 인라인 실장 기술을 이용하여 제작한 플라즈마 디스플레이 패널 (PDP)의 전기적 · 광학적 특성을 측정하여, 일반적인 실장 방법을 이용한 PDP의 특성과 비교 · 분석하였다. 본 실험에 사용된 패널은 Screen Printer를 이용한 상 · 하부전극 과 하판 유전체, 상판 투명유전체, 격벽 및 E-Beam Evaporation 방법을 이용하여 증착한 MgO 보호막으로 이루어져 있으며, 분위기 온도 430°C, Ne-Xe(4%) 400[torr]압력 하에서 실장하였다. 높은 분위기 온도로 인하여 MgO에 Crack이 발생하였으나 지속적인 연구를 진행하여 최적의 실장 조건을 확립할 수 있었다. 이러한 진공 인라인 실장 기술은 추가적인 Annealing 공정이 필요하지 않아 공정의 단축을 모색할 수 있으며, MgO의 수화를 제거함으로써 일반적인 실장 방법을 이용한 패널보다 더 우수한 전기적 · 광학적 특성을 얻을 수 있었다.

### 1. 서 론

최근 Flat Panel Display(FPD)의 발전으로 LCD 및 OLED, PDP 등이 상용화 되어 많은 분야에서 각광을 받고 있다. 특히 40인치 이상의 대화면에 유리한 PDP의 경우 많은 연구가 진행되고 있으며, 이미 삼성이나 LG에서는 80인치 급의 PDP를 개발하여 시연한 상태이다. 하지만 아직까지 PDP는 제작 시 소요되는 비용으로 인하여 대화면 디스플레이 시장에서 다른 종에 비해 상당히 가격이 높은 상태이며, PDP 자체의 발광 및 전력효율은 제작 과정에서의 MgO 보호막의 수화 문제 등으로 인하여 상당히 낮은 편이다.

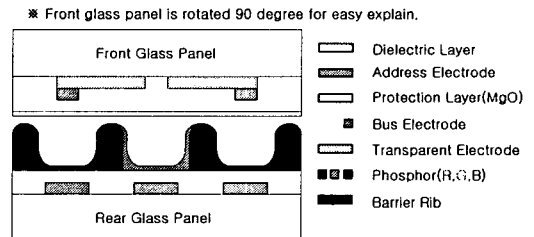


그림 1. AC PDP의 구조.

일반적인 AC PDP의 구조는 그림 1과 같이 상부와 하부로 나눌 수 있다. 상부의 경우 상판유리와 투명전극, 상부전극, 유전체, 보호막 순으로 이루어져 있고, 하부의 경우 하판유리와 하부전극,

유전체, 격벽, 형광체 순으로 이루어져 있다. 상부와 하부 사이에는 Ne과 Xe을 혼합가스의 형태로 주입하여 상부 및 하부 전극에 전압이 가해질 때, 혼합가스가 플라즈마를 형성하여 VUV를 생성하고, 생성된 VUV는 형광체를 여기시켜 가시광의 빛을 나타나게 한다.

PDP의 광학 및 전기적 효율을 높이는 방법으로 플라즈마를 유지하는 데 중요한 변수의 하나인 이차전자의 방출효율을 높이는 것이다. 이는 MgO 보호막의 상태에 따라 상당히 좌우된다. 현재 이러한 이차전자 방출효율을 높이기 위한 연구가 여러 부분에서 많이 진행되고 있다. 예를 들면, MgO 대신에 MgO+ZrO<sub>2</sub> 나 MgO+Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 등을 쓰는 방법과 같이 보호막의 재료를 변화시키는 방법이나, PDP 제조공정 상에서 MgO 보호막의 수화를 최대한 방지하는 방법으로 MgO 막 형성 후 바로 배기봉착에 들어갈 수 있는 진공 인라인 실장 방법이 있다. 이는 MgO 막이 공기 중에 노출이 되지 않고 진공상태에 유지되다가 바로 실장 되어지기 때문에 수화를 확실히 방지할 수 있다.

본 연구에서는 MgO 보호막의 수화를 방지하기 위하여 진공 인라인 실장을 이용하여 제작한 PDP의 전기·광학적 특성을 측정하여, 일반적인 실장을 이용한 PDP의 특성과 비교분석하였다.<sup>[1-3]</sup>

## 2. 실험

본 연구에서는 크기가 60(W)×90(H)×2.8(T)[mm]의 상·하판용 유리(ASAHI glass)를 사용하여, 주발광영역이 35(W)×35(H)[mm]인 2인치 test 패널을 제작하였다.

PDP의 제작공정은 크게 상부와 하부 패널 제작과 배기봉착으로 나눈다. 상부 패널은 상판용 유리에 증착되어 있는 ITO를 사진식각공정을 이용하여 투명전극을 형성하였고, 그 위에 스크린프린터를 사용하여 bus 전극(Ag)과 투명유전체를 형성하였다. 그 후 E-beam 증착법을 이용하여 고온에서 MgO 보호막을 형성하여 제작하였다. 하부 패널은 하판용 유리에 스크린프린터를 사용하여 address 전극(Ag) 그리고 백색유전체, 격벽, 형광체 순으로 형성하여 제작하였다. 표 1에 각 부분별 미세규격을 나타내었다.

표 1. 2" test panel의 미세규격(높이)

Front		Rear	
ITO Elect.	1300[Å]	Address Elect.	10[μm]
BUS Elect.	10[μm]	Dielectric	30[μm]
Dielectric	30[μm]	Barrier Rib	120[μm]
MgO	5000[Å]	Phosphor	30[μm]

제작된 상·하부 패널은 실장용 chamber에 장착하여 6×10<sup>-7</sup>[Torr]까지 진공배기한 후, MgO의 수화를 제거하기 위해서 430[°C]에서 2시간동안 유지 후 실장 하였다. 최종적으로 Ne/Xe(4[vol%])를 400[torr] 주입한 뒤, hole-off 하였다. 실장에 사용된 chamber는 그림 2와 같다.

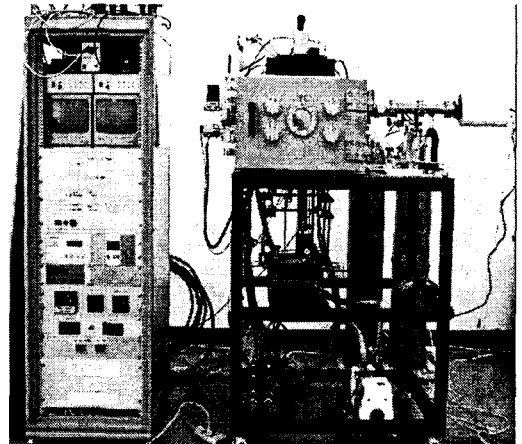


그림 2. 진공 인라인 실장용 chamber.

전기·광학적 특성을 측정하기 위해서 완성된 패널의 상부전극(bus electrode)에 AC driving 펄스를 가하였고, 하부전극은 ground를 유지하였다. 각 test 패널의 방전 개시 전압과 방전 유지 전압은 TDS-540C 오실로스코프를 사용하여 측정하였고, 광학특성은 CS-100A 휘도계를 사용하여 측정하여 발광효율을 분석하였다.

## 3. 결과 및 고찰

본 연구에서는 진공 인라인 실장과 일반적인 실장 방법이 각각 패널에 미치는 영향의 차이점을 고찰해보았다. 두 실장법의 큰 차이는 MgO 보호막의 수화에 있기 때문에 동일한 조건에서 제작된 두개의 test 패널을 준비하여, 전자의 경우 320[°C]에서 2시간동안 annealing 과정을 거쳤으나, 후자

의 경우는 바로 chamber 내에 test 패널을 장착한 후 AC 전압을 인가하여 전기·광학적 특성을 측정하여 그림 3에 나타내었다. 또한 본 연구에서는 실제로 진공 인라인 실장 기술을 이용하여 test 패널을 제작한 뒤 전기·광학적 특성을 측정하여 그림 3에 나타내어 위 결과와 비교·분석하였다.

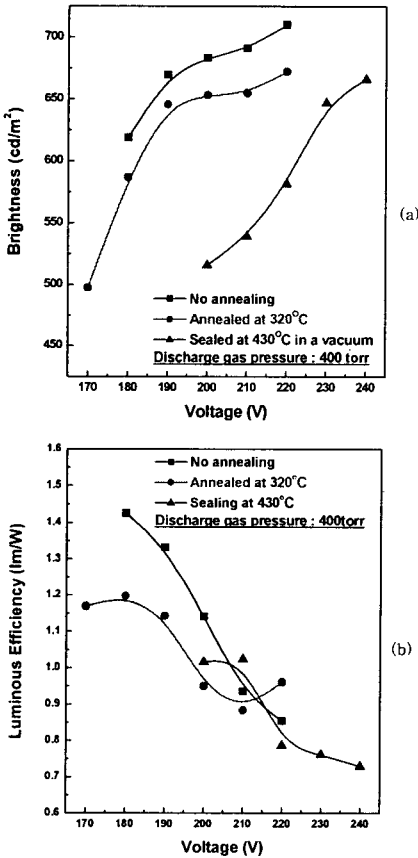


그림 3. 진공 chamber 내에서의 패널의 광학특성

그림 3의 결과를 보면 예상과 다르게 sealed 패널이나 annealing 패널이 no-annealing 패널보다 휘도가 더 낮게 나왔고, 발광효율 또한 불안정한 형태를 보였다. 이는 sealing이나 annealing 과정에서의 높은 온도(약 300~400[°C])로 인하여 MgO 보호막과 substrate(유전체 혹은 glass)의 온도에 따른 물질 내부응력 변화의 차이에 의해 MgO 보호막에 crack이 발생하여 오히려 낮은 휘도와 발광효율의 저하를 나타낸 것으로 보인다. MgO에 발생한 crack의 광학현미경과 전자현미경(SEM) 사진을 그림 4에 나타내었다.<sup>[4]</sup>

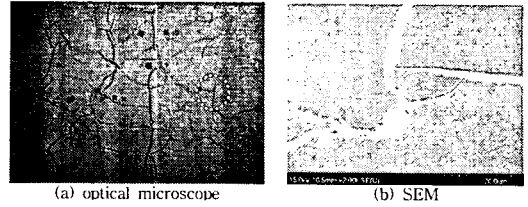


그림 4. MgO 보호막의 crack 현상

그림 4와 같은 MgO 보호막의 crack을 방지하기 위해서는 MgO 막을 높은 온도(약300~400°C)에서 증착하여, substrate와의 온도에 따른 응력변화의 차이를 줄임으로써 고밀도의 균질한 MgO 보호막을 형성할 수 있었다.

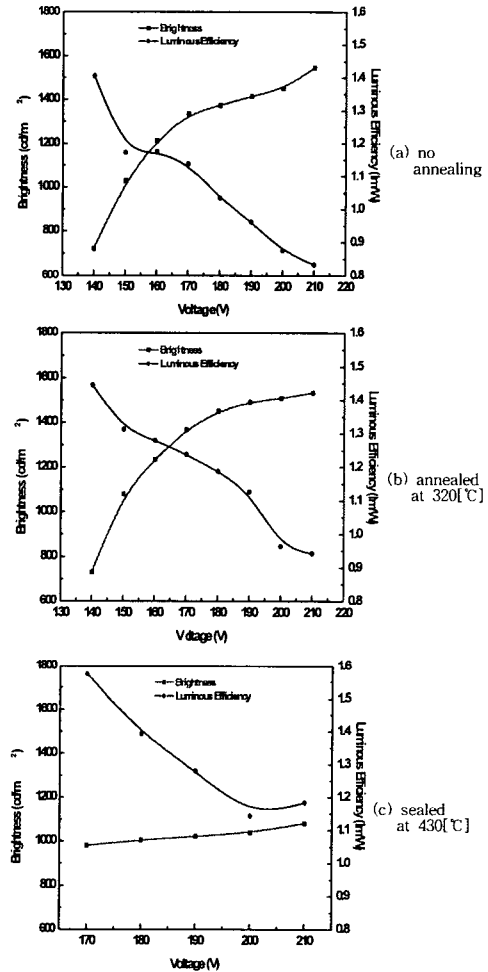


그림 5. 패널의 휘도 및 발광효율.

표 2. 각각의 패널의 전기적 특성.

Panel condition	Firing voltage	Sustain voltage
no annealing	224[V]	141[V]
annealed at 320[°C]	213[V]	135[V]
sealed at 430[°C]	218[V]	170[V]

그림 5에는 crack 방지를 위해 고온에서 형성한 MgO 보호막을 가진 패널의 휘도와 발광효율을 측정하여 나타내었으며, 표 2에 각 패널의 전기적 특성을 나타내었다. 측정된 각 test 패널의 휘도 특성을 보면 no-annealing 패널의 휘도와 320[°C]에서 annealing 된 패널의 휘도는 근소한 차이를 보이지만 430[°C]에서 scaling 된 패널의 휘도는 약 1000[cd/m<sup>2</sup>] 정도로서 다른 패널에 비해 낮게 나타났다. 또한 각 패널의 전기적 특성과 비교하여 보면 no-annealing 패널보다 annealing 된 패널의 방전개시전압이나 유지전압이 더 낮게 측정되었지만 scaling 된 패널의 측정값은 더 높게 나왔다. 이는 annealing 공정이 MgO 막의 수화를 상당수 제거하여 특성 향상의 효과를 나타내었다고 볼 수 있다. scaling 된 패널의 특성은 scaling 과정에서 패널에 아주 미세한 leak가 발생하여 저하된 것으로 생각된다.<sup>[5]</sup>

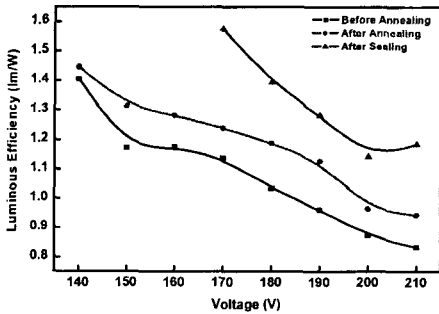
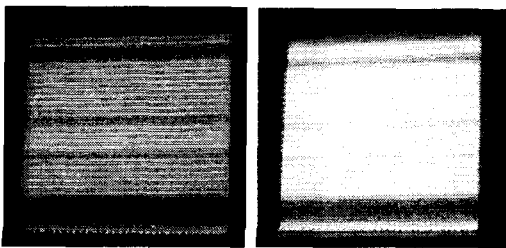


그림 6. 각각의 패널의 발광효율 비교.



(a) no annealing (b) annealed at 320[°C]

그림 7. 패널의 휘도비교

하지만 그림 6과 같이 각 test 패널의 발광효율만을 비교하여 보면 no annealing 패널 보다 annealing 된 패널의 특성이, 그보다 scaling 된 패널의 특성이 더 좋게 나타났다. 이는 MgO 막의 수화가 어느 정도 제거되어 이차전자의 방출효율이 증가하여 플라즈마가 일정부분 안정성을 띄는 것으로 생각된다. 그림 7에는 같은 전압에서 no annealing 패널과 annealing 된 패널의 발광사진을 비교하였다. no-annealing 패널보다 annealing 된 패널이 육안으로도 더 밝게 나타났다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 진공 인라인 실장 기술을 이용하여 제작한 플라즈마 디스플레이 패널(PDP)의 전기적·광학적 특성을 측정하여, 일반적인 실장 방법을 이용한 PDP의 특성과 비교·분석하였다. 실장 시 높은 분위기 온도로 인하여 MgO에 Crack이 발생하였으나 고온에서 MgO를 증착하여 문제를 해결하였다. 또한 진공 실장과 일반적인 실장의 큰 차이점인 annealing 효과는 MgO의 특성에 좋은 영향을 미쳐 더 좋은 전기·광학적 특성을 보였다. 진공 인라인 실장 기술은 추가적인 annealing 공정이 필요하지 않기 때문에 공정의 단축과 부수적으로 MgO의 수화를 제거하여 PDP의 특성을 더 향상시킬 수 있다.

#### 참고 문헌

- [1] S. J. Kwon, K. S. Ryu, T. H. Cho, and J. D. Lee, J. Korean Phys. Soc. 33, S440 (1998).
- [2] S. J. Kwon, H. C. Yang, and K. W. Whang, J. Vac. Tech. A 21(1), 206 (2003).
- [3] S. J. Kwon, H. C. Yang, M. S. Lee, D. C. Jung, K. W. Whang, K. S. Lee, S. H. Hong, Y. B. Kwon, SID02 Digest, 320 (2002)
- [4] M. J. Lee and S. Y. Park, S. G. Kim, H. J. Kim, Proc. IMID 04 P36, 2004.
- [5] C. H. Park et al., Materials Science and Engineering B60 (1999) 149-155