

고효율PDP 제작을 위한 진공 인라인 실장 공정

권상직[†] · 장찬규

[†]경원대학교 전자공학과

The Vacuum In-Line Sealing Process for High Efficiency PDP

Sang Jik Kwon[†] and Chan Kyu Jang

[†]Department of Electronics Engineering, Kyungwon University

ABSTRACT

The effects of the base vacuum level on a plasma display panel (PDP) produced by the vacuum in-line sealing technology were investigated. The main equipment of the vacuum in-line sealing process consists of the sealing chamber, pumping systems for evacuating, mass flow controller for introducing the plasma gases, and other measuring systems. During the sealing process, the impurity gases were fully evacuated and the panel was prevented from the adsorption of impurity gases. As a result, the brightness increased as the impurity gas density decreased, so we found that the vacuum in-line sealing process was more efficient technology than the conventional sealing process.

Key Words : PDP, Vacuum in-line sealing, Base vacuum level

1. 서 론

인간의 감정과 정보를 전달하는 여러가지 다양한 매체들 중에서, 디스플레이의 중요성은 인간의 시각을 이용한 정보 교환 및 감정 전달 매체로 그 중요성이 날이 커지고 있다. 또한 인간은 보다 생동감 있고 사실적인 영상정보를 받아들이기 위하여 큰 화면의 디스플레이 소자들을 연구하여왔는데, 그 중 Plasma Display Panel(PDP)은 큰 화면을 원하는 인간의 욕구를 충분히 만족시켜줄 디스플레이로 각광받고 있다. PDP는 대형화 하기 쉽고 박형화 하기 용이하며, 넓은 시야각을 가지고 거의 완벽한 색상을 구현할 수 있는 장점으로 차세대 디스플레이 장치로 가장 주목받고 있다. 하지만 아직까지는 다른 디스플레이에 비해 소비전력이 크고 휘도 및 효율 또한 낮다는 점이 개선되어야 할 부분이다.

현재 PDP 연구 개발에 있어서, 고효율 PDP 제작을 위한 패널의 구조 및 구동회로 분야에 대해서 많은 연구 개발이 이루어지고 있으나, 패널의 실장과 관련된

특성 및 실장 방법에 있어서는 아직 연구되어야 할 부분이 많은 현실이다. 이에 본 논문에서는 기존의 일반적인 실장 방법의 대안으로 진공 인라인 실장 방법을 제시하고, 기존 실장 방법과 진공 인라인 실장 방법의 가장 큰 차이점인 초기 진공도 효과에 대해서, 서로 다른 초기 진공도에서의 불순물 가스의 농도에 따른 패널의 휘도 변화를 측정하였다. 마지막으로 진공 인라인 실장 공정을 도입한 2인치 패널의 방전 테스트를 실시하여 진공 인라인 실장 공정의 가능성을 제시하였다.

2. 실험

2.1. 실험개요

기존의 일반적인 실장방법은 Fig. 1과 같이 실장 시간이 길고 실장 온도가 다소 높으며, 대기 상태에서 실장을 수행하기 때문에 H₂O, CO₂ 및 O(O₂) 와 같이 PDP에서 불순물 가스로 알려진 대기 성분들이 패널 내부에 다량으로 흡착된다. 이러한 불순물 가스들은 방전 전압을 높이고 방전 특성을 악화시켜 결과적으로 방전 효율을 떨어뜨리는 것으로 보고되어 있다[1].

이에 비하여 진공 인라인 실장(vacuum in-line seal-

[†]E-mail : sjkwon@kyungwon.ac.kr

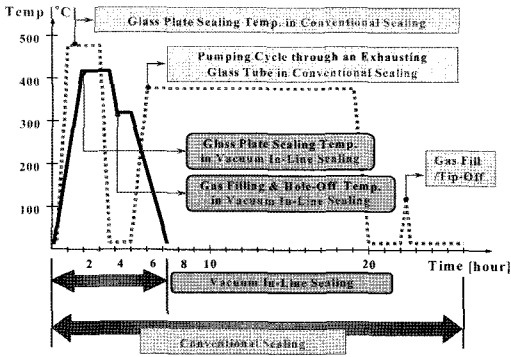


Fig. 1. Comparison of the sealing temperature cycles between the conventional and the newly developed vacuum in-line sealing process.

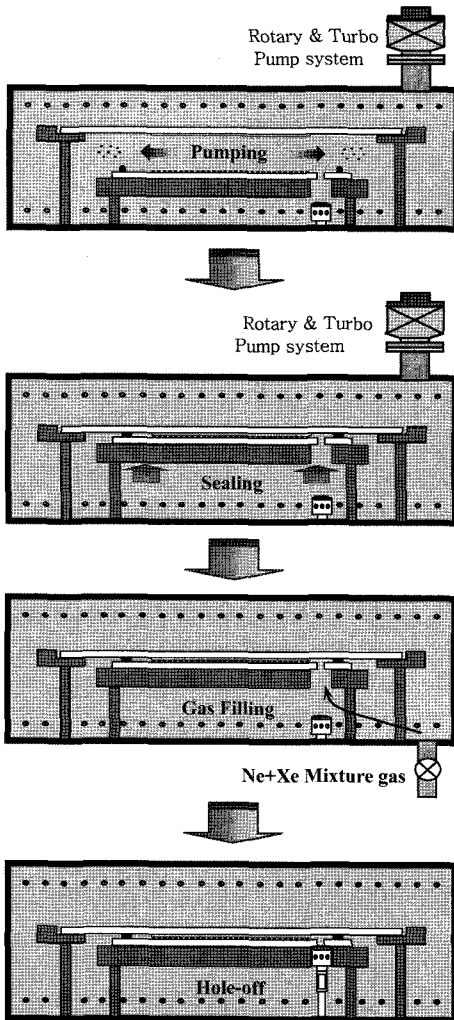


Fig. 2. Concept of the vacuum in-line sealing process.

ing)은 Fig. 2와 같이 실장 공정을 수행하기 전에 터보 펌프 시스템으로 고진공을 유지하여 챔버 내부의 불순물 가스를 모두 배출시키고, 실장 공정이 진행되는 동안에도 고진공을 유지하여 계속적인 배기 공정을 수행하므로, 실장 공정 동안 패널과 불순물 가스의 흡착을 차단할 수 있다.

또한 일반적인 실장 공정은 glass tube로 연결된 방전 가스 주입구를 통해 가스 주입 전 패널의 배기 공정을 수행하게 되는데, 지름 3~5 mm 정도의 glass tube에 의한 배기 공정은 PDP 패널의 배기 컨덕턴스가 낮은 관계로 시간이 오래 걸리는 단점을 가지고 있다. 그러나 진공 인라인 실장 공정은 패널 자체를 진공 챔버에 장착시키고, 실장 공정을 수행하기 전부터 실장 공정 동안까지 계속적인 고진공 상태를 유지하므로 패널의 배기 공정 시간을 효과적으로 단축시킬 수 있다.

2.2. 실험장치

본 연구에 사용된 패널은 두께 2.8 mm, 크기 60 mm × 90 mm의 PD-200(ASAHI glass, Japan)을 사용하였고, 실제 방전되는 영역이 35 mm×35mm인 2인치 패널을 사용하였다.

패널 제작은 Fig. 3과 같이 상판은 투명전극(ITO)이 증착되어 있는 유리를 사용하였고 하판은 일반적인 유리를 사용하였다. 모든 공정은 먼지 및 그밖의 particle로부터 오염되지 않도록 청정실(Clean room)에서 진행되었고, 상판은 photo aligner (EVG-620)을 사용하여 사진식각 공정으로 유지 전극 패턴을 형성하였다. 투명 전극 위에는 8 μm 두께의 버스 전극과 30 μm 두께의 투명 유전층을 스크린 프린터 (MT-550TV)로 형성하였고, 유전층 위로 투명 유전층을 보호하고 2차 전자 방출계수를 증가시키는 MgO 보호막을 E-beam evapo-

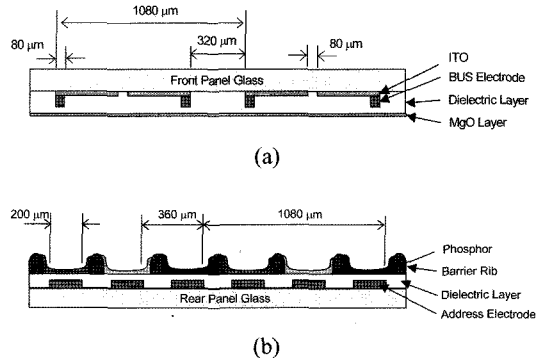


Fig. 3. The cross-sectional views of panel sample for vacuum in-line sealing process; (a) front panel and (b) rear panel.

rating 공정으로 5,000 Å의 두께로 증착하였다. 일반적인 유리를 사용한 하판은 8 μm 두께의 어드레스 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 프린터 (MT-550V)로 형성하였고, 상판과 하판의 실장 공정을 위하여 유리 재질로 구성된 sealing frit을 디스펜싱 공정을 통하여 200 μm의 두께로 형성하였다.

이와 같이 제조된 패널은 휘도 측정 및 진공 인라인 실장을 수행하기 위하여 Fig. 4와 같이 자체 제작된 실장용 진공 챔버에 장착하고, 상하판을 정렬시킨 뒤 하판을 지지하고 있는 홀더를 상판에 밀착시키는 방법으로 휘도 측정 및 실장을 수행하였다.

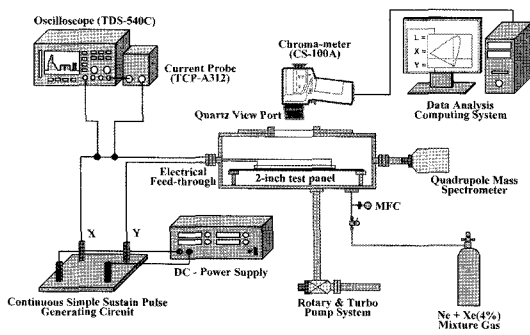


Fig. 4. Block diagram of the system for the vacuum in-line sealing and for the in-line characterization of a PDP.

2.3. 측정방법

각 초기 진공도에 따른 챔버 내부의 잔류 가스량을 측정하기 위하여 챔버 내부의 초기 진공도를 1×10^{-3} Torr, 1×10^{-4} Torr, 1×10^{-5} Torr, 그리고 1×10^{-6} Torr 으로 나누어 QMS(Quadrupole Mass Spectrometer)를 이용하여 측정하였고, 이 때 측정은 H₂O, CO₂(CO), O(O₂), N₂, H₂ 등의 PDP패널 휘도에 영향을 미치는 대기 성분들의 QMS 검출 이온 전류량으로 피크값을 측정하였다.

잔류 가스량 측정 후 PDP 패널의 휘도 측정을 위하여 Ne과 Xe(4%) 성분이 혼합된 방전 가스를 400 Torr 주입한 후 전면 방전을 시키고 그 때의 각 동작 전압에서의 휘도를 측정하였다. 패널의 전면 방전에 사용되어진 회로는 일반적인 sustain 펄스를 발생시키는 회로를 사용하였고, 이때 펄스의 주파수는 50 kHz, 펄스폭은 3 μs인 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 설정하였고, 전류 프로브(TCP-A312)와 오실로스코프(TDS-540C)를 이용하여 각 단계에서의 방전 전류량을 측정하였다. 또한 휘도는 휘도 측정기(chroma-meter, CS-100A)를 이용하여 방전 동안 각 단계의 휘도(brightness)를 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

초기 진공도에 따른 패널의 방전 특성을 비교하기 위하여, 각 진공도에 따라 패널 내부에 잔존하는 불순물 가스의 농도 측정 실험을 수행한 결과, 초기 진공도에 따른 불순물 가스의 농도는 Fig. 5와 같이 초기 진공도가 낮아질수록 잔존하는 불순물 가스의 농도 역시 급격히 줄어들기 시작하였으며, 1×10^{-5} Torr 이후에는

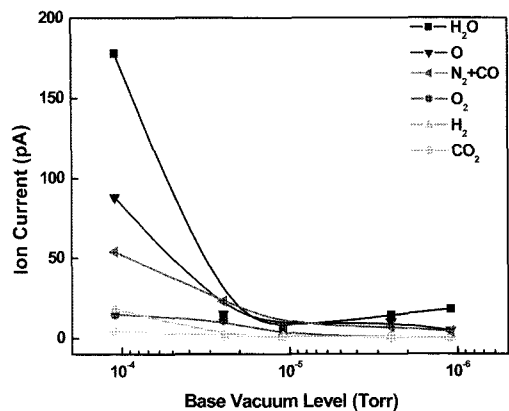


Fig. 5. Comparison of the impurity gas density as a base vacuum level.

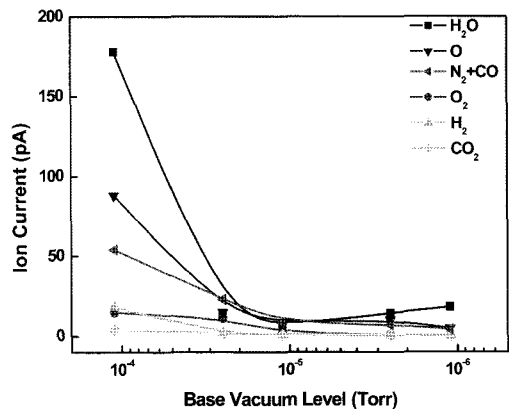


Fig. 6. The brightness dependence on the base vacuum level (at 400 Torr of Ne-4% Xe).

불순물 가스의 농도는 최저가 되었다.

불순물 가스의 농도를 측정된 후 방전 가스를 400 Torr 주입하고 마찬가지로 각 초기 진공도에 따른 휘도 (brightness)를 측정하였는데, 휘도에 있어서도 Fig. 6과 같이 불순물 가스의 농도가 낮아질수록 휘도가 높아지는 것을 알 수 있었으며, 불순물 가스의 농도가 가장 적은 1×10^{-6} Torr의 초기 진공도에서 휘도값이 최대가 됨을 알 수 있었다. 이는 패널이 방전하는 동안 패널 내부에 잔존하는 불순물 가스들이 패널의 방전 가스 조성을 변화시켜 휘도에 영향을 미치게 되는 것으로 분석하였다[2-3].

이러한 결과를 바탕으로, 진공 인라인 실장 방법이 실제 패널에 적용 가능한지를 파악하기 위하여 2인치급 테스트 패널을 이용하여 실장을 실시하였다.

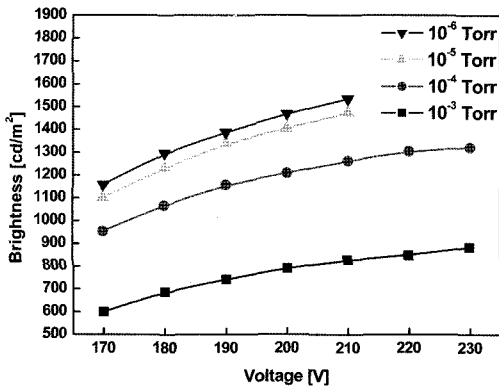


Fig. 7. The photos of the vacuum in-line sealing process equipments.

실장 공정은 Fig. 7과 같이 자체 제작된 실장용 진공 챔버에 테스트 패널을 장착하고, 터보 펌프를 이용하여 앞 실험에서 가장 좋은 결과를 얻은 1×10^{-6} Torr의 초기 진공도를 유지하여 진행하였다. 챔버 내부의 실장 온도는 Fig. 8에 도시한 바와 같이 일반적인 실장 공정보다 70°C 가량 낮은 430°C에서 1시간 동안 진행되었고, 초기 진공도 뿐만 아니라 실장 되는 과정 동안 챔버 내부는 1×10^{-6} Torr의 진공도를 계속 유지하면서 패널 내부 구조에서 발생할 수 있는 불순물 가스를 최대한 배출하였다. 실장이 끝난 후에는 터보 펌프의 게이트 밸브를 닫고 MFC(Mass Flow Controller)가 연결된 외부 가스 유입구를 통해 Ne와 Xe(4%)이 혼합된 방전가스를 내부 온도 300°C에서 560 Torr 주입하여, 패널 하판에 형성되어 있는 가스주입구로 방전가스가 흘러 들어가도록 한 후 가스 주입구를 봉입하였다. 이때 방전 가스를 560 Torr 흘려넣는 이유는 300°C에서

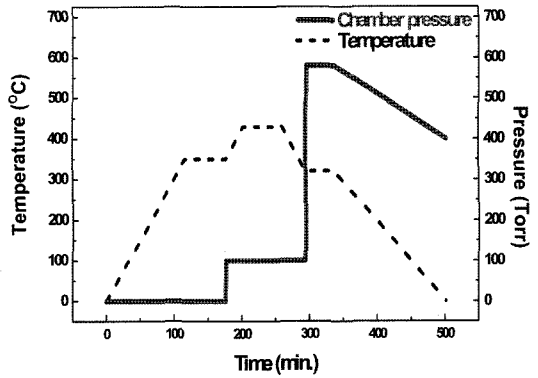
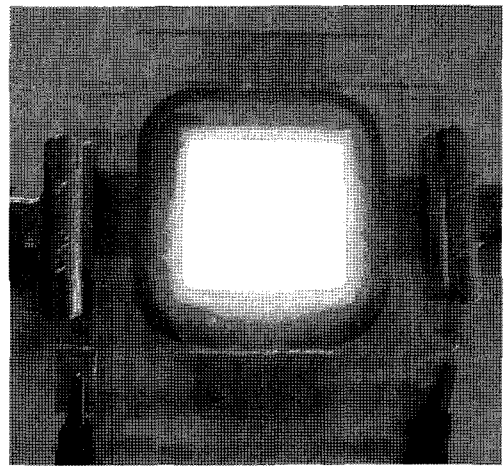
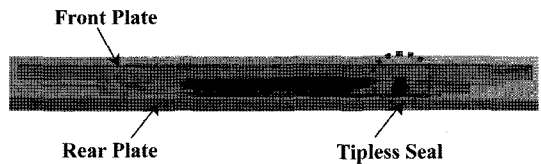


Fig. 8. Processing cycles according to the sealing temperature and chamber pressure.



(a)



(b)

Fig. 9. Operational tubeless-type PDP panel sealed using the vacuum in-line sealing technology; (a) front-view and (b) side-view.

의 560 Torr의 방전 가스가 상온(Room temperature)에서 400 Torr가 되기 때문이다.

이러한 방법으로 제작된 2인치급 진공 인라인 실장 패널은 Fig. 9와 같고, 앞에서의 휘도 측정 실험과 동일한 sustain 펄스를 상판의 X전극과 Y전극에 인가시켜 방전하였을 때, 210 V 내외의 방전 전압과 약 1500

cd/m²의 휘도 특성을 나타내었다. 이러한 특성은 앞에서 실험한 초기 진공도에 따른 방전 특성과 일치함을 알 수 있었다.

4. 결 론

본 연구에서의 방전 휘도의 개선은 대기의 주성분인 H₂O, CO₂ 및 O(O₂)와 같은 불순물 가스들에 대하여 초기 진공도가 높을수록 패널 내부에는 이러한 가스들의 잔존량이 줄어들게 되므로 실장 공정 준비 및 실장 시 패널 내부 구조로의 흡착을 차단하였기 때문이라고 분석하였다[4-5].

또한 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 방전 휘도가 개선되었음을 알 수 있었다. 따라서 기존의 대기 상태에서의 패널 실장 공정에서 가장 큰 단점으로 지적되고 있는 패널 내부 구조로의 대기 성분들의 흡착에 의한 방전 효율 저하에 대하여, 진공 인라인 실장 공정 기술을 적용한다면, 이러한 대기 성분들로부터의 흡착 및 수화를 방지할 수 있고, 방전 휘도를 개선시킬수 있다고 분석하였다.

감사의 글

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

참고문헌

1. Shin, J. H. and Park, C. H., "Effects of the impurity gases on the characteristics of ac PDP," J. of KIEEME, Vol.15, No.10, pp.909~913, 2002.
2. Joo, M. H., Kim, T. H. and Lee, J. S., "MgO surface modification with low ion energy at elevated temperatures," IMID '01 DIGEST, pp.518~520, 2001.
3. Lee, M. J., Park, S. Y., Kim, S. G. and Kim, H. J., "Effect of stress of MgO protecting layer on discharge characteristics of AC-PDP," IMID '04, P-36, 2004.
4. Park, C. H., Kim, Y. K., Park, B. E., Lee, W. G. and Cho, J. S., "Effects of MgO annealing process in a vacuum on the discharge characteristics of AC PDP," Mat. Sci. and Eng. B60, pp.149~155, 1999.
5. Takayoshi Hirakawa, and Heiju Uchiike, "New consideration to annealing process of vacuum-evaporated MgO thin film by cathodoluminescence analysis," SID '04 DIGEST, pp.910~913, 2004.