



# PDP 고효율 cell 구조의 최근 동향

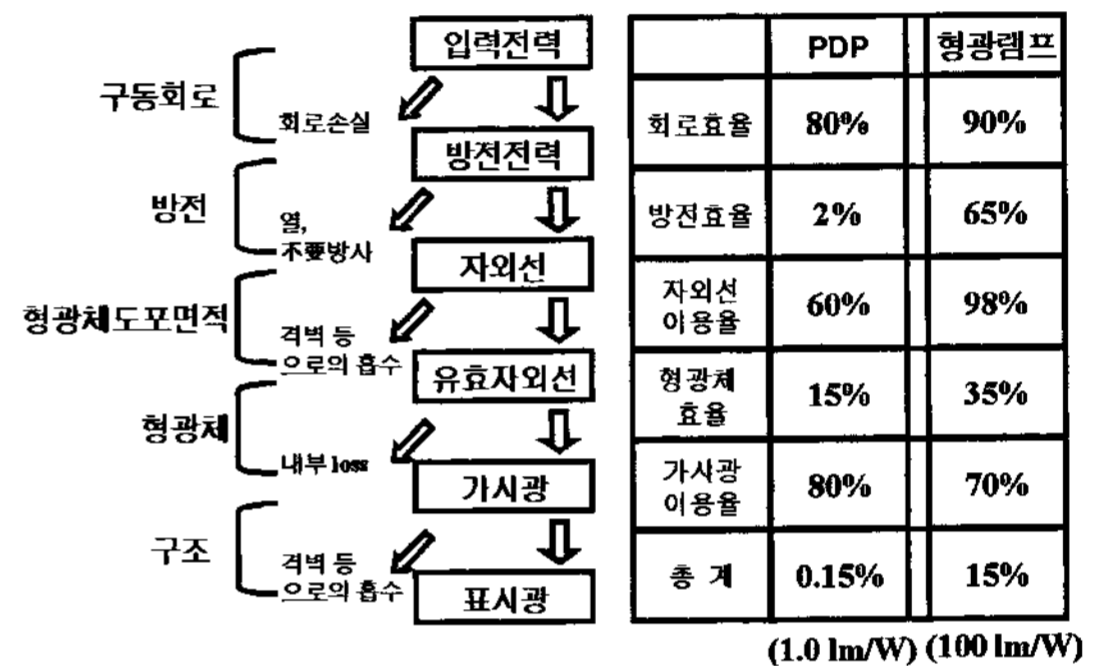
박 정 후, 이 성 현(부산대학교 전자전기통신공학부)

## I. 서 론

최근 40인치 이상의 대형 Plasma display panel(PDP)이 국내외 각 사에 의해 양산에 들어감으로써 꿈의 벽걸이 TV 시대가 도래할 것으로 기대되고 있다. 칼라 PDP는 대화면인 동시에 박형으로 경량화를 꾀할 수 있을 뿐 아니라, 화상 입력 신호에서 화상 출력 신호까지 모두 digital로 실현 가능하기 때문에 현재 digital network 시대에 가장 적합한 표시 device라 할 수 있다. 이와 같이 PDP는 CRT나 LCD가 가지고 있지 않은 장점을 가지고 있는 반면에 아직 해결해야 할 여러 과제를 안고 있다. 그 중에도 PDP가 가정용 TV로서 자리 매김하기 위해서는 저가격화, 고화질화, 저소비전력화 등의 3대 요구가 만족되어야만 할 것이다. 본 글에서는 이 중 저소비전력의 고효율 PDP 실현을 위한 고효율 셀 구조 연구에 대한 최근 동향을 서술하고자 한다.

## II. PDP 발광효율

PDP의 발광과정과 그 에너지 변화효율을 분석하면 대체로 <그림 1>과 같이 된다.<sup>1)</sup> 즉, 총 효율(입력 전기에너지에서 표시 가시광 에너지로의 변환율)은 1% 이하라고 할 수 있다. 이 값은 PDP와 유사한 발광 mechanism을 가지고 있는 형광 램프에 비하면 거의 1/100 정도의 수준이다. PDP와 형광램프를 비교할 때 PDP의 변환 효율이 현저히 낮은 부분은 방전효율(방전에너지



<그림 1> 에너지 변환 효율의 비교

에서 자외광으로 변환 효율) 및 형광체 효율(양자효율×파장 변환분의 에너지 loss)이다. 그러므로 현재의 PDP가 CRT 수준의 발광효율(약 5lm/W)을 달성하기 위해서는 아직 수 배의 개선이 필요하기 때문에 방전효율이나 형광체 효율을 상승시킬 필요가 있다.

방전에서 자외선 방사 효율은 동작 gas의 조성, 봉입압력 등을 최적화 하는 것으로 향상시키는 것이 가능하다. 예로써, 자외선 방사를 좌우하는 Xe의 분압을 높이면 Xe eximer(Xe<sub>2</sub><sup>\*</sup>)에서 방사된 173nm를 중심 파장으로 하는 분자선의 방사강도가 증가하는 것으로 알려져 있다. 이것은 기존에 PDP에 이용된 형광체가 대부분 형광 램프용으로써 개발되어 왔기 때문에 여기 spectrum이 수은의 공명선(254nm) 부근에서 peak 값을 나타내며, 또한 긴 파장의 자외선의 경우 파장 변환에 따른 에너지 loss도 저감시킬 수 있기 때문에 Xe 원자의 공명선(파장 147nm) 보다도 긴 파장의 자외선을 방사시키는 것이 형광체의

여기에도 유리하기 때문이다. 그러나 Xe 분압을 증가시키면 방전전압도 상승하는 경향을 나타내게 되므로 구동에 어려움이 있다. 따라서 gas의 조성이나 gas 압력의 최적화 만으로는 고효율 PDP를 만들어 내기에 부족하며 셀의 전극형상 및 전극 gap 등의 종합적인 최적화가 필요하게 된다. 그러므로 저전력 고효율의 PDP를 개발하기 위해서는 방전효율 및 형광체 효율을 향상시킬 수 있는 셀의 구조적인 연구가 불가피하다 할 수 있다.

### III. 고효율화를 위한 유지전극 형상 변화의 동향

〈그림 2〉는 셀의 구조적인 측면에서 유지전극의 형상을 변화시켜 발광효율을 개선한 최근 연구 보고의 예이다.

〈그림 2(a)〉는 기존의 구조로서 유지전극이 투명 전극과 bus 전극으로 형성되어 있다. 〈그림 2(b)〉와 〈그림 2(c)〉는 Pioneer사에서 제안한 구조로서 〈그림 2(b)〉의 구조는 투명 유지전극의 폭을 줄여 방전의 peak 전류를 제어하고, 격벽쪽으로의 하전입자 확산을 막음으로써 발광효율을 향상시킨 예이며,<sup>[2]</sup> 〈그림 2(c)〉는 〈그림

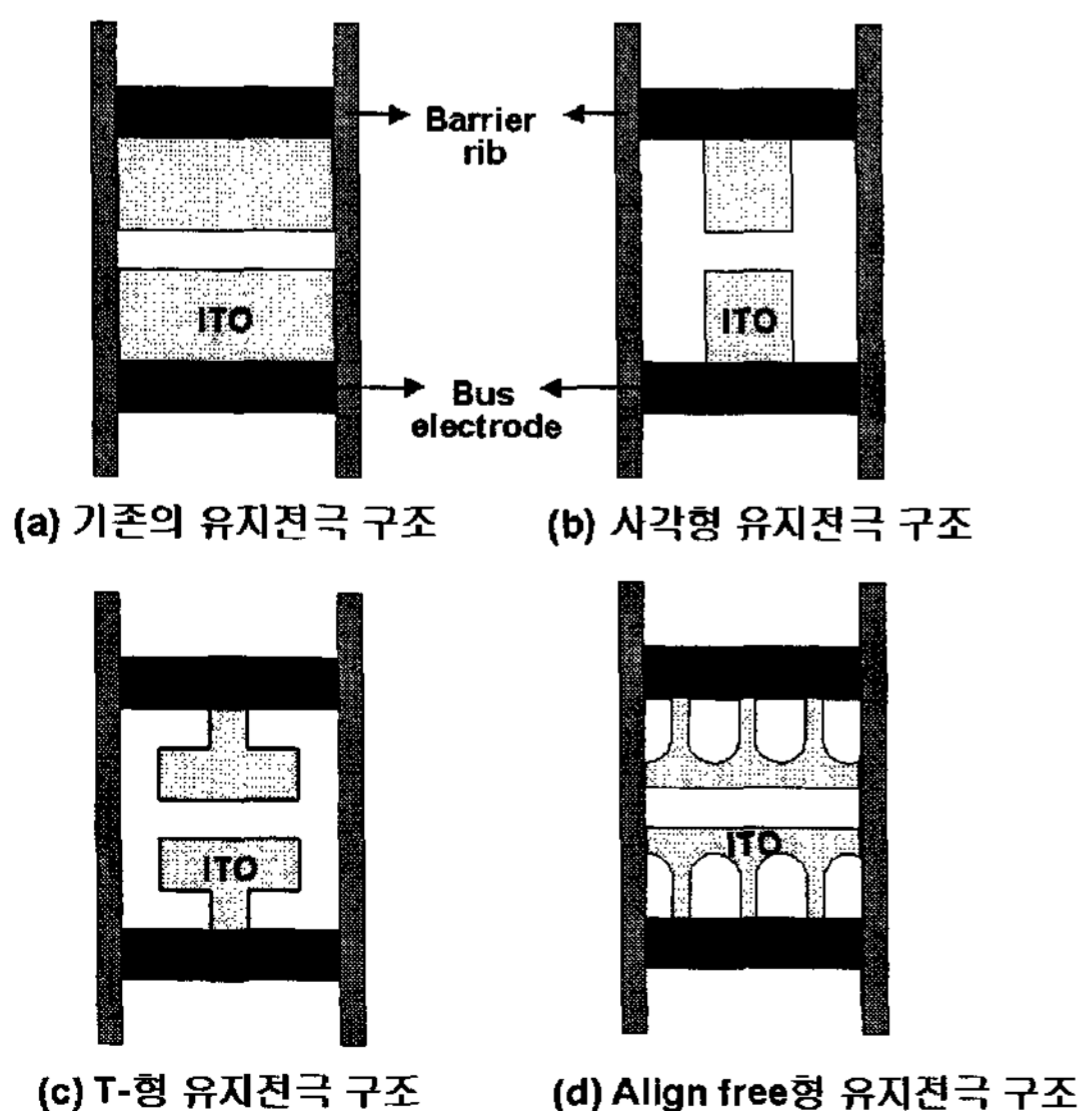
2(b)〉의 단점인 방전전압 상승의 문제와 휘도 저하의 문제를 해결하기 위하여 유지전극간의 마주보는 부분의 전극 폭을 넓혀 T자형의 구조를 취함으로써 방전전압의 상승을 최소화 할 뿐 아니라, 방전 gap 근방의 발광을 충분히 활용하여 기존의 구조와 유사한 휘도를 얻을 수 있도록 하고 있다. 이러한 T형 전극을 채용한 40인치 PDP는 1.2[lm/W]로 현재 제품으로서는 최고의 발광효율을 보고하고 있다.<sup>[3]</sup>

그러나, 〈그림 2(c)〉 구조의 경우 상하판 alignment 문제를 안고 있다. T-형 구조의 경우 상하판 간의 alignment가 정확히 되지 않으면 셀간에 구동전압 차를 발생시켜 화질을 저하시킬 수 있다. 특히, 대형 PDP의 경우 제조 공정의 문제로 인해 상하판 간의 alignment 오차가 필연적으로 발생하기 때문에 이를 해결할 수 있는 free alignment 구조가 요구되고 있고, 〈그림 2(d)〉는 그러한 요구를 만족시킬 수 있는 구조라 할 수 있다. 〈그림 2(d)〉 구조의 경우 상하판 간의 free alignment가 가능한 동시에 약 30% 정도 기존의 구조에 비해 발광효율을 향상시킨 것으로 보고되고 있다.<sup>[4]</sup>

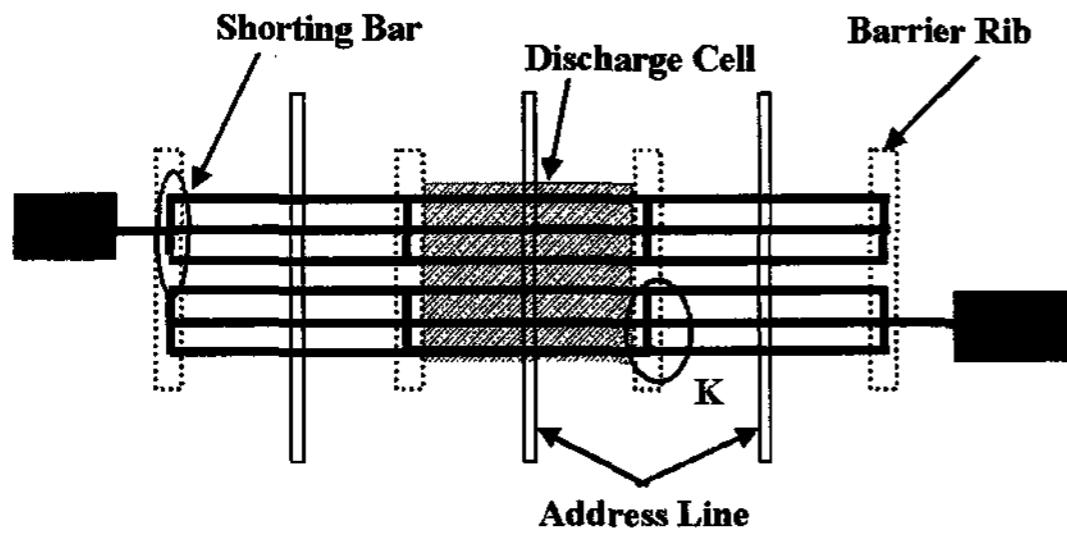
한편, 최근에는 제작공정의 단순화와 저가격화의 측면에서 기존의 투명전극을 사용하는 구조 대신 Fence형태의 전극구조가 대두됨으로써 Fence형 전극 구조에 대한 발광효율향상의 연구도 활발히 진행중에 있다.

〈그림 3〉은 Fence 구조에 대한 효율 향상의 한 예를 나타내고 있다. 〈그림 3(a)〉는 기존의 투명전극을 없앤 Fence형 전극 구조이다.<sup>[5]</sup> 이러한 Fence형 전극 구조는 기존의 ITO 전극에 비해 휘도가 다소 낮은 단점을 갖고 있지만, 방전 전류를 제어함으로써 인해 발광효율은 기존의 ITO 구조와 거의 유사한 것으로 알려지고 있다.

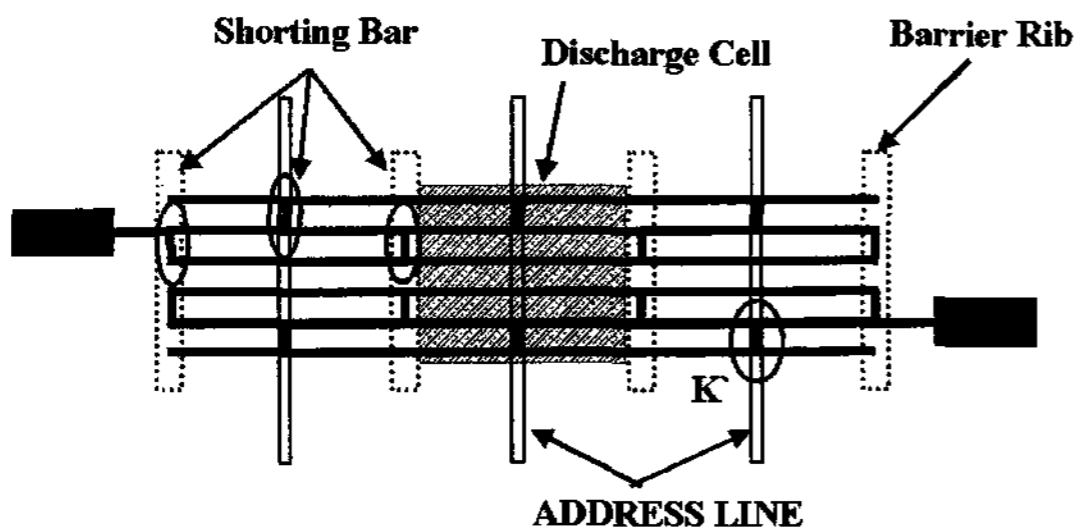
〈그림 3(a)〉의 기존의 Fence 구조는 Shorting Bar가 있는 격벽쪽으로 방전 Plasma가 확산하여 소멸하지만, 〈그림 3(b)〉에서 제안된 구조에서는 Shorting Bar를 일부 셀 중심부로 이동시킴으로써 방전 Plasma가 방전 Cell 중심축 상으로 이동하도록 하여 방전 gap으로부터



〈그림 2〉 유지전극 형상 변화에 의한 발광효율의 개선 예



(a) Conventional Structure



(b) Suggested Structure (F-1)

〈그림 3〉 Fence형 유지전극 형상 변화에 의한 발광효율의 개선 예

터 떨어진 부분에서도 전자에 의한 충돌전리 및 여기작용을 활발히 유도함으로써 휘도를 향상시킬 수 있는 구조라 할 수 있다. 〈그림 3(b)〉의 구조는 〈그림 3(a)〉에 비해 약 25% 정도 발광

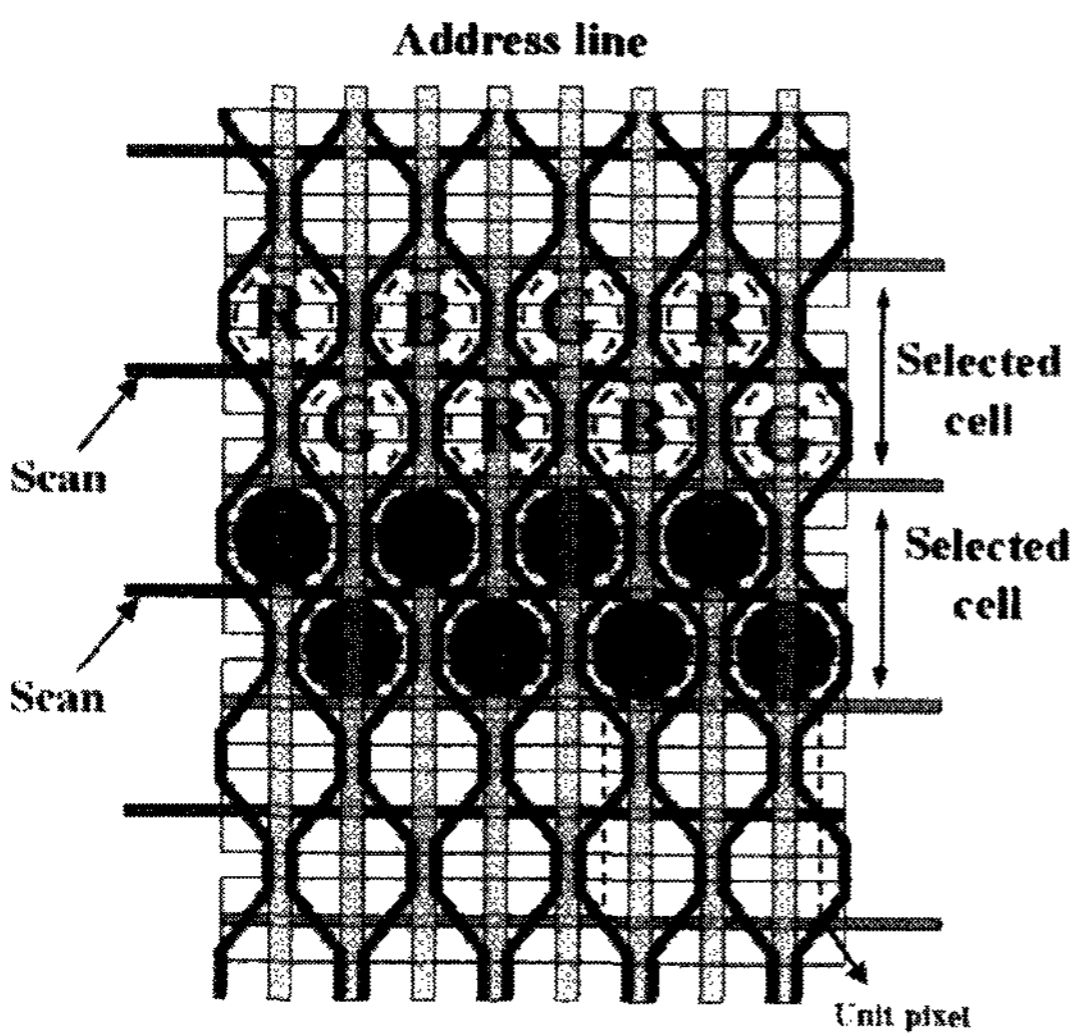
효율을 향상시킬 수 있었다.

#### IV. 고효율화를 위한 격벽구조와 그에 따른 유지전극형상 변화의 동향

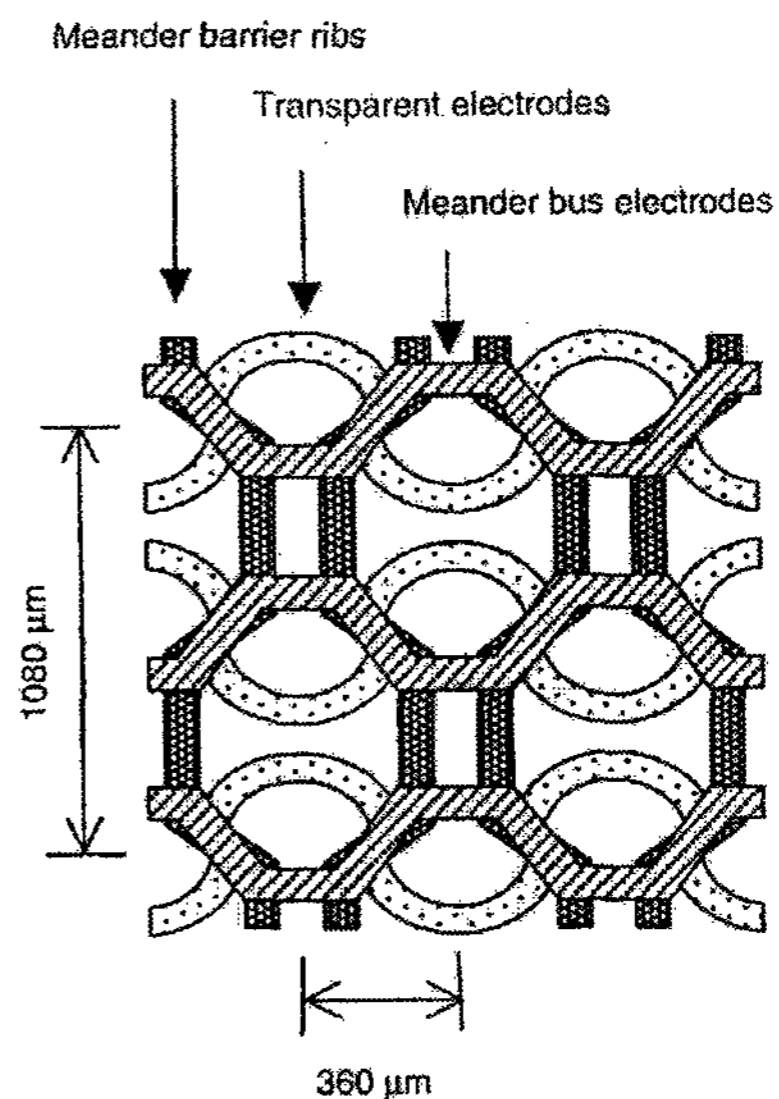
유지전극 형상 뿐만 아니라 격벽 구조를 변경해서 발광효율을 개선하는 연구도 최근 활발히 진행되고 있다.

〈그림 4(a)〉는 종래의 stripe 형태의 격벽에 대해서 非발광부분의 면적을 줄이고, 발광부의 면적을 넓힌 Delta Tri-color Arrangement (DelTA) 형태의 구조이다. 이 구조의 경우 동일한 셀 pitch에 대해서 표시영역(발광부분)의 면적이 기존의 stripe 형태의 격벽에 비해 약 1.8배 정도 향상되었으며 아울러 형광체의 도포 면적이 증대되어 결과적으로 기존의 구조에 비해 약 2배에 해당하는 2.15lm/W를 달성한 것으로 알려져 있다.<sup>[6]</sup>

〈그림 4(b)〉는 〈그림 4(a)〉의 DelTA형 격벽 구조에 대해 meander형 유지전극을 결합하여 효율을 개선한 예로서 〈그림 4(a)〉 구조와 비교해 볼 때 Bus 전극을 meander 구조화 함으로써 개구율을 증가시킬 수 있었으며, 방전



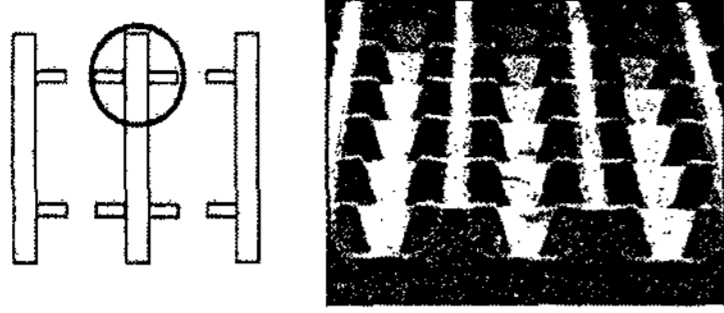
(a)



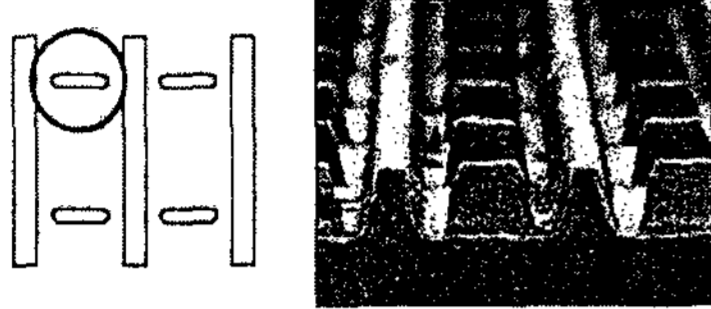
(b)

〈그림 4〉 Meander형 격벽 구조에 의한 발광효율 개선 예

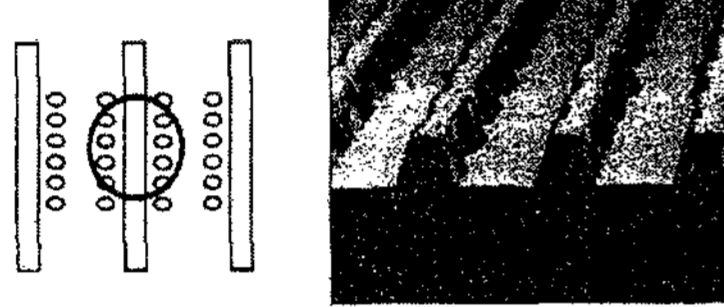
FB(Fish Bone) type barrier rib



SB(Semi Box) type barrier rib



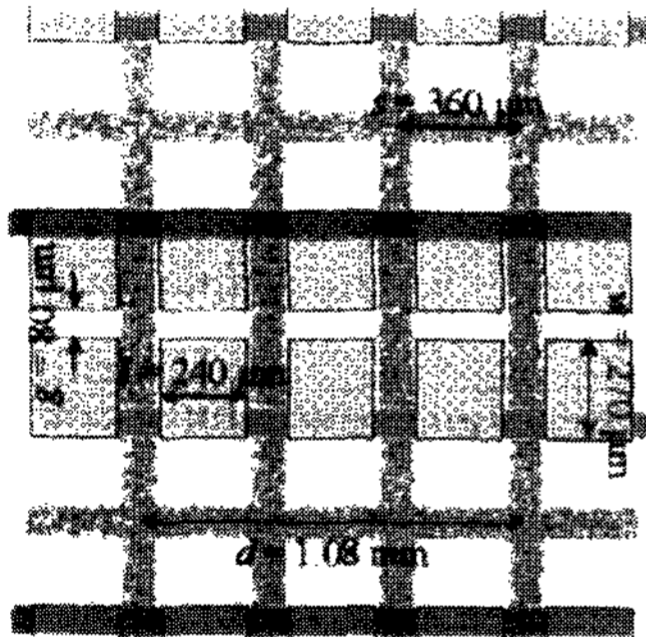
EB(EmBossing) type barrier rib



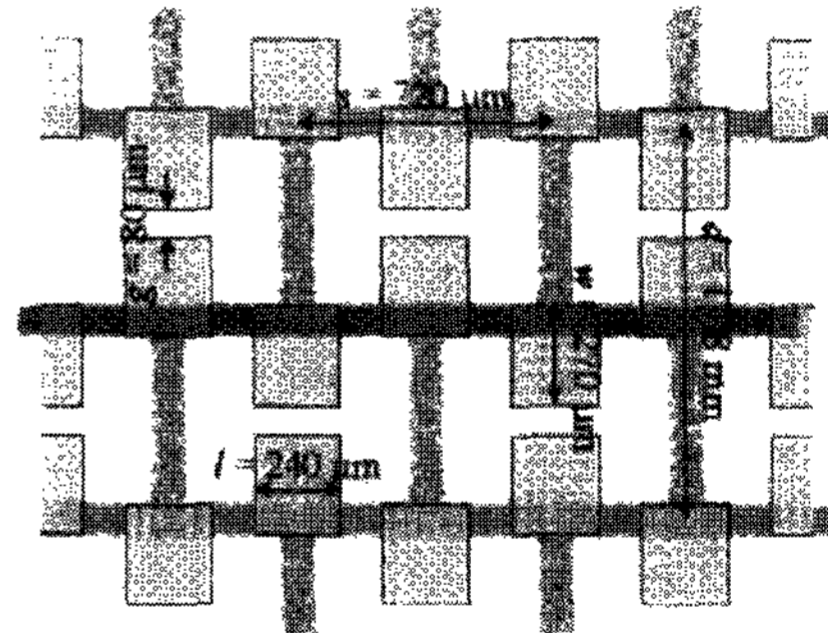
gap의 중앙부에 방전을 집중시킴으로써 격벽으로의 확산손실을 줄일 수 있게 되었다. 이로써 <그림 4(b)>의 구조의 경우 적절한 구동주파수와 전압을 선정할 때 약 3lm/W의 발광효율을 달성한 것으로 보고되고 있다.<sup>[7]</sup>

<그림 5>는 순수하게 격벽의 형상만을 변화시켜 발광 효율을 향상시킨 예이다.<sup>[8]</sup> <그림 5(a)-(b)>의 구조는 기존의 방전공간 edge부에 격벽을 형성함으로써 형광체 도포 면적을 증가시켜 방전공간 edge 부의 발광을 충분히 이용한 형태의 구조이며, <그림 5(c)>의 구조는 기존의 stripe 형태의 격벽에 굴곡을 형성함으로써 형광체 도포면적을 증가시켜 진공자외선의 이용율을 증가시킨 형태라 할 수 있다. <그림 5(b)> 형태의 경우 약 18% 정도의 발광효율이 향상된 것으

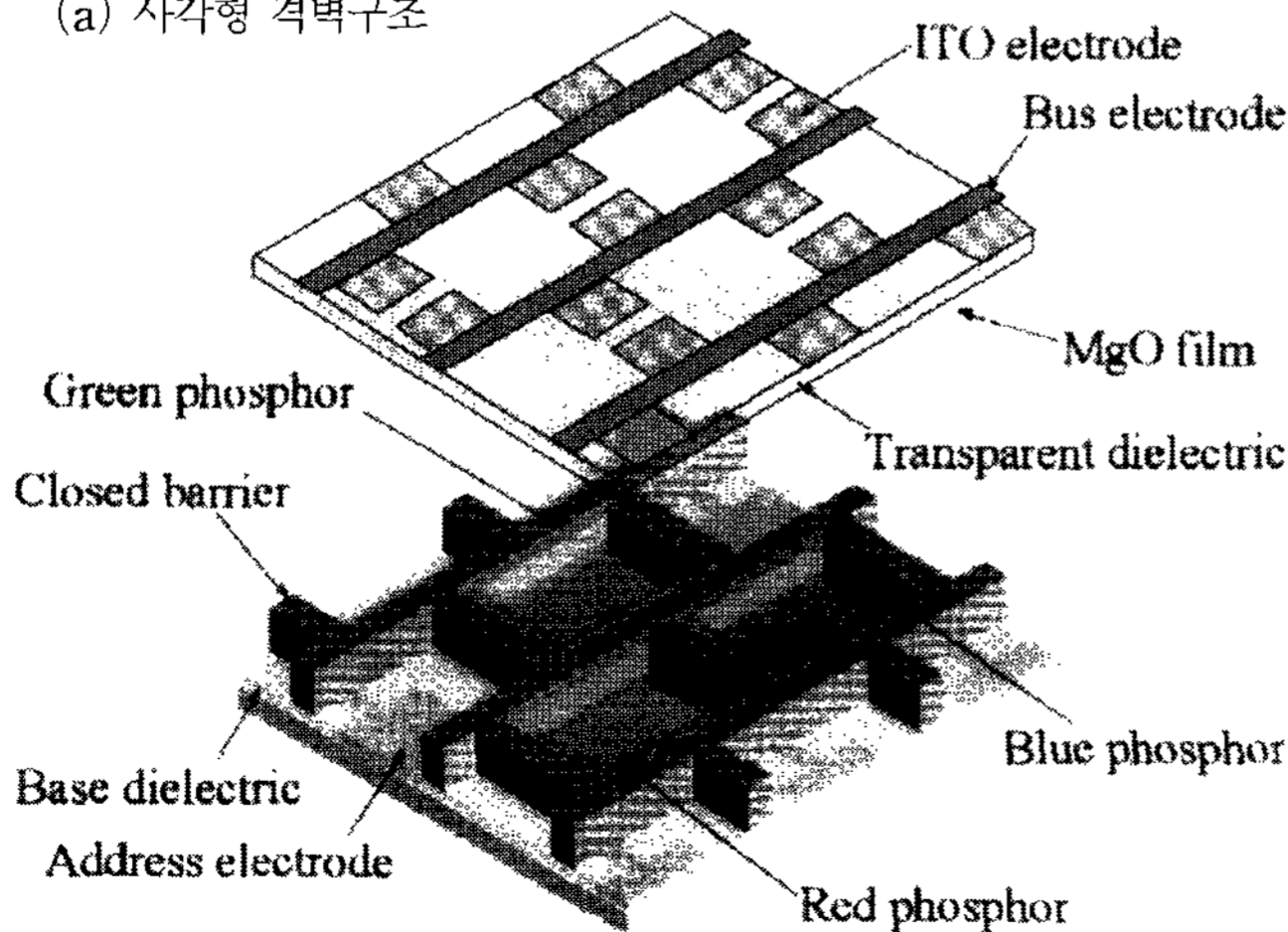
그림 5> 격벽형상 변화에 의한 발광효율 개선의 예



(a) 사각형 격벽구조



(b) SDR구조



(c) SDR 구조의 상하판 개략도

<그림 6> 사각형 격벽구조와 SDR 구조에 의한 발광효율 개선 예



로 보고되고 있다.

<그림 6(a)>는 현재 Pioneer사에서 50인치 제품에 적용하고 있는 사각형의 격벽구조를 나타내고 있다. <그림 5(b)>에서와 같이 격벽을 충분히 활용하여 방전공간과 형광체 도포 면적을 높임으로써 발광효율을 향상시킨 예이다.

<그림 6(b)>는 이러한 사각형 격벽의 변형된 구조로서 SDR (Segmented electrode in Delta color arrayed Rectangular subpixel) 구조라 칭하는 구조이다.<sup>19)</sup> 사각형 격벽의 장점을 살림으로써 휘도를 증가시키는 동시에 상판의 유지전극 또한 <그림 2(b)>와 같은 형태로서 방전전류를 제어할 수 있도록하여 발광효율을 향상시킨 예라 할 수 있다.

### V. 고효율화를 위한 발광 mechanism 변화의 동향

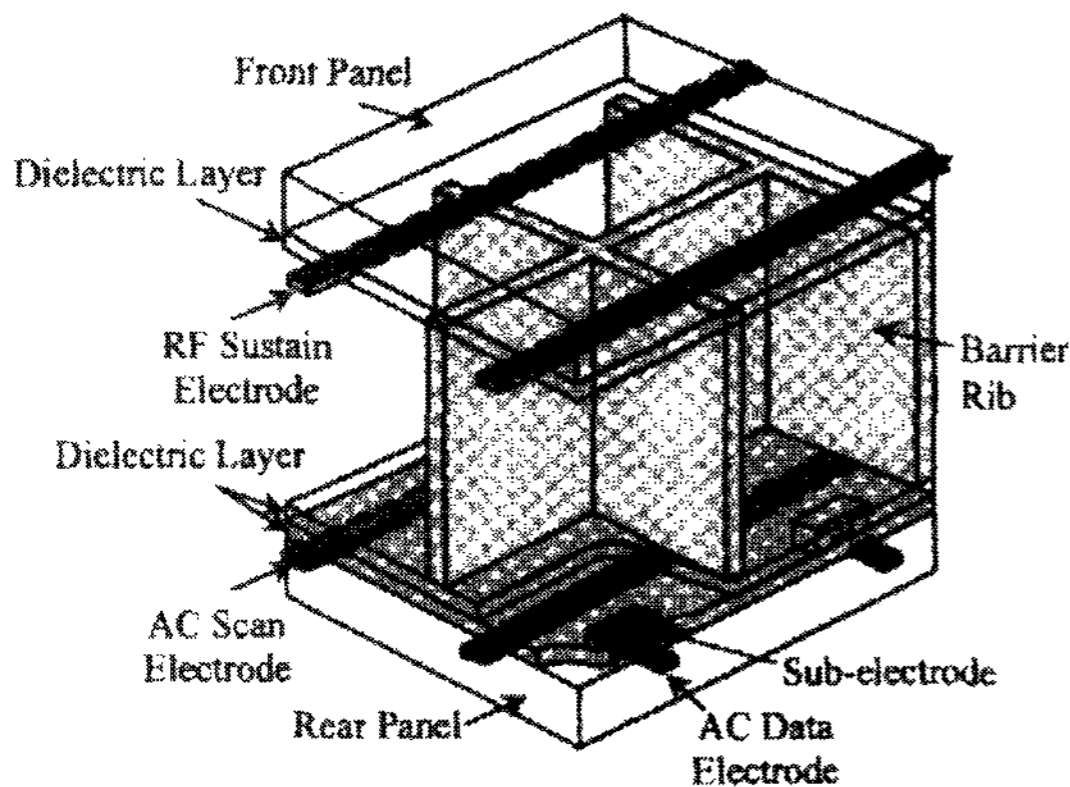
<그림 7(a)>은 격벽의 형상 변화 뿐 아니라 격벽높이를 기존의 구조에 비해 약 5~6배 정도 더 높게 한 대향형 PDP 구조를 취하고 있다.<sup>10)</sup> 이 구조에서는 유지방전 기간 동안 기존의 펄스 형태의 전압을 인가하는 대신 RF power를 이용하여 기존의 20% 정도에 지나지 않던 plasma 내의 Xe 여기 효율을 약 70% 정도까지 상승시킴으로써 약 2000 cd/m<sup>2</sup>의 휘도와 약 4~5lm/W

의 발광효율을 달성한 예라고 할 수있다.

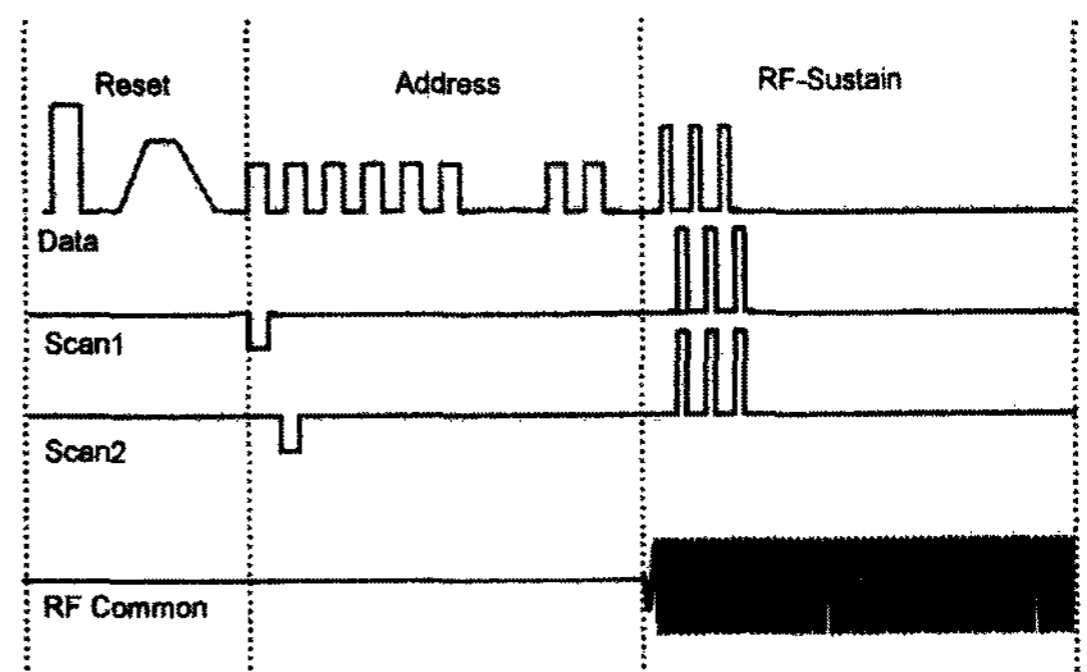
<그림 7(b)>는 RF PDP의 ARS(Address RF-sustain Separated) 구동 방식을 나타내고 있다. Data 전극과 scan 전극간의 초기화 및 addressing 과정을 거쳐 유지기간 동안은 RF sustain 전극과 scan 전극간에 RF power를 인가하여 표시광을 나타내게 된다.

기존의 PDP는 근본적으로 미세한 방전공간으로 인해 발광효율이 낮은 부글로우 영역을 이용할 수 밖에 없었다. 따라서 발광효율이 상대적으로 높은 양광주를 이용하고자 하는 연구자들의 바람이 있어왔지만, 이를 해결할 수 있는 방법이 제안되지 못하였었다. 그러나 DC형 PDP에서 <그림 8>과 같이 양광주를 이용한 PDP 구조가 최근 보고되고 있다.<sup>11)</sup>

<그림 8(a)>와 같이 유지 방전기간동안 먼저 cathode(C)와 On-set anode(AON-SET) 전극간의 address 방전(I구간)을 일으킨 이후에 방전공간 상에 발생한 priming 입자의 도움을 받아 양광주를 발생시킬 수 있는 거리에 떨어져 있는 cathode(C)와 Off-set anode(A OFF-SET) 간의 유지방전(II구간)을 일으키는 구조로 되어 있다. 이 경우 <그림 8(b)>에 나타난 바와 같이 유지기간 동안 동작전압과 방전전류를 감소시킴으로써 power 소비를 줄이고, 휘도를 향상시킴으로써 발광효율을 증가시킬 수 있다.

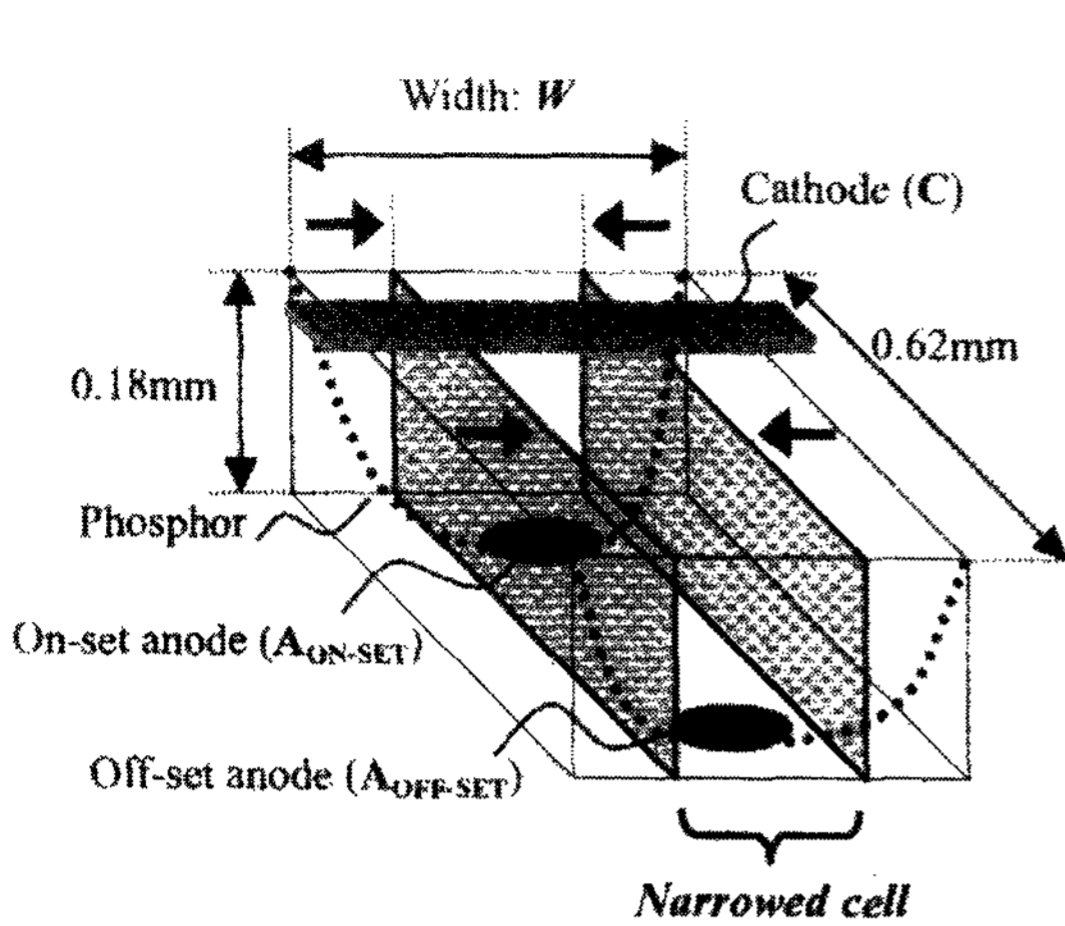


(a) RF PDP의 구조

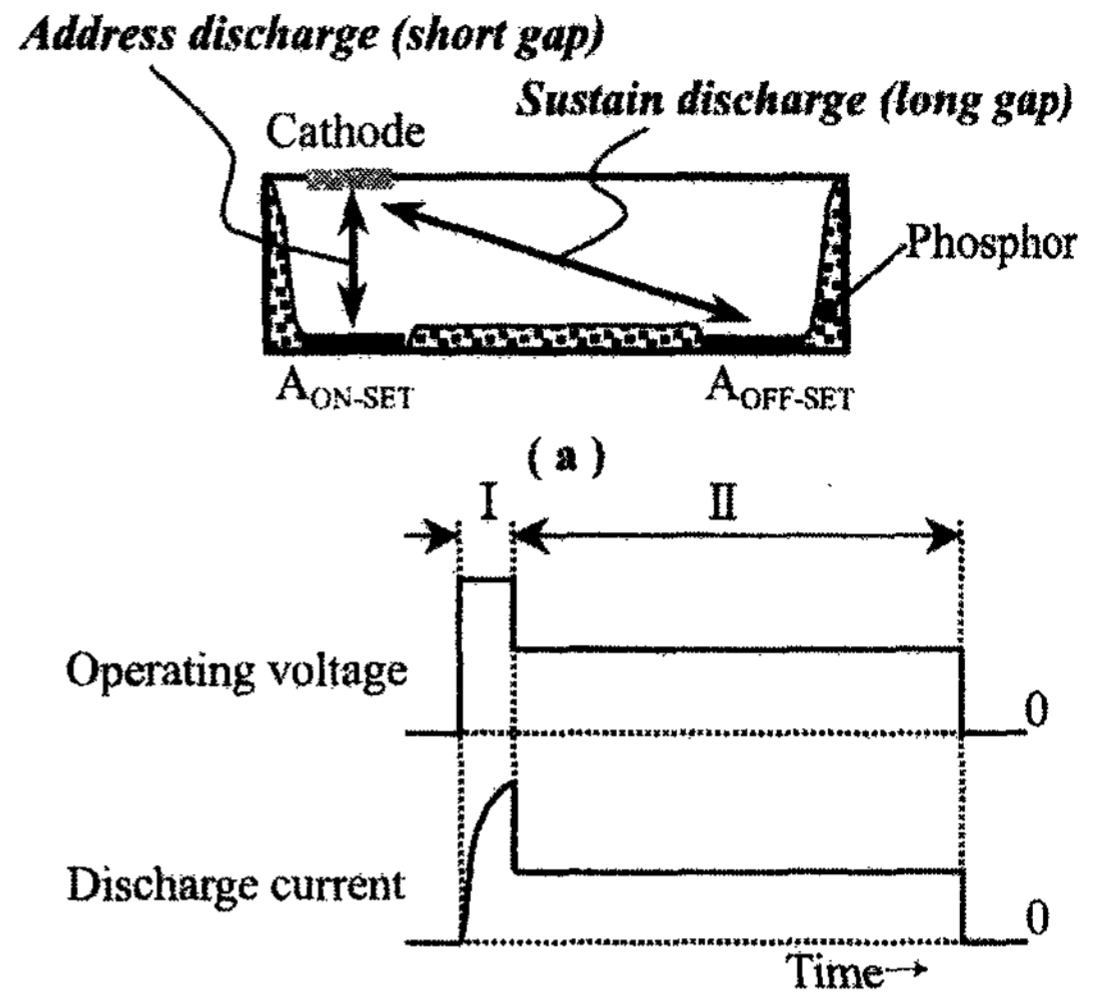


(b) ARS(Address RF-sustain Separated) 구동 방식

<그림 7> RF power를 이용한 발광효율 개선의 예



(a) 양광주를 이용하는 방전 셀의 구조



(b) 3전극 구조의 단면도 및 동작 sequence

〈그림 8〉 양광주를 이용한 발광효율 개선의 예

## VI. 결 론

대형 PDP가 실용화되기 시작한 이후 이미 수년의 시간이 경과하였다. 그 동안 활발한 국내외 연구에 힘입어 PDP의 화질은 CRT와 견줄수 있을 만큼의 레벨까지 개선되어 왔다. 그러나, 저 소비전력화에 의한 발광효율의 향상은 PDP가 안고 있는 하나의 커다란 기술적 과제라 할 수 있다.

앞서 논한 바와 같이 그 동안 방전발광 효율을 향상시키고자 하는 많은 연구가 진행되어 왔었고, 그에 따른 몇몇 방안들이 제안되어 왔지만, 공정상 복잡하다는 등의 결점을 가지고 있는 것도 있어 전면적으로 채용되지 못하고 있는 실정이다. 따라서, 공정상 간단하면서 효율을 향상시킬 수 있는 새로운 구조의 제안이 요구되고 있다. 이를 위해서는 PDP에 대한 보다 기초적인 연구에서부터 산학이 힘을 모아 착실히 진행해 갈 필요가 있다.

## 참 고 문 헌

[1] Micro 放電研究會 2nd PDP summer

school Text, Japan, 2000

- [2] K. Amemiya et al, "Surface Discharge Type Plasma Display Panel", U.S. patent No. 5, 742, 122, Pioneer, 1998
- [3] T. Nishio et al, "High-Luminance and High Definition 50-in.-Diagonal Co-Planar Color PDPs with T-Shaped Electrodes", *SID'99 digest*, pp.268-271, 1999
- [4] C. H. Park et al, "A Study on new Shaped Sustaining Electrode Showing high Luminous Efficiency in AC PDP", *Journal of Information Display*, vol. 2, no. 1, 2001
- [5] Larry F. Weber, "The Promise of Plasma Display for HDTV". *Information Display(SID)*, vol. 16, no. 12, pp.16-20, 2000
- [6] K. Betsui et al, "Method for Fabrication of a Plasma Display Panel", U.S. patent No. 5, 967, 872, Fujitsu, 1999
- [7] Y. Hashimoto et al, "High Luminance and Highly Luminous Efficient AC

- PDP with DelTA Cell Structure”, SID 01 Digest, pp.1328-1331, 2001
- [8] H. G. Park *et al*, “High Luminous Efficiency Barrier Rib Structure in Color AC PDPs”, SID 00 Digest, pp. 719-721, 2000
- [9] C. K. Yoon *et al*, “Luminous Characteristics Analysis of a New SDR Cell Structure AC PDP”, SID 01 Digest, pp.1332-1335, 2001
- [10] J. Kang *et al*, “Panel Performance of RF PDP”, IDW’00 Digest, pp.643-646, 2000
- [11] K. Ishii *et al*, “Discharge Characteristics of Narrowed Positive Column Cell”, IDW’00 Digest, pp.619-622, 2000