

## AC PDP cell 구조 및 방전 특성 관계



박정후

(부산대 공대 전자전기통신공학부)

### 1. 서론

플라즈마 디스플레이는 기체 방전 시에 생기는 플라즈마로부터 나오는 빛을 이용하여 문자 또는 그래픽을 표시하는 소자이다. 플라즈마 디스플레이는 기체 방전 현상을 이용한 표시 소자이므로 기체 방전 표시(Gas Discharge Display) 소자라고도 부른다. 플라즈마 디스플레이는 플라즈마를 만들기 위해 외부에서 전압을 인가하는 전극이 플라즈마에 직접 노출되어 전도전류가 전극을 통해 직접 흐르는 직류형(DC형)과 전극이 유전체로 덮여 있어 직접 노출이 되지 않아 변위전류가 흐르게 되는 교류형(AC형)으로 크게 구분한다.

방전가스로부터 나오는 가시광을 직접 이용하는 경우는 대부분 단색 표시 PDP 소자에서 이용되며, 대표적인 것으로 Ne 가스에서 나오는 오렌지색을 이용한 PDP가 있다. Full color 표시가 요구 될 경우 Kr이나 Xe과 같은 방전가스로부터 나오는 자외선이 적색, 녹색, 청색 형광체를 여기시켜 나오는 가시광을 이용하게 된다.

플라즈마 디스플레이는 40인치 이상의 대형화와 칼라화가 가능하며 넓은 시야각을 갖는 등 다른 평판 소자에서 찾아볼 수 없는 고유한 장점을 많이 갖고 있어 차세대 고선명 벽걸이 TV나 TV와 PC의 기능이 복합화된 multimedia용 대형 표시 장치로서 유력시되고 있다. 그러나 아직 PDP는 휘도 및 효율을 기존의 디스플레이소자 수준으로 개선해야할 과제를 안고

있다. 고효율 및 고휘도를 위해 기존의 PDP 셀 구조를 개선하는 것도 이 과제를 해결하고자 하는 한 방법이라 할 수 있다.

### 2. 표면 방전형 AC PDP의 전극 구조에 따른 방전 특성

표면방전형 AC PDP는 display를 위한 표시 방전전극이 동일한 기판 상에 배치되는 구조이다. 동작 원리는 먼저 front glass의 두 display 전극간에 표면 방전이 발생하면 방전에 의해 생성된 진공 자외선이 rear glass에 있는 형광체를 여기시켜 사람의 눈으로 볼 수 있는 가시광을 만들게 된다. 이것을

그림 1 Surface discharge type AC PDP

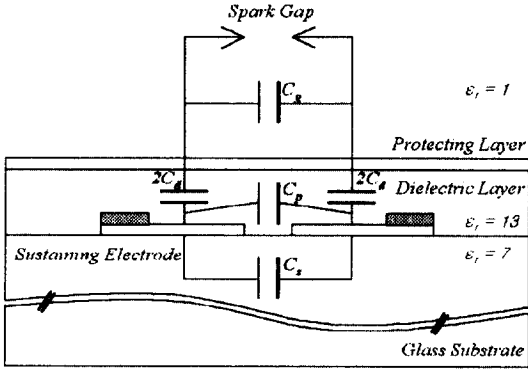


그림 2 AC PDP의 상판 개략도

front glass 쪽에 위치한 관측자가 관측하게 되는 원리이다. Full color AC PDP의 경우는 그림 1과 같이 셀을 barrier rib으로 구분하여 각각 red, green, blue 형광체를 도포하고, 그 3원색의 발광을 제어함으로써 full color를 구현하게 된다.

그림 2는 AC PDP의 상판의 개략도 및 등가회로도를 나타내고 있다. PDP는 용량성 부하로 구성되어 있어 외부에서  $V_s$ 의 전압을 두 display 전극 사이에 인가하게 되면 방전공간에는

$$V_g = \frac{C_d}{C_g + C_d} V_s + V_w \text{의 전압이 인가되게 된다.}$$

여기서  $V_w$ 는 방전 시 발생한 전하가 유전층 상에 쌓여서 만들어지는 전압분(벽전압)을 의미한다. 위 식에서 알 수 있듯이 유전층의 용량  $C_d$ 가 클수록 방전공간에 더 큰 전압이 인가됨을 알 수 있다.

### 2.1 Display 전극 폭에 따른 방전 특성

그림 3은 display 전극의 폭을 변화시킬 경우의 변위전류

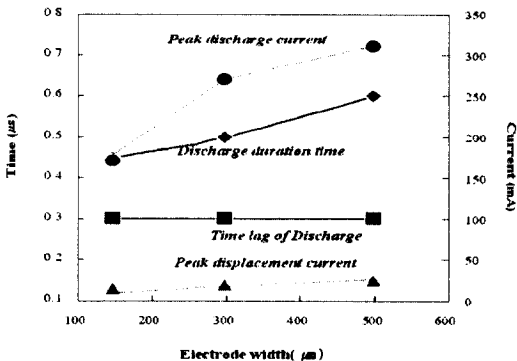


그림 3 전극 폭에 따른 전류 특성

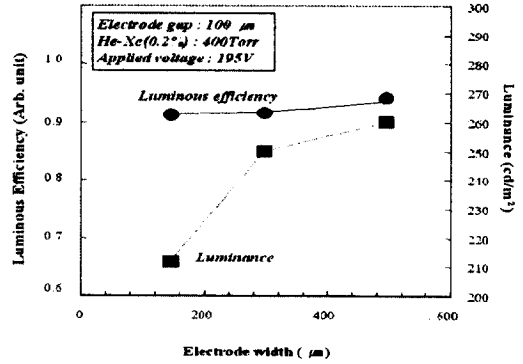


그림 4 전극 폭에 따른 휘도/효율 특성

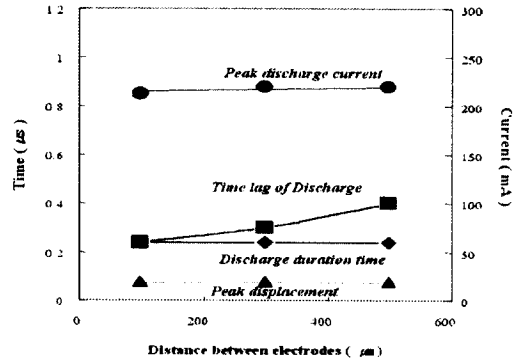


그림 5 전극 간격에 따른 전류 특성

(그림 2의 capacitor를 충전하는 전류)와 방전전류의 변화 특성을 나타내고 있다. 전류 폭이 증가할수록 전류량도 증가함을 알 수 있다.

그림 4는 전극 폭에 따른 휘도 및 효율을 나타내고 있다. 휘도는 플라즈마 내의 metastable 입자나 여기입자의 수에 비례한다. 그러므로 전류가 증가하면 이러한 입자들의 생성 확률도 증가하기 때문에 전극폭에 따라서 휘도가 증가함을 알 수 있다. 그러나 전류가 증가함에 따라 소비전력이 증가하기 때문에 발광효율은 전극폭에 무관하게 거의 일정하게 된다. 결과적으로, 전극폭과 발광 특성의 상관관계에서 전극폭이 넓으면 발광효율을 저하시키지 아니하고 고휘도를 얻을 수 있어 좋다. (소비 전력은 증가) 그러나, 실제 PDP module 설계에서 전력소비가 제한되어 있으므로, 전극폭은 여러 변수를 최적화 할 수 있도록 결정되어야 한다.

### 2.2 전극 간격에 따른 방전 특성

그림 5는 전극폭이 일정한 경우 표면방전전극 gap을 변화할 때의 전류량과 방전 delay 및 지속시간을 나타내고 있다.

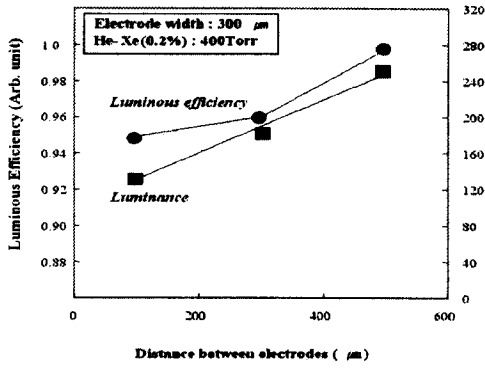


그림 6 전극간격에 따른 휘도/효율 특성

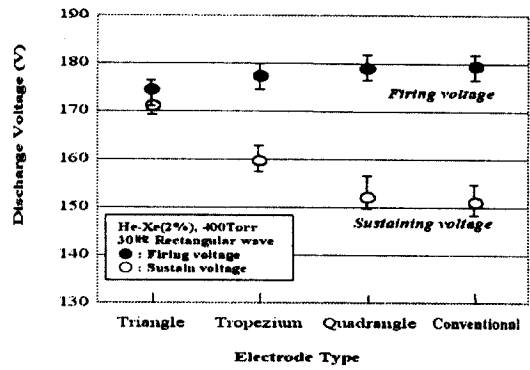


그림 8 전극형상에 따른 방전전압 특성

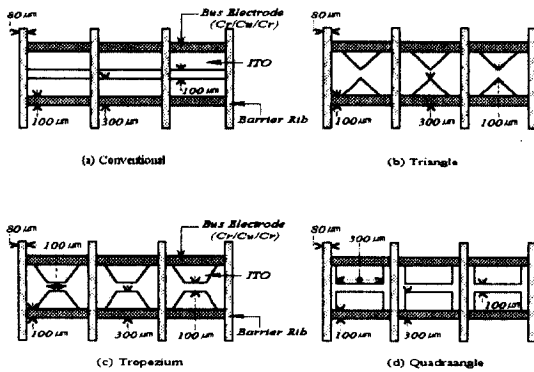


그림 7 Display 전극 형상의 개략도 I

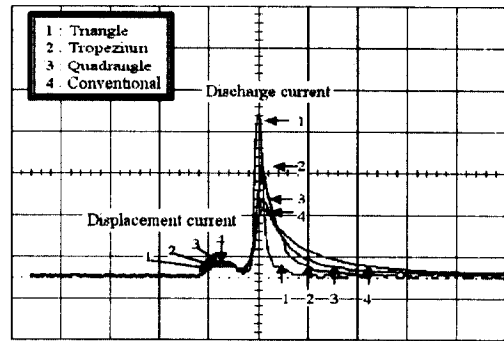


그림 9 각 전극 형상에 따른 전류 파형

방전전류 값 및 방전지속시간은 gap의 변화에 관계없이 거의 일정하였다. 방전 gap이 길게되면 방전경로도 길게된다. 그 결과 저항도 크게되어 전류도 적어져야 한다. 그러나 gap에 관계없이 거의 일정하였다. 이 결과대로 해석한다면 방전경로의 저항은 방전이 유지되는 한 도체처럼 되어 극히 낮게됨을 시사하고 있다.

그림 6은 전극 gap 변화 시의 휘도 및 효율변화를 나타내고 있다. 휘도는 전극 gap이 증가할수록 증가한다. 이것은 방전 경로가 늘어남으로써 플라즈마내의 여기입자에 의한 VUV 량이 증가하고 그에 따라 형광체를 여기시켜 가시광으로 변환되는 부분이 증가하기 때문으로 생각된다. 그러므로 높은 발광 효율을 얻기 위해서는 방전gap이 긴 것이 좋다. 더구나 주어진 전극폭에 대해 방전gap을 길게 하면 짧은gap보다 고휘도를 얻을 수 있다. 그러나 너무 방전gap을 길게 하면, 구동전압이 상승하게 된다.(방전 늦음이 심하게 된다.) 그러므로 새로운 구동방법이 필요하지만, 실용적인 cell구조 설계에는 방전 gap이 긴 것이 채택되고 있다.

### 2.3 전극형상에 따른 방전 특성 I

그림 7과 같은 다양한 display 전극의 형상에 따른 방전 특성을 조사하였다. 외부에서 전압을 인가할 때 전계의 세기는 전극의 edge에서 가장 세게 나타난다. 그에 따라 방전 개시전압은 그림 8에서 알 수 있듯이 삼각형 형상의 전극이 가장 낮다. 그러나 벽전압에 의해서 결정되는 방전유지전압은 삼각형의 구조가 가장 높아서 전압 마진(방전개시전압과 유지전압의 차)이 얻어지지 않는다. 전계 simulation의 결과에 의하면 전극의 면적이 넓어지면서 전극 각부의 전계의 세기 차가 적을 때 방전의 확산이 용이하게 나타나고, 그로 인해 벽전압 값이 커지는 것을 알 수 있었다.

이는 그림 9의 방전전류를 관측함으로써도 알 수 있다. 삼각형의 구조는 전류의 peak는 높지만 전체 전하량은 가장 적었다. 반면에 사각형 구조나 기존의 구조는 전류 peak 값은 다소 적지만 전체 전하량이 증가함을 알 수 있었다. 결국 기존의 구조나 사각형의 구조에서 방전 마진이 높고 실제 PDP 구동을 위해 양호한 특성이 얻어짐을 알 수 있다.

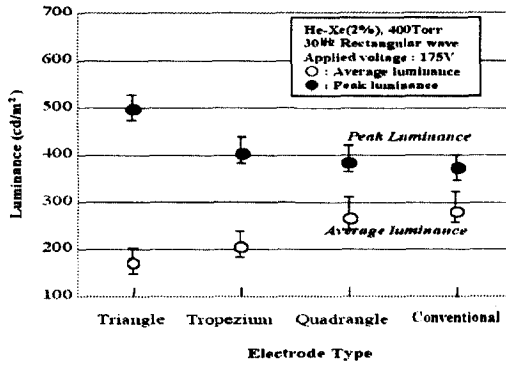


그림 10 전극 형상에 따른 휘도 특성

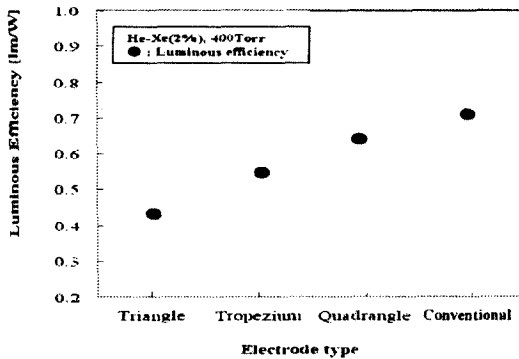


그림 11 전극 형상에 따른 효율 특성

그림 10은 각 전극 형상에 따른 peak 휘도 및 평균 휘도를 나타내고 있다. 삼각형 구조에서는 삼각형 edge 부에서의 peak 휘도는 가장 높지만 셀 내의 평균 휘도는 가장 낮다. 결국 방전의 확산이 전극 전면으로 이루어 질 때 평균휘도가 상승함을 알 수 있다.

그림 11은 각 전극 형상에 따른 발광효율을 나타내고 있다. 앞서 논하였듯이 사각형이나 기존의 구조는 방전전하량은 다소 많아서 소비전력은 증가하였지만, 셀 내의 발광 면적이 넓기 때문에 평균휘도가 증가하고 그에 따라 발광효율이 증가함을 알 수 있다.

이상의 결론에 의하면 PDP 셀의 발광효율을 상승시키기 위해서는 전극면적을 최적화하여 소비전력은 최소화하면서 전극 면적에 비해 실제 발광에 유효한 면적을 늘이는 것이 유리함을 알 수 있다.

## 2.4 전극형상에 따른 방전 특성 I

그림 12는 발광효율을 개선하기 위하여 제안된 display 전극의 형상을 나타내고 있다. 그림 (a)의 meander type의 구

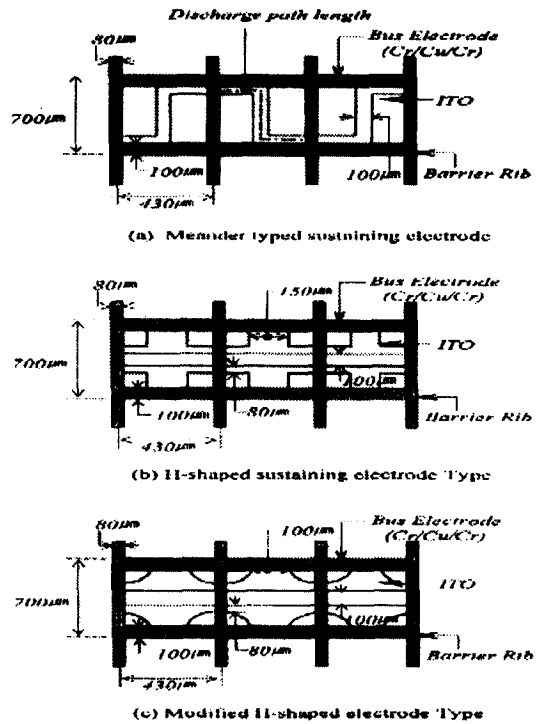


그림 12 Display 전극 형상의 개략도 II

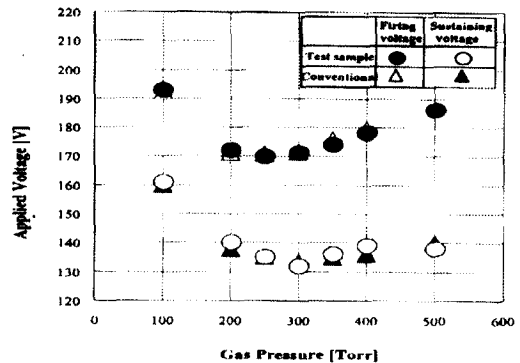


그림 13 Meander type과 기존 type의 전압 특성 비교

조는 기존의 구조에 비해 전극 면적은 감소시키고 방전 경로를 증가시키면서 방전 gap 근처에서 가장 많이 발생하는 VUV를 최대한으로 이용하고자한 구조이다.

그림 13은 meander 구조와 기존의 구조간의 방전전압 특성을 비교한 그래프이다. 두 구조간의 전압특성이나 전압 마진이 거의 유사함을 알 수 있다. 따라서 meander 구조에서도 안정한 메모리 구동이 가능하다.

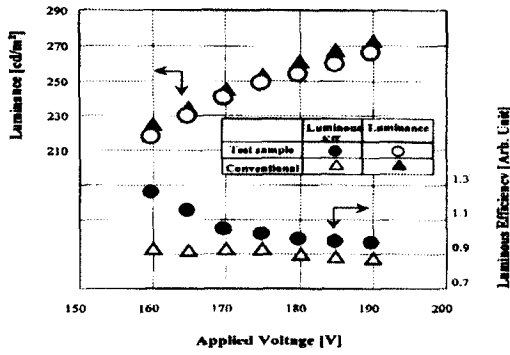


그림 14 인가 전압에 따른 Meander type과 기존 type 간의 휘도 및 효율 특성

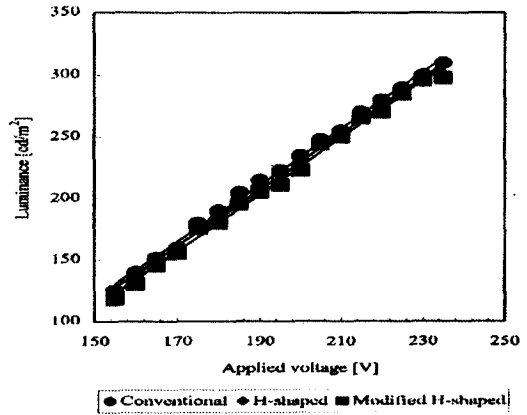


그림 16 H type과 modified H type 전극의 휘도 특성

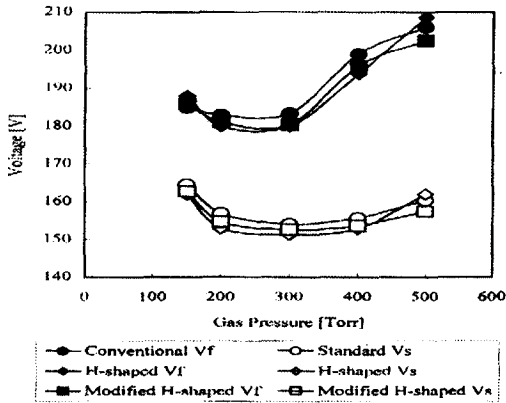


그림 15 H type과 modified H type 전극의 전압 특성

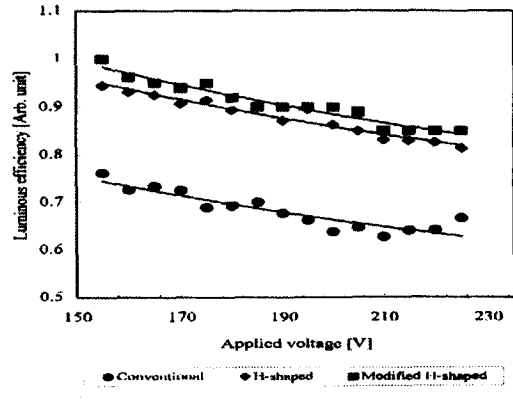


그림 17 H type과 modified H type 전극의 효율 특성

그림 14는 인가전압에 따른 meander 구조와 기존 구조간의 휘도 및 효율 특성을 나타내고 있다. 두 구조 모두 인가전압이 증가할수록 휘도도 증가하며, 두 구조가 거의 비슷한 휘도를 나타내고 있다. 그러나, 발광효율의 경우 인가전압이 낮은 영역에서는 효율의 차이가 크게 나타나지만, 인가전압이 높은 영역에서는 효율 차이가 적게 나타난다. 이는 기존의 구조에서는 방전이 발생하면 플라즈마는 방전 gap으로부터 bus 전극 쪽으로 확산해 가지만, meander 구조의 경우 방전에 의한 플라즈마는 방전 gap으로부터 barrier rib 쪽으로 확산해 가기 때문에 인가전압이 높을수록 rib 쪽으로 확산해 가는 하전입자의 손실이 커지기 때문으로 생각할 수 있다. 그러나 전체적으로는 meander 구조가 기존의 구조에 비해 발광효율이 높고, 인가전압이 낮은 영역에서는 최대 38% 정도 향상된 것을 알 수 있다.

그림 12의 (b)와 (c)는 기존의 구조와 방전 경로는 동일하지만 barrier rib 쪽으로 확산되는 하전입자의 손실을 막기 위해 rib 쪽의 전극을 제거한 형태의 구조이다. 이 경우 방전 전압 및 전압 마진은 그림 15에서 알 수 있듯이 기존의 구조와 거의 동일하다.

그림 16은 기존 구조와 H type 그리고 modified H type의 휘도 특성을 나타내고 있다. H type과 modified H type의 경우 방전 전극 면적을 감소하였지만, 실제로 발광에 기여하지 않는 면적이기 때문에 휘도의 변화가 없음을 알 수 있다.

그림 17은 기존 구조와 H type 그리고 modified H type의 효율 특성을 나타내고 있다. H type과 modified H type의 경우 전극면적이 감소함으로써 방전전류의 양이 면적에 비해 해서 줄어들었다. 결국 휘도는 기존의 구조와 유사한데 비해서 전력소비가 줄어들었으므로 발광효율은 두 type 모두 인가전

압에 관계없이 약 30% 정도 향상되었음을 알 수 있다.

이상에서 AC PDP의 셀 구조 중 전극 폭, 전극간 간격 및 전극 형상과 방전 특성 및 휘도·효율관계를 고찰하여 보았다. 위의 결과에서 볼 때 기존 셀 구조의 개선에 의해서 최소 30% 이상의 효율 향상을 꾀할 수 있음을 알 수 있었다.

### 성명 : 박 정 후

#### ◆학력

1968년 부산대 공대 전기공학과 졸업

1974년 동 대학원 전기공학과졸업(석사)

1980년~1983년 일본 구주대학 대학원 졸업(공학박)

#### ◆경력

현재 부산대 공대 전자전기통신공학부 교수