

기술 특 집

# 대향방전을 이용한 고효율 PDP

옥 정 우, 이 호 준 (부산대학교 전자전기통신공학부)

## I. 서 론

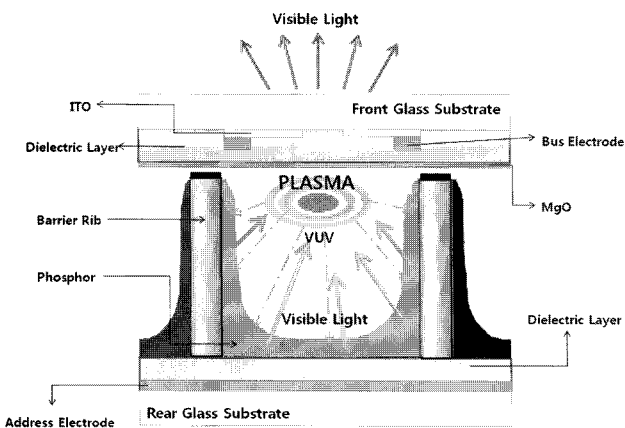
최근 디지털 지상파 방송의 본격화 및 방송권역의 확대, 케이블 TV의 디지털화 등의 대중매체의 발달과 더불어 디지털 방송에 적합한 대화면의 평판 디스플레이에 대한 요구가 증대되고 있다. 현재 PDP(Plasma Display Panel)와 LCD(Liquid Crystal Display)는 CRT(Cathode Ray Tube)는 TV를 대체할 대화면 평면 TV중 가장 뛰어난 경쟁력을 갖춘 디바이스로 평가 받고 있으며 대형 평판 TV 시장에서 그 영역을 넓혀가고 있다. 1990년대 이후 급격한 기술적 발전을 바탕으로 현재 PDP는 대형 디스플레이 분야에서 본격적으로 시작을 형성하고 있다. 그러나 현재 PDP는 다른 디스플레이 디바이스에 비해 고정세화 및 낮은 효율의 개선이 주된 문제점으로 지적되고 있다.

현재 양산되고 있는 PDP 방전 cell 구조는 [그림 1]과 같으며, PDP의 panel은 크게 상판과 하판으로 구성되어 있다. 전극은 상판에 표시(sustain/common) 전극과 주사(scan) 전극이 나란히 위치하고 하판에는 데이터(address) 전극을 상판의 두 전극과 직각으로 교차하여 배치하며, 형광막은 반사형으로 사용하고 있다. 상판은 유지방전을 위한 sustain/common 전극과 scan 전극을 투과도를 고려하여

ITO(Indium Tin Oxide)로 형성하고, 전극의 가장자리에는 ITO의 저항을 보상하기 위하여 주로 Ag의 버스전극을 형성한다. 전극 위에 자연스러운 용량 형성을 통한 방전시 전류제한을 위하여 유전층을 도포한다. 이와 같은 유전층 형성으로 AC PDP의 주요 특징중의 하나인 메모리 특성이 나타나게 된다. 유전층위에는 MgO 보호막을 증착하여 유전층을 이온의 스퍼터링으로부터 보호하여 주며, 방전 시 낮은 에너지의 이온이 표면에 부딪혔을 때 비교적 높은 이차전자 발생계수의 특성을 가지게 하여 PDP의 구동 및 방전 유지 전압을 낮추어 주는 역할을 한다. 하판의 경우 방전셀을 선택할 수 있는 역할을 하는 데이터(address) 전극을 형성하고 그 위에 유전층을 도포한다. 그리고 방전셀을 구분하고, 상하판의 사이의 공간을 확보하기 위하여 높이 130um 정도의 격벽(barrier rib)을 설치한 다음 형광체를 격벽과 신호 전극을 덮고 있는 유전체위에 도포한다. 격벽을 따라서 도포된 빨강(Red), 녹색(Green), 파랑(Blue)에 해당하는 세 개의 cell이 하나의 화소를 이룬다. 이렇게 구성된 PDP의 상판과 하판사이의 방전 gas가 300~500 Torr 정도로 채워지고, 방전 gas는 주로 페닝(Penning) 혼합 gas를 사용한다. 이러한 혼합 gas는 He, Ne 또는 이들의 혼합기체로 바탕기체(buffer gas)를 형성하고, 형광체를 발광시키는 진공 자외선을 내비칠 수 있는 Xe 기체를 섞어서 사용한다.

이러한 면방전형 3전극 구조에서 PDP의 휘도 및 효율을 증가시키기 위한 방법으로는 서스테인 전극간 long gap의 적용과 높은 Xe 분압을 사용하는 방법이 일반적으로 알려져 있다. 두 가지 방법은 효율을 증가시킬 수 있지만 방전개시 전압의 상승, 방전안정성 저하, addressing 시간 지연, 오방전 등의 발생함으로 PDP 동작 조건이 기존의 PDP 보다 더 나빠지게 되는 단점이 있다.

현재 이러한 문제점들을 극복하면서 고효율을 얻을 수 있는 많은 연구들이 시도되고 있으며, 이하는 이러한 연구들을 소개하고 그 중에서도 구조적인 변화를 통한 기존의 면방전(surface discharge)이 아닌 대향방전(facing/counter discharge)을 이용하여 고효율을 얻고자 하는 시도를 소개하고자 한다.



[그림 1] 상용화 되고 있는 면방전형 3전극 PDP 방전 cell

## II. 대향방전 구조의 특성

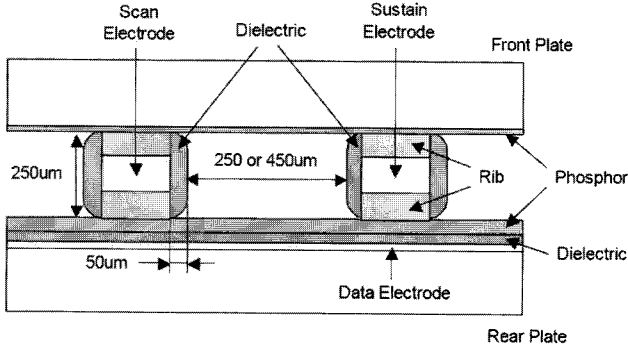
PDP에서 구조적인 변화를 통해서 기존의 면방전을 이용하는 것이 아니라 방전이 공간상에서 일어나게 하는 대향방전을 이용하는 구조를 이용하게 된다. 좀더 구체적으로 말해서, 구조적으로 서스테인 전극을 격벽에 삽입하거나 상판에 높게 형성하여 방전이 공간상에서 일어나게 하는 것이다. 이러한 대향방전을 이용하는 PDP cell은 일반적으로 서스테인 전극간 gap이 상당히 긴 long gap을 이용하게 되지만, 대향방전의 특성상 방전전압의 증가는 gap의 증가에 비해 그다지 크지 않게 된다. 또한 방전 플라즈마가 방전 cell의 공간영역에서 생성되므로 하판쪽뿐만 아니라 상판쪽에도 형광체를 도포하는 것이 가능하므로 휘도를 더욱 더 증가시킬 수 있게 된다. 대향방전을 이용하는 구조에 있어서 가장 큰 장점은 높은 휘도와 낮은 방전전류 특성이다. 이는 곧 고효율을 이룰 수 있는 가장 기본적인 특성이다. 이러한 방전특성으로 대향방전을 이용하는 구조들은 면방전을 이용하는 구조들에 비해 약 2배 이상의 효율을 달성하고 있다.

통상의 면방전은 전계강도가 가장 강한 부분이 유전체내에 매입되어 전계의 사용이 효율적이지 못하여 방전전압의 높아진다. 플라즈마의 표면손실이 크기 때문에 구조적으로 고효율화가 쉽지않다. 대향구조는 가장 자연스러운 방전형태로서 낮은 플라즈마 손실과 효과적인 전계 사용으로 인해 상대적으로 저전압 동작이 가능하기 때문에 플라즈마 생성 효율, 여기효율 측면에서 본질적인 장점을 가지고 있다.

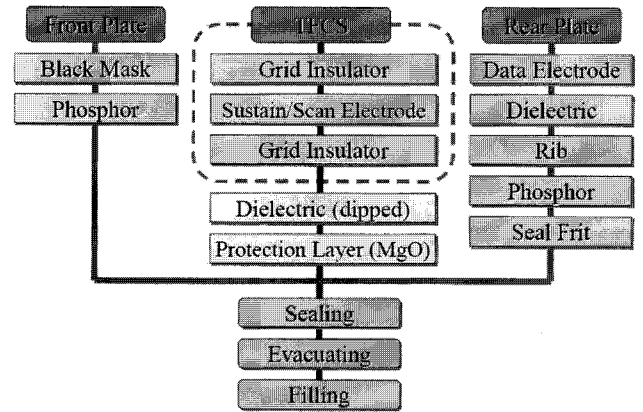
또한 공정상의 장점으로, 대향방전을 이용하는 구조들은 상판에 고가의 ITO 전극을 형성할 필요가 없고, 유전체 또한 굳이 투명할 필요가 없게 된다는 장점이 있다. 이후 소개하고자 하는 사례들은 이러한 대향방전 특성을 이용하여 제안된 PDP 방전 cell 구조들이다.

## III. 대향방전 구조 사례 1<sup>[1, 2]</sup>

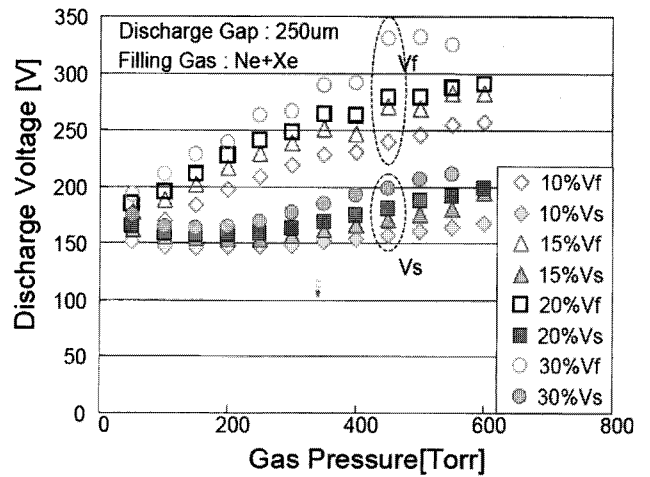
[그림 2]는 일본의 Noritake사에서 제안한 구조로 Noritake사의 Thick Film Ceramic Sheet (TFCS) tech-



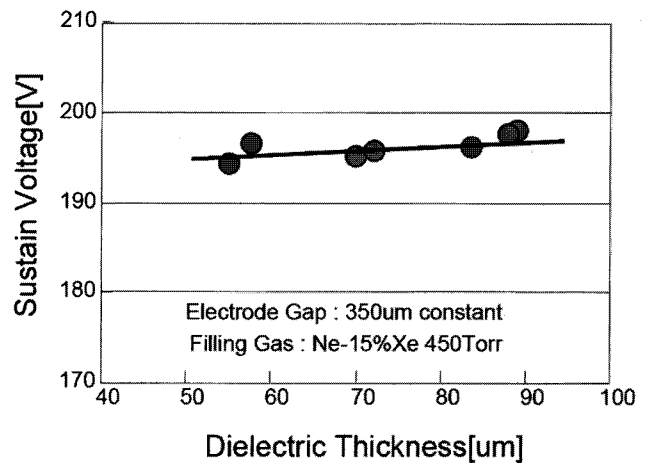
[그림 2] Noritake사에서 제안한 구조



[그림 3] TFCS 기술을 이용하여 PDP Cell을 제작하는 공정도



[그림 4] 제안된 대향방전구조에서 방전전압 특성



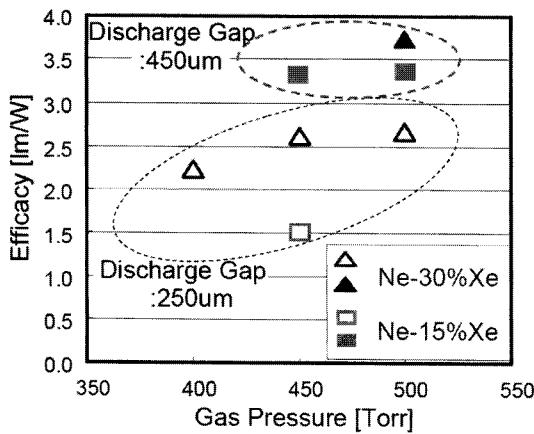
[그림 5] 제안된 대향방전구조에서 유전체두께와 방전전압과의 관계

nology를 이용하여 제조되며, 그 제작 공정도는 [그림 3]과 같다.

[그림 2]에서 보는 것과 같이 제안된 구조는 서스테인 전극간 gap이 250~450um까지의 long gap의 구조를 가지게

되며 휘도 향상을 위하여 상판쪽에도 형광체를 얇게 도포하고 있다. 이러한 대향방전을 이용하는 구조는 서스테인 전극 간 gap이 상당히 긴 long gap을 이용하지만, 면방전형 PDP와 비교했을 때, 방전전압의 증가는 [그림 4]에서 보는 것과 같이 그다지 크지 않다. 이러한 구조의 또 다른 특성으로 [그림 5]에서 보는 것과 같이 유전체 두께의 변화에 따른 방전전압의 변화가 거의 없다는 점이다.

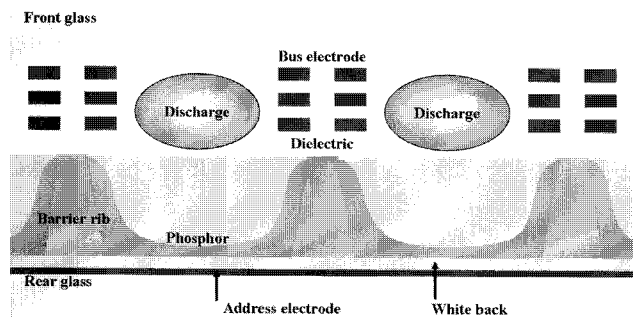
[그림 6]은 제안된 구조의 높은 효율을 보여주고 있다. 면방전형 PDP cell은 보통 2lm/W 이하의 효율을 나타내는데 비해, 대향방전을 이용하는 제안된 구조는 최고 4lm/W 정도의 고효율을 낼 수 있다. 이는 방전 gap이 길어짐에 따라서 휘도가 증가하고 전력소모는 감소하기 때문이다.



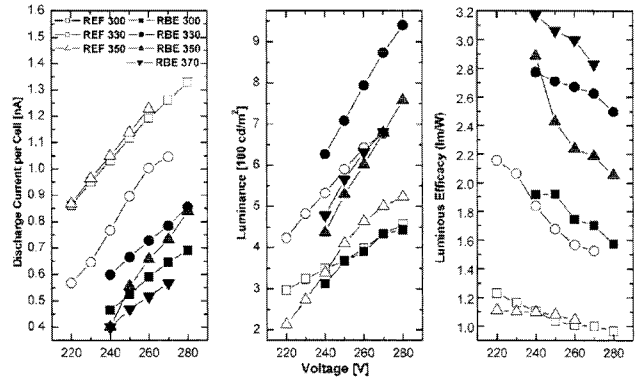
[그림 6] 제안된 대향방전구조의 효율특성

#### IV. 대향방전구조 사례 2<sup>[3, 4]</sup>

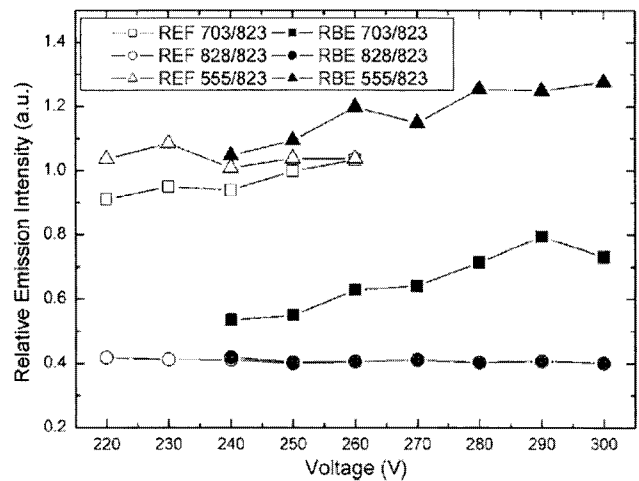
[그림 7]은 본 실험실에서 제안한 구조로, 상판쪽에 Ag 전극과 유전체를 교대로 쌓아올려 대향형의 전극을 형성한 구조이다. 제안된 구조의 제작공정은 기존의 프린팅 기법을 여러 차례 반복함으로써 전극의 높이를 control하는 방법을 이용하고 있다. 제안된 구조는 300~370um의 방전 gap을 가지고 있다. 전극이 여러 개어 분리되어 형성됨으로써 방전시 전류를 제한하는 역할을 하여, [그림 8]의 결과를 보면,



[그림 7] 본 실험실에서 제안한 대향방전 구조



[그림 8] 제안된 구조의 방전 특성

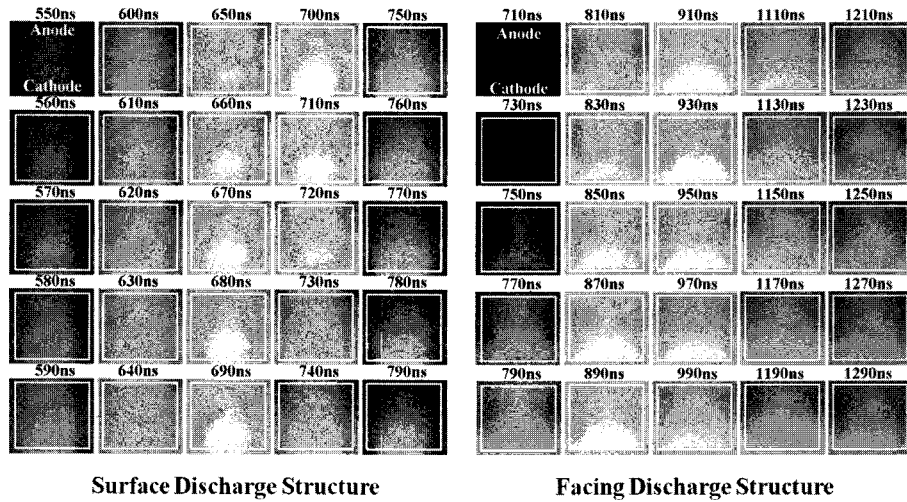


[그림 9] 제안된 구조의 분광분석

높은 휘도와 낮은 방전전류의 특성을 가지게 된다. 그리하여 면방전형 구조에 비해 최고 3배 정도의 고효율을 달성하였다.

이러한 고효율은 [그림 9]에서 보는 것과 같이 분광분석을 통해 설명할 수 있다. [그림 9]에서는 형광체의 가시광(555nm), Ne의 가시광(703nm), Xe의 IR(823nm)의 세 가지 파장대의 비를 보여주고 있다. Xe의 UV는 직접적으로 측정하기가 어렵기 때문에, Xe UV의 precursor가 되는 Xe의 IR을 측정하는 것이다. 먼저 703/823의 비를 보면 대향방전 구조에서 훨씬 낮은 값을 가지는 것을 볼 수 있는데, 이는 Ne 가시광(703nm)의 여기에너지는 18.38eV이고 Xe의 IR(823nm)의 여기에너지는 9.82, 9.93eV이기 때문에, 703/823의 비 값이 낮다는 것은 약전계에서 동작하고 있는 것을 의미하고 이는 UV를 좀더 효율적으로 발생시킨다는 것이다. 그리고 555/823의 비가 큰 것은 형광체의 가시광 변환 효율도 좀더 좋다는 것으로, 이 두 가지 사실로 대향방전구조의 높은 효율을 설명할 수 있다.

[그림 10]은 면방전형 구조와 제안된 대향방전형 구조의 IR 이미지를 ICCD 카메라를 이용하여 찍은 것이다. [그림 10]에서 볼 수 있는 것과 같이 대향방전형 구조의 방전지속이 좀더 긴 것을 확인할 수 있다.



[그림 10] 면방전형 구조와 제안된 대향방전 구조의 ICCD 이미지

### V. 결 론

본 고에서는 PDP의 방전 cell 구조에서 기존의 면방전이 아닌 대향방전을 이용하여 고효율을 달성한 사례들을 살펴 보았다. 대향방전을 이용하는 구조들에서는 면방전형 구조에서는 구동하기 어려운 250um 이상의 long gap의 사용과 휘도가 높고 전력소모는 낮은 대향방전의 특성을 활용하여 고효율을 달성하고 있다. 하지만 현재의 공정 조건과는 다르고, 공정의 복잡도 또한 크기 때문에 지금도 많은 연구들이 이루어지고 있고, 아직 개선해야 할 점도 많다. 이러한 문제점들을 개선하였을 때 차세대 PDP에서는 대향방전을 이용하는 구조를 활용하여 고효율의 PDP를 제작할 수 있을 것이다.

#### 참 고 문 헌

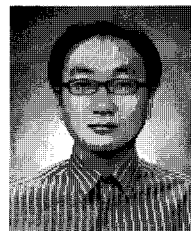
[1] H. Asai et al, SID Digest, p. 210 (2005).  
 [2] S. Mori et al, IDW, P. 937 (2004).  
 [3] J. W. Ok et al, APPLIED PHYSICS LETTERS 89, 181501 (2006).  
 [4] J. W. Ok et al, SID Digest, p. 1209 (2006).

### 저 자 소개



이 호 준

1989년 서울대학교 전기공학과 졸업(학사), 1991년 서울대학교 전기공학과 전기공학과 졸업(석사), 1996년 서울대공대 대학원 전기공학과 졸업(공학박사), 현재: 부산대학교 공대 전자전기통신공학부 부교수



옥 정 우

2004년 부산대학교 공대 전자전기통신공학부 졸업(학사), 2006년 부산대학교 공대 대학원 전기공학과 졸업(석사), 현재: 부산대학교 공대 전기공학과 박사과정 재학중