

## PDP 벽전압 전달곡선을 이용한 방전특성에 대한 연구

김동인\*, 지영송\*\*, 김영조\*

\* 청운대학교 정보산업대학원 반도체 연구실

\*\* LG 전자

## A study on electric discharge characteristics using transfer curve of PDP wall voltage

Dong-in Kim\*, Young-song Ji\*\*, Young-cho Kim\*

\* Industrial Technology Research Institut Semiconductor LAB

\*\* LG Electronics

### Abstract

현재 PDP는 차세대 대형 평판 표시장치로서 각광을 받고 있으며 빠른 속도로 개발이 진행되고 있다. AC PDP에서 가장 큰 문제는 위도 및 방전효율의 향상과 전력손실의 저감, 높은 contrast의 실현, 제품 가격의 저하 등에 관한 문제이다. 본 연구에서는 벽전압 전달 곡선을 이용한 방전 동작 특성에 대해 고찰하고자 한다. 방전 유지전압 주파수가 변화할 때 방전 개시전압이 감소하나 메모리 마진은 거의 동일함을 보였다. Duty 비를 변화시키면 방전개시전압은 감소하는 경향이 있지만 방전유지전압은 거의 일정하였다.

**Key Words** : AC PDP, 벽전압, 방전개시전압, 방전유지전압, Duty 비, 방전 전하량

### 1. 서 론

현재 칼라 TV에 널리 사용되고 있는 CRT(Cathode Ray Tube)는 대형화, 경량화에 대한 한계로 인하여 이에 대체할 수 있는 새로운 표시장치에 대한 연구 개발이 활발히 진행 중이다. 그 중에서 PDP(Plasma Display Panel)는 차세대 대형 평판 표시장치로서 각광을 받고 있으며 빠른 속도로 개발이 진행되고 있다.

PDP는 기체방전 시 발생하는 진공자의외선을 이용하여 형광체를 여기하고, 이 형광체에서 발생하는 가시광을 이용하여 분자나 화상을 나타내는 표시소자로서 사용전압에 따라 AC형 DC형으로 나누어진다. 특히 AC PDP에서는 전극을 유전체로 도포하여 유전체 표면에서 일어나는 표면방전에 의해서 발생한 자외선이 R, G, B(Red, Green, Blue) 형광체를 여기 시킴으로서 칼라 화상을 나타내게 한다. 앞으로 디지털 방송시대가 열리면서 대 화면으로 표시할 수 있는 디스플레이가 요구되므로 디지털 방송의 장점을 충분히 살리려면 만족감을 갖도록 하기 위해서는 최소한 40인치 이상의 대형

표시장치가 필요하다.

따라서 현재의 CRT나 LCD(Liquid Crystal Display)로서는 대형화가 어렵다. 그러나 PDP는 대화면이 가능하며 광 시야각이 넓고 화상이 왜곡되지 않으며 폭이 10cm 이하의 박형으로 만들 수 있을 뿐만 아니라 무게가 CRT 중량의 1/6 정도밖에 되지 않으므로 벽걸이 TV로 개발되고 있다.

그러나 앞으로 해결해야 할 과제가 많다. 그중에서 AC PDP에서 가장 큰 문제는 위도 및 방전효율의 향상과 전력손실의 저감, 높은 contrast의 실현, 제품가격의 저하, 등에 관한 문제이다.

왜냐하면 현재 AC PDP에서 발광효율이 2lm/W에서 3lm/W 정도까지 개선해야 휘도를 약 500cd/m<sup>2</sup> 정도까지 향상시킬 수 있으며 그 결과 감광필터, ND(Neutral Density)필터를 채용하면 CRT 정도의 휘도가 확립되고 contrast도 향상될 수 있기 때문이다. 일반적으로 소비전력 및 발광 duty비를 증가시키면 휘도를 높일 수 있으나 전력손실을 무시한 휘도 상승만을 높일 수는 없다.

특히 AC PDP에서 전력손실의 문제는 대단히 심각하다. 40인치급 PDP에서는 300W이상, 50인치급

PDP에서는 400W 이상에 이른다. 앞으로 PDP의 소비전력은 40인치에서는 200W, 50인치에서는 250W 정도로 저감시켜야 하며 이 값에서 400~500cd/m<sup>2</sup>의 휘도를 얻을 수 있어야 한다. 이 목표를 달성하기 위해서 발광효율이 2~3lm/W 정도로 개선되어야 한다. 그러나 휘도 및 발광효율을 도의시한 전력손실 저감만을 추구할 수 있는 성질의 것이 아니며 발광효율 개선과 전력손실 저감은 동시에 해결하지 않으면 안된다. 그러므로 AC PDP에서는 소비전력 저감과 휘도 개선을 위한 cell 구조의 개선이나 재료의 개발 및 에너지 회수회로의 개발을 통해 소비전력을 저감시켜야 한다.

PDP를 구성하는 단위 cell의 방전 물리 현상에서는 cell의 중요 요소인 전극간격 및 전극폭, 격벽의 높이, 가스종류, 방전가스압력, 전극 및 유전체 재료 등이 휘도 및 발광효율과 밀접한 상관관계를 가지고 있으며 전력 손실에도 중요한 영향을 끼친다.

이에 본 연구에서는 벽전압 전달 곡선을 이용한 방전 동작 특성에 대해 고찰하고자 한다.

## 2. 실험

본 실험에서 이용한 테스트 패널의 구동회로는 Digital 부, Analog 부, 와 계측부로 구성되었다. Digital 부는 퍼스널 컴퓨터와 실시간으로 추파수와 펄스폭을 제어할 수 있는 Logic Analyzer98(ASCOM Co.)과 TIME-98-50MHz(ASCOM Co.)가 연결되어 있다. Analog 부는 벽전압의 변화량을 측정하기 위해 cell의 정상유지 동작상태로 회복하기 위한 쓰기 펄스 발생부(Writing pulse), 소거전압을 발생시키기 위한 소거전압 펄스 발생부(Erasing pulse), 유지전압(Sustain voltage)을 인가하는 에너지 회수 회로를 갖춘 방전유지펄스 발생부(V<sub>x</sub>, V<sub>y</sub>)로 구성되어 있다. 계측부는 디지털 오실로스코프를 이용하여 전압 및 전류를 검출한다. 회로의 최대 인가전압은 460Vp-p이고, 본 실험에서 사용한 기준 sustain 펄스 폭, duty ratio, 주파수, 인가전압은 각각 5μs, 0.5, 50kHz, 180V이며 파형의 rising time과 falling time은 ~650ns까지 가능하다. 실험에서는 5인치 테스트 패널의 186(62×3)개의 cell만을 사용하였다. 단, V-Q Lissajous' figure를 도식하기 위한 정현파 출력은 45kHz 600Vp-p 장비를 사용하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 1은 구형 펄스의 유지 전압이 180V이고 주파수는 50kHz, 펄스폭 5μs, duty 비 0.5인 경우 테스트 패널의 전형적인 벽전압 전달곡선을 나타내고 있다. 그림에서 기울기가 1인 직선은 벽전압 변화량이 방전 공간전압을 초과 할 수 없으므로 그 경계선을 나타낸다. 그리고 기울기가 2인 직선은 벽전압 전달곡선 상에서 on, off 등의 동작점을 파악하기 위한 직선으로 안정한 메모리 동작을 하고 있을 때는 유지전압의 극성이 반전될 때마다 축적되는 벽전압이 반전되기 때문에  $\Delta V_w = 2V_w$ 로 된다. 그러므로 유지전압에서 기울기가 2인 직선을 갖게 되면 이 직선상에서는 항상  $\Delta V_w = 2V_w$ 를 만족하게 되고 벽전압 전달곡선과 만나는 점이 동작점이 된다. 방전공간전압이 증가할수록 방전강도도 강하게 되므로 벽전압 전달곡선은 초기에 단조 증가 곡선이 된다. 그러나 그에 따른 전하량은 미비하므로 곡선 상에서는 적은 값으로 나타나게 된다. 이후 방전공간 전압이 방전개시전압 값에 도달하여 전리를 시작하는 어떤 임계치를 넘어서면 방전이 개시되어 벽전하의 변화가 크게 되므로 급격히 증가하는 곡선이 된다. 방전 공간전압을 더욱 증가시키면 벽전하의 변화량은 방전공간 전압 값에 접근하게 된다. 결국 그림 1과 같은 벽전압 전달곡선이 구해진다.

일반적으로 유지전압으로 적절한 값이라면 정·부로 교번하는 유지펄스에 의해서 각각 정상상태의 벽전압 V<sub>w</sub>를 확립해야 하고, 벽전압 전달곡선상에서는 유지전압값에서 기울기가 2인 직선을 그었을 때 2개의 안정점과 1개의 불안정점을 지나게 된다. 그림 1에서 나타난 180V의 유지전압에 대한 벽전압 전달곡선은 이처럼 기울기가 2인 직선에 대해서 두 개의 쌍안정점(그림에서 B지점)을 지나는 것을 알 수 있다. 이는 유지전압으로서 구동에 적절한 값임을 의미한다. 벽전압 전달곡선 상에 기울기가 2인 접선을 그었을 때 X축과 만나는 점인 최소 방전유지전압과 방전개시전압은 각각 약 153V와 216V였으며 이에 따른 마진은 63V 정도이다. 그러므로 유지전압 V<sub>s</sub>로서 적정값의 범위는 153V < V<sub>s</sub> < 216V임을 알 수 있다.

또한, 벽전압 전달곡선 상에서 그 패널에 대한 쓰기와 소거 전압을 zero로 가정하면 쓰기 펄스에 의한 벽전압을 정상 벽전압 값인 V<sub>w</sub> 까지 변화시킬 필요가 있다. 벽전압 전달곡선 상에서 V<sub>w</sub> 까지 변화시킬 수 있는 1/2  $\Delta V_w (=V_w)$ 점은 정상 동작점  $\Delta$

$V_w$ 를 이동분한 점이 된다. 따라서, 벽전압을  $V_w$  만큼 변화 시키는데 필요한 방전공간전압에서 쓰기 전압을 구할 수 있다. 본 패널의 경우에 쓰기 전압은 222V 이상이어야 함을 알 수 있다.

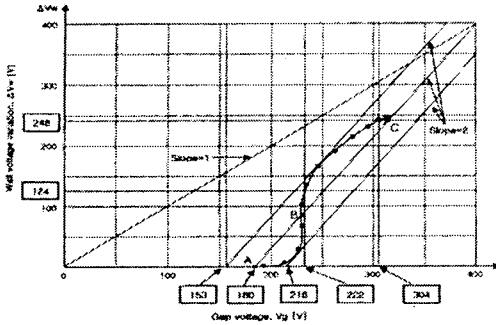


그림 1 벽전압 전달곡선에서 동작특성 해석

이와는 반대로 소거전압은 정상상태의 벽전압  $V_w$  를 소거할 수 있는 전압이어야 한다. 본 패널의 경우에 180V의 유지전압에서  $V_w$ 의 벽전압을 형성케 하는 방전공간 전압은 약 222V 이고, 2 $V_w$  시의 방전공간전압은 304V였다. 따라서 소거되어야 할 전압  $V_{er}$ 은 304V와 222V의 차인 82V로 나타낼 수 있다. 그러므로  $V_s(180V)$ 와  $V_{er}(82V)$ 의 차인 98V 이하의 펄스를 cell에 인가하게 되면 cell은 off상태로 진전해 가게 된다.

그림 2는 180V, duty 비가 0.5인 유지펄스의 주파수를 변화시켰을 때의 벽전압 전달곡선의 변화를 나타내고 있다. 75kHz의 곡선과 50kHz의 곡선은 유사하지만 20kHz의 곡선은 방전공간전압이나 방전개시전압이 감소함을 알 수 있다. 이것은 주파수가 증가할수록 방전이 발생하는 빈도도 비례하여 증가하게 되며, 그림 3과 같이 방전지연 시간이 감소하고 방전의 개시가 빨라지는 것을 알 수 있다. 이는 주파수가 증가할 경우 한번의 방전과 다음 방전 사이의 시간이 감소하게 되면 그 이전 상태의 방전에 의하여 생성되어 있던 하전입자나 준 안정상태의 입자들이 많아져 방전형성시 소모되는 시간을 감소시키는 priming 효과에 기인한 것으로 생각된다. 그러나  $V_{gap}$ 이 250V 이상의 벽전압 전달곡선 영역은 주파수에 거의 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 셀의 방전공간전압(gap 전압)이 304V 일 때, 주파수에 관계없이 on 상태인 안정된 편형상태 점으로 모두 수렴함으로써 벽전압의 변화량( $\Delta V_w$ )

변화가 없는 것을 볼 수 있다. 그 이유는 그림 4의 전압·전류 파형에서 보듯이 전체 인가전압에 대해서 방전전류가 흐르는 시간은 약 0.5 $\mu s$  이내 정도로 짧다. 벽전압은 방전전류에 의해서 구해지므로 이는 곧 벽전압이 약 0.5 $\mu s$  동안에 거의 다 확립된다는 것을 의미한다. 따라서 20kHz에서 75kHz까지의 주파수 대에서는 벽전압의 변화량( $\Delta V_w$ ) 즉, 방전전하량의 변화가 거의 발생하지 않는 것으로 생각된다. 그림 2의 벽전압 전달곡선상에 기울기가 2인 접선을 그어 측정한 방전개시전압과 최소방전유지전압의 차인 메모리 마진도 주파수가 75kHz, 50kHz, 20kHz에 따라 각각 57V, 56V, 58V로 거의 동일함을 보였다.

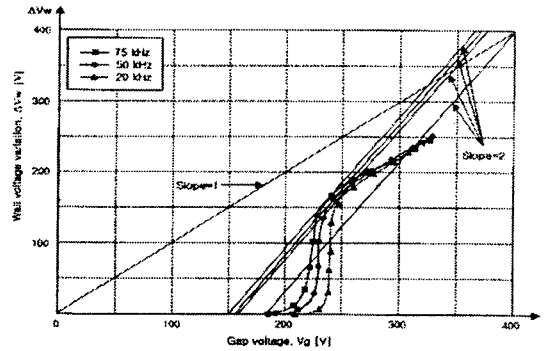


그림 2 Sustain pulse의 주파수에 따른 벽전압 전달곡선

그림 5는 유지펄스 duty 비의 변화에 따른 벽전압 전달곡선의 변화를 나타내고 있다. 유지펄스의 전압은 180V, 주파수 50kHz로 일정하게 유지한 상태

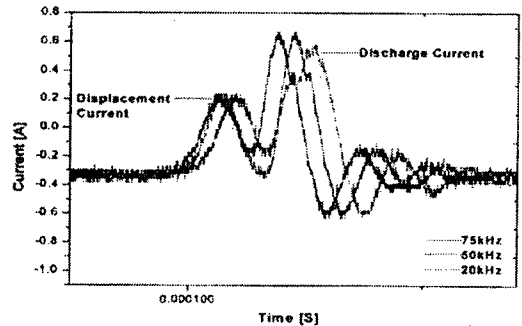


그림 3 주파수 변화에 따른 전류의 파형에서 duty 비 만을 0.5, 0.75, 0.9로 각각 변화시킨 경우이다. 유지펄스의 전압이 180V 이고, 방전공간

전압이 304V 근처에서 벽전압의 변화량은 그림 2의 주파수 변화 경우처럼 duty 비에 따라 차이가

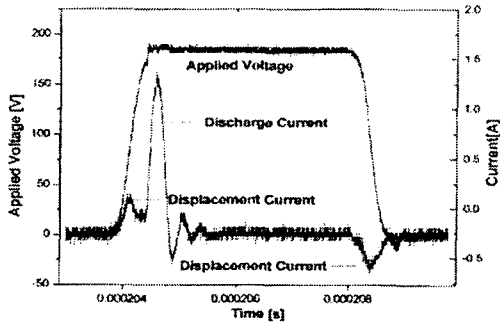


그림 4 Sustain pulse 인가시 전압·전류 파형

크게 없다. 최소 방전유지전압도 약 153V로 거의 duty 비에 무관함을 알 수 있다. 그러나 방전공간 전압이 약 230V 이하의 곡선 영역에서는 duty 비가 감소할수록 방전개시전압이 증가하는 것을 알 수 있다. 이와 같이 duty 비가 감소할수록 방전개시전압이 증가하는 이유는 duty 비가 낮을수록 전극사의 유전층에 축적되어 벽전압으로 기여하는 이온의 축적밀도가 다소 적어지기 때문으로 생각된다. 이는 유지전압이 zero가 되면 더 이상 이온은 벽전압에 기여하지 못하기 때문이다. 결과적으로 duty 비가 감소할수록 방전개시전압은 다소 증가하는 반면에 방전유지전압은 일정하게 유지되기 때문에 메모리 마진은 다소 증가한다.

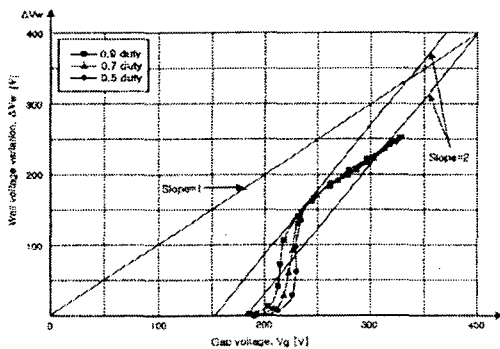


그림 5 Duty ratio에 따른 벽전압 전달곡선

#### 4. 결론

방전 유지전압 주파수가 20kHz, 50kHz, 75kHz로

변화할 때 방전개시전압이 감소하나 메모리 마진은 각각 57V, 56V, 58V로 거의 동일함을 보였다. Duty 비를 0.5, 0.75, 0.9로 변화시키면 방전개시전압은 각각 216V, 213V, 206V로 감소하는 경향이 있지만, 방전유지전압은 153V로 거의 일정하였다. 주파수 20~75kHz로 duty 비를 0.5~0.9로 변화시킬 경우 안정된 정상상태 방전시의 방전전하량(벽전압 변화량,  $\Delta V_w$ )에는 거의 영향을 주지 않았다.

#### 참고 문헌

- [1] H.G. Slottow, "The voltage Transfer Curve and Stability Criteria in the Theory of the AC Plasma Display", *IEEE Trans. Electron Devices*, Vol. ED 24. N07, 1977
- [2] Sang Ho Han, "A Study on the Optimized Firing Condition of Ag Electrode and Transparent Dielectric Layer for PDP by using the Vacuum RTP System", Thesis for a Master's Degree, University of Seoul, February, 2002
- [3] L. F. Weber and G. S. Weiker, "A Real-Time Curve Tracer for the AC Plasma Display Panel", *IEEE Trans. Electron Devices*, Vol. ED 26. NO. 8, pp.1156-1163, 1979
- [4] J. L. Hoyt, "Rapid Thermal Processing-Based Epitaxy", in R. B. Fair, Ed., *Rapid Thermal Processing : Science and Technology*, Academic Press, Boston, 1993