

고효율 PDP 기술 동향

황기웅, 김재성(서울대학교 공과대학 전기공학부 플라즈마 연구실)

본 고에서는 최근의 디지털 방송의 개시와 더불어 디지털 방송에 가장 적합한 평판 디스플레이로 주목 받고 있는 플라즈마 디스플레이 패널(PDP)의 효율 개선을 위한 방안에 대해 최근에 학계에 보고된 내용을 중심으로 살펴보고자 한다.

I. 서론

플라즈마 디스플레이 패널은 박형, 경량, 광시야각, 대형화 용이, 디지털 구동 등의 장점으로 90년대 초 컬러화를 기점으로 급속도로 기술이 발전되어 왔다. 올해는 특히, 국내 각사에서 PDP의 양산을 개시함으로써 바야흐로 본격적인 시장 진입을 눈앞에 두고 있다.

따라서 현 시점에서, PDP 상품화의 걸림돌로 지적되어 온 소비전력 과다를 해결할 수 있는 고효율 PDP 기술을 검토해 보는 것은 매우 중요한 일로 생각된다.

PDP는 자발광 소자로 방전에서 발생된 진공 자외선을 이용하여 셀 내의 형광체를 여기시켜 가시광을 얻어내는 원리로 동작한다. 이 과정에서 입력 전력으로부터 최종 가시광을 얻기까지는 여러 단계를 거치게 되는 데 이 각각의 과정에 있어서의 에너지 변환 효율이 좋지 않아 결과적으로 현재의 full color PDP가 보여주는 효율은 1~1.5lm/W 수준이다. 이는 CRT의 3~5lm/W에 비해 낮은 수치로 이로 인해 소비전력이 과다하고, 부가적으로 발열의 문제점을 안고 있다. 특히 PDP의 경우는 목표로 하는 시장이 40" 이상 크기의 HD급의 고해상도영역이기 때

문에 특히 소비전력 과다 문제는 중요한 과제로 시급히 해결해야 될 문제이다.

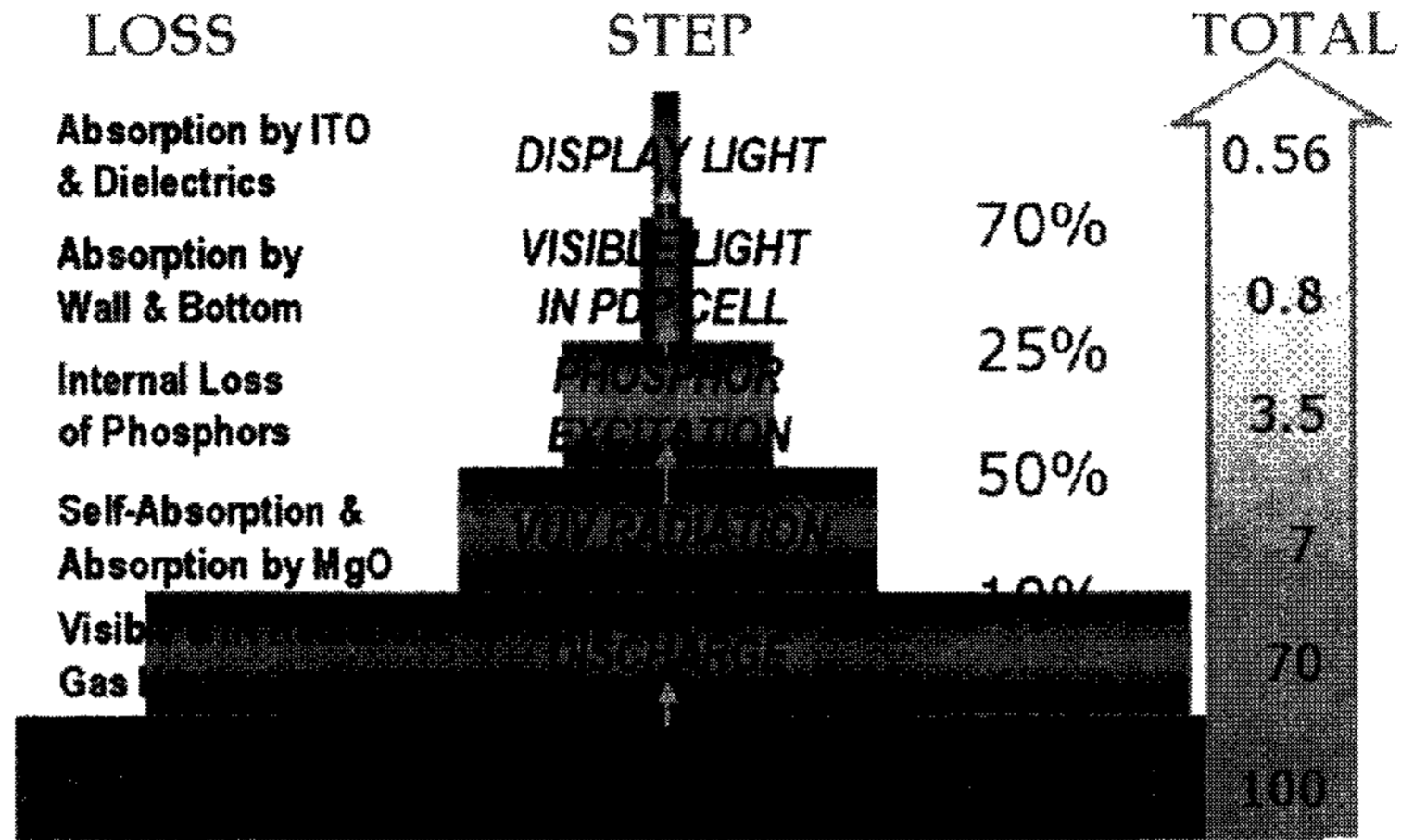
II. 본론

PDP의 소비전력 과다를 개선하기 위해 오래 전부터 학계 및 업계에서 효율을 개선하기 위한 많은 노력을 기울여 왔다. 최근에 학계에 보고된 효율치는 최고 3lm/W에 달하고 있다. 각각의 세부 사례를 들기 전에 먼저 PDP의 효율에 미치는 주요 인자에 대해 잠깐 살펴보기로 하자.

PDP의 효율은 입력 전력에 대해 얼마만큼의 가시광을 얻는가로 결정이 되며, 입력전력이 가시광으로 변환되기까지는 여러 단계를 거치는데 이를 크게 다섯 단계로 구분을 하면, <그림 1>에 도식하였듯이 먼저 플라즈마를 만들기 위한 방전 전력의 입력과정과, 둘째로 입력전력으로부터 방전을 일으켜서 자외선을 얻는 과정, 셋째로 발생된 자외선이 형광체에 도달하기까지의 전달 과정, 넷째로 형광체 표면에서 자외선이 가시광으로 전환되는 과정, 마지막 다섯번째로 발생된 가시광이 다시 시청자의 눈으로 들어오기까지의 과정으로 나눌 수 있다.

이 중 특히 효율이 낮은 과정이 방전으로 생성되는 플라즈마로부터 자외선을 얻는 과정으로 PDP 효율 개선을 위해서는 이 부분의 개선이 절실히 요구되고 있다.

상기 각각의 단계를 염두에 두고 최근 업계 및 학계의 연구 결과를 중심으로 효율 개선 방안에 대해 가스, 구조, 그리고 구동의 세 분야로 나누



〈그림 1〉 에너지 손실 메커니즘

어 살펴보기로 하자.

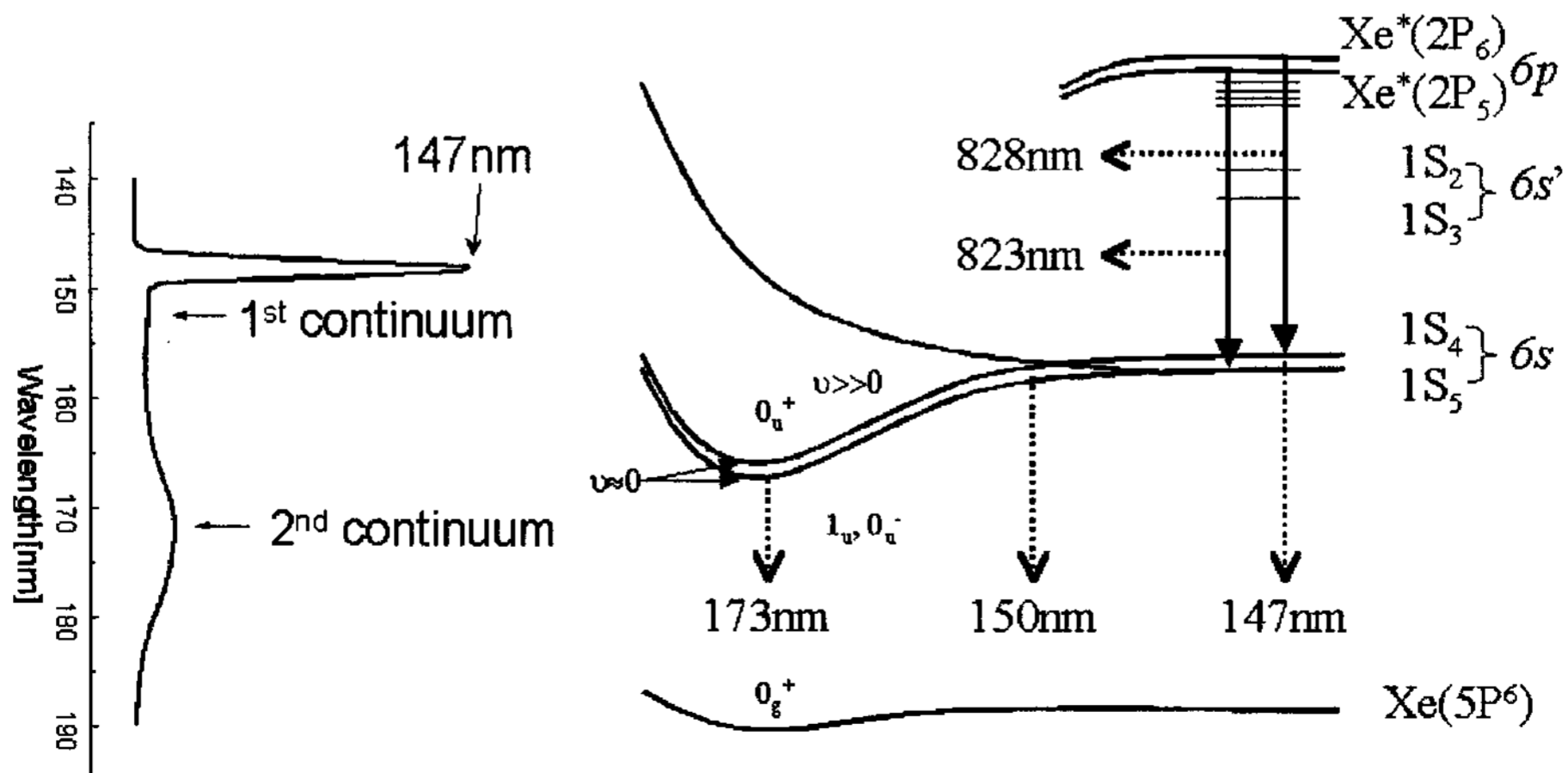
1. 가스 분야

가스의 경우에 있어서 효율에 관련되는 부분은 상기 단계 중, 방전을 일으켜서 자외선을 얻는 과정에 해당하며, Xe 가스 사용 시 147nm와 172nm의 절대량 증대 및 각각의 상대 비율 조절에 영향을 미쳐서 방전 효율 개선 측면에서 상당히 중요한 부분이다. 일반적으로 PDP는 〈그림 2〉에 나타내었듯이 Xe 여기종으로부터 나오는 147nm의 공명선과 Xe Dimer로부터 나오는 172nm를 중심으로 하는 분자선을 이용하고 있으며, 두 자

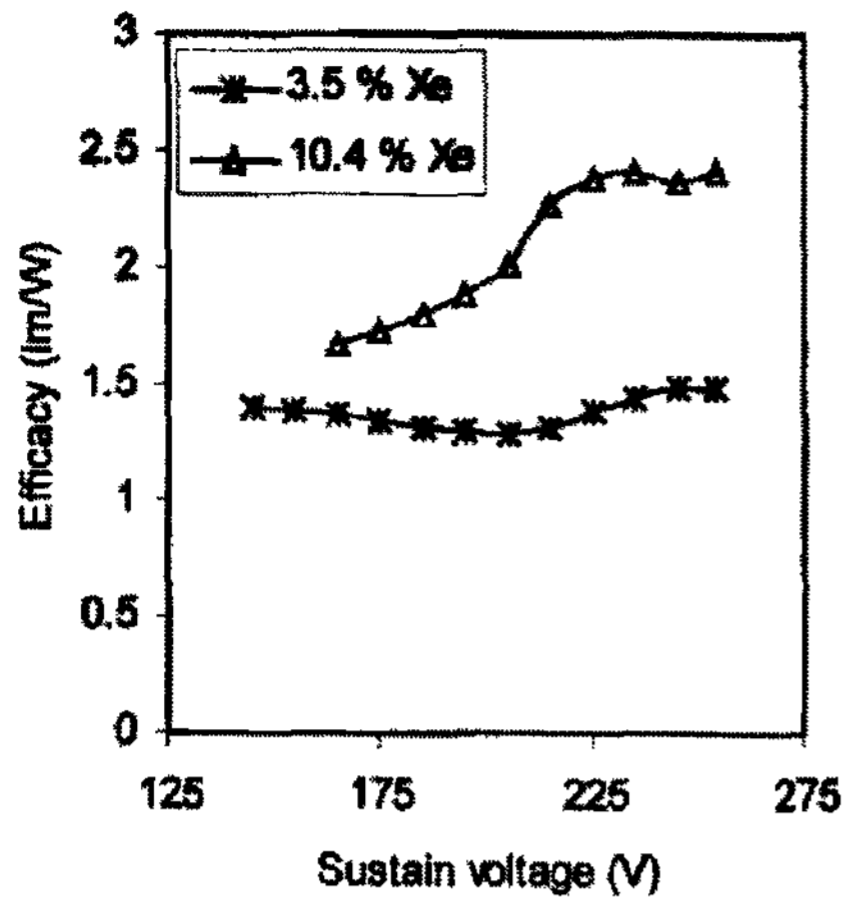
외선의 큰 차이점 중 하나는 147nm는 발생 후 형광체에 도달하기까지 기저 상태의 Xe 원자에 의해 trapping을 겪는 반면, 172nm는 발생 후 trapping 없이 바로 형광체 표면까지 도달할 수 있어 앞서 언급한 세번째 단계의 에너지 전달 효율이 좋다.

사례 1: Xe 함량 증대 (Philips)^[1]

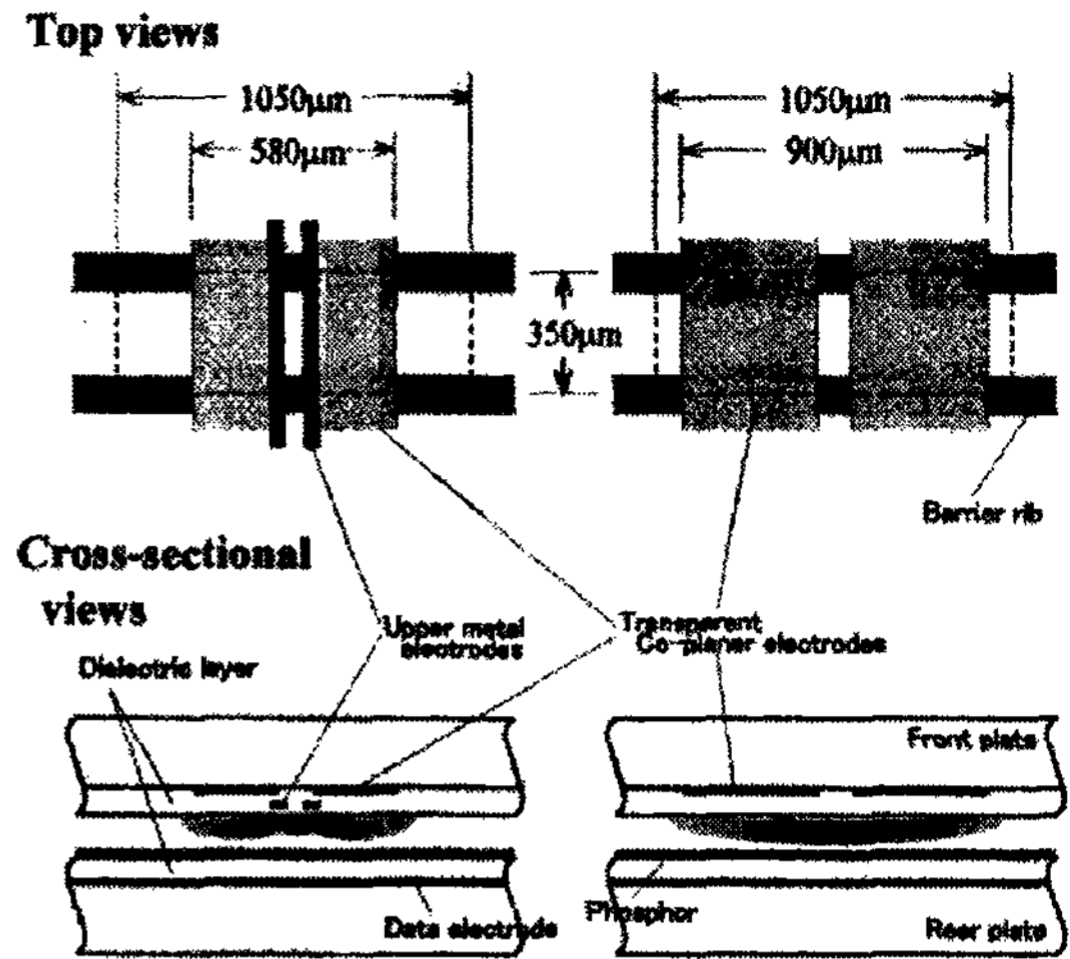
Philips의 경우, Ne-Xe 혼합가스에서 Xe 함량을 10%로 하여 〈그림 3〉, 〈그림 4〉에 나타내었듯이 약 2.3lm/W에 달하는 효율을 얻었다.^[1] 이는 Xe 함량을 많이 할수록 Xe-Xe-Ne의 삼



〈그림 2〉 발광 스펙트럼 및 Xe의 에너지 준위

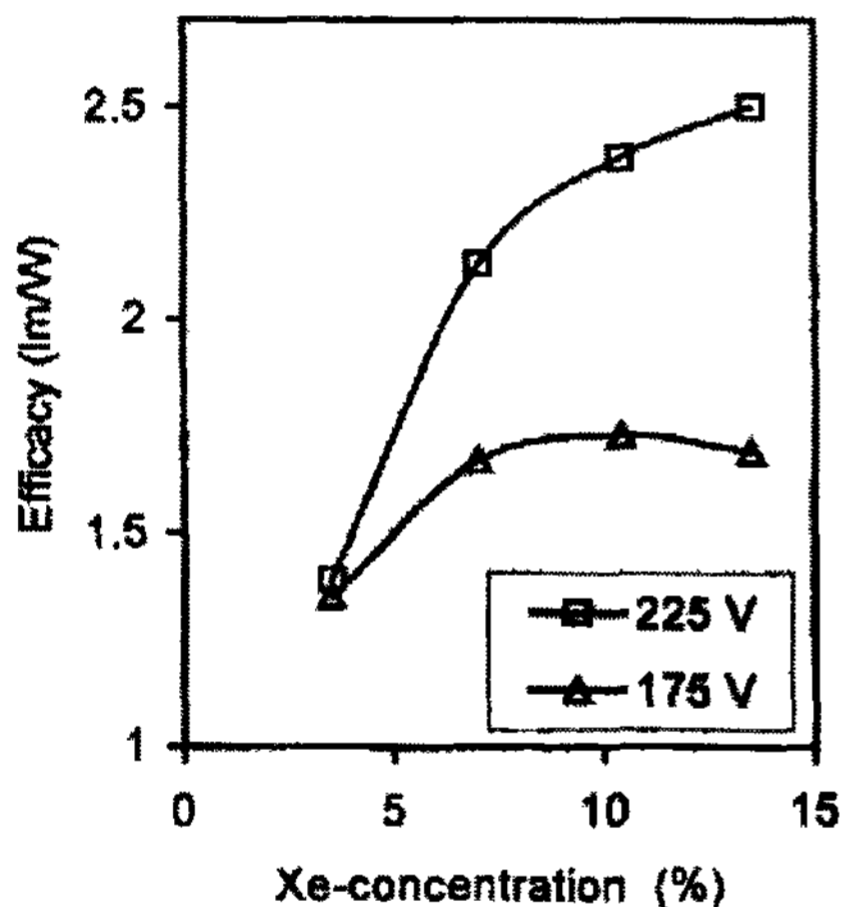


〈그림 3〉 서스테인 전압에 대한 효율 의존성 그림

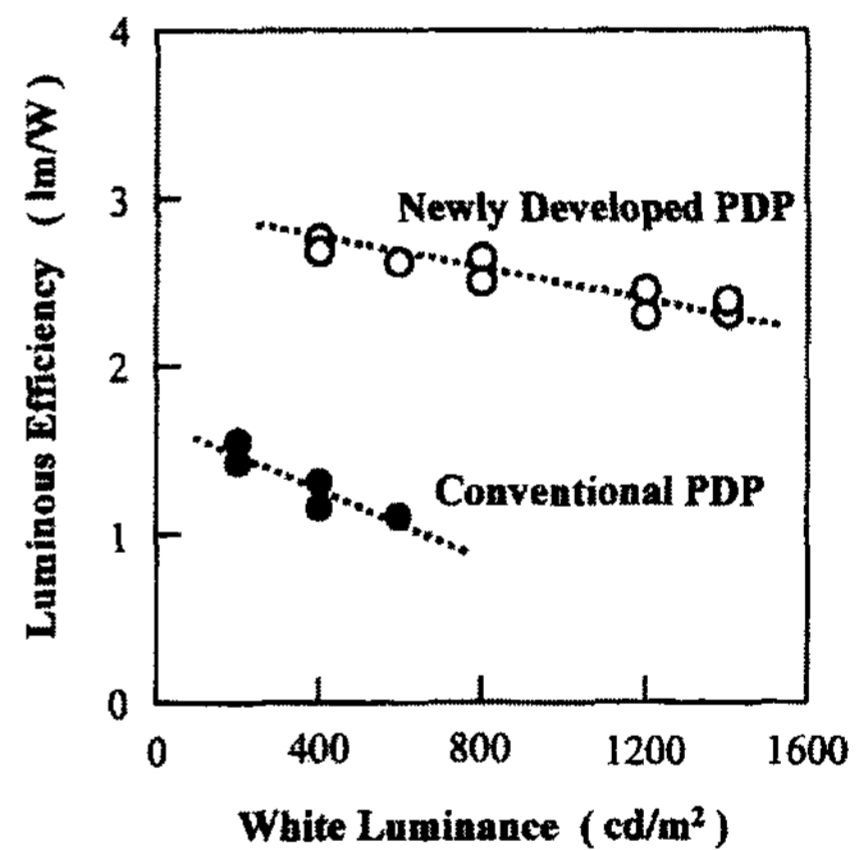


(a) Newly developed PDP (b) Conventional PDP

〈그림 5〉 NEC의 이중 전극 구조 그림



〈그림 4〉 Xe 함량에 대한 효율 의존성



〈그림 6〉 효율과 휘도의 상관관계

체 충돌이 증가하고 이로 인해 Xe Dimer의 생성이 많아져서 172nm의 자외선이 증가한 것으로 생각된다. 그러나 이 경우, Xe 함량의 증가에 따라 구동전압이 상승하므로 실용화에는 적합하지 못하다.

사례 2: Xe 함량 증대 및 전극 구조 개선 (NEC)^[2]

효율 향상을 위해 가스와 더불어 구조까지 개선한 사례로 NEC의 Xe 함량 증대 및 이중전극 구조를 들 수 있다. 이 경우는 Xe 함량 증대로 인한 구동전압의 상승을 억제하기 위해 〈그림 5〉에서와 같이 기존 전극 밑의 유전체층 사이에 보

조전극을 두었으며, Ne-Xe 혼합가스에서 Xe 50%, 250 Torr로 〈그림 6〉에 나타내었듯이 400 cd/m²의 휘도에서 효율 2.5lm/W를 얻었다.

2. 구조 분야

PDP에 있어서 셀 구조는 방전 특성에 큰 영향을 미칠 뿐만 아니라 가시광을 내는 형광체의 도포면적과도 밀접한 관련이 있고, 발생된 가시광의 광학적인 경로에도 영향을 미쳐 앞서 살펴본 에너지 손실 메커니즘의 여러 단계에 모두 영향을 주어 효율과는 상당히 밀접한 관계가 있다. 따라서 효율 개선을 위한 많은 노력이 셀 구조

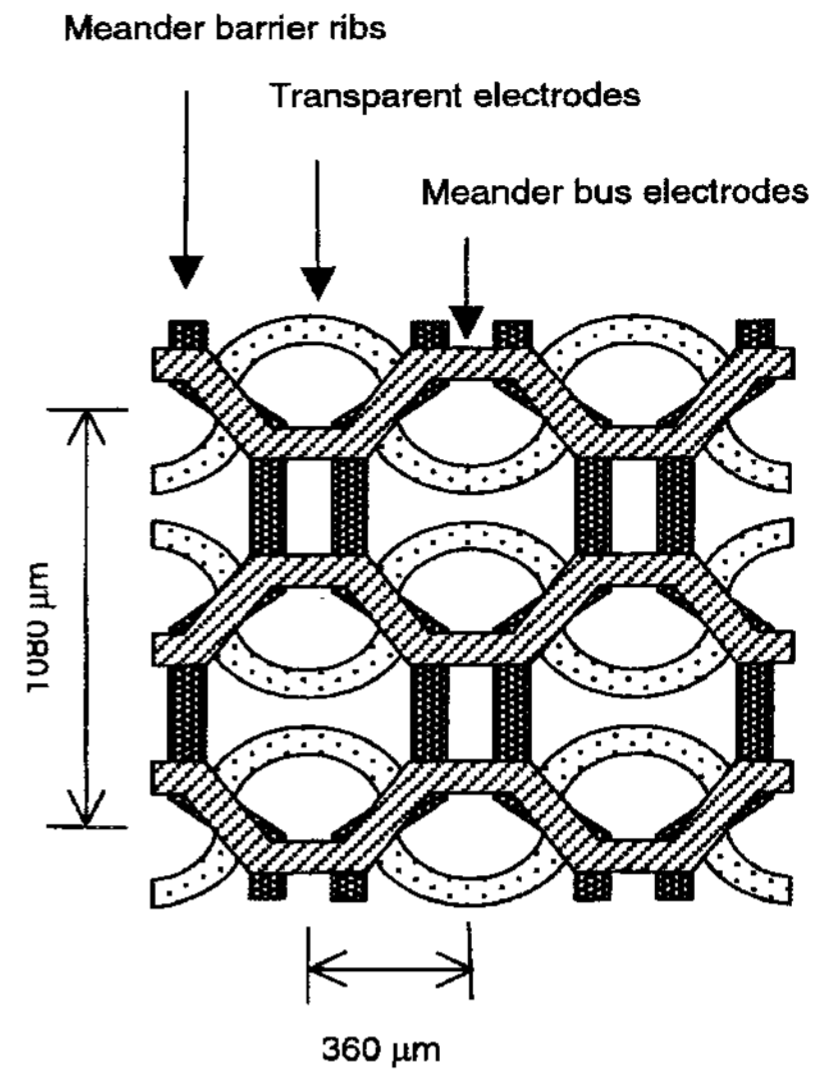
개선에 집중되는 것은 당연한 결과라 할 수 있겠다.

사례 1: T자 전극 구조(Pioneer)^[3]

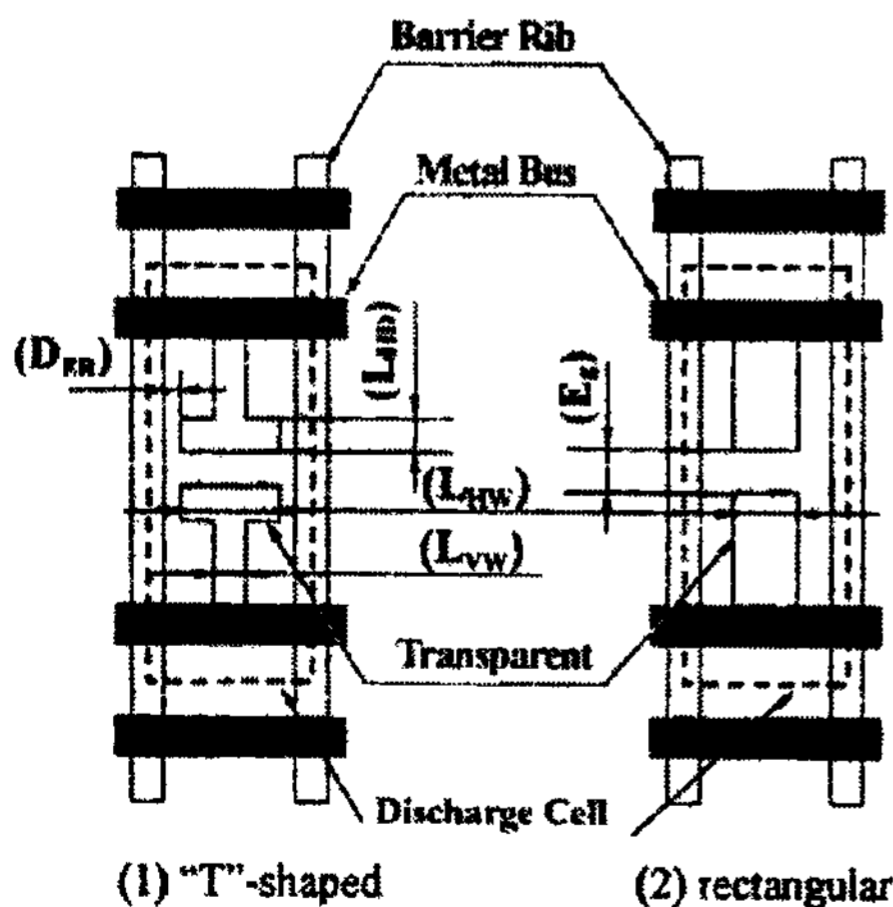
구조를 바꿔 효율을 개선한 첫번째 사례로 Pioneer사의 T자 구조를 들 수 있다. 이 경우는 상판의 전극 구조를 기존의 일자형에서 T자형으로 바꾸으로써 패널의 커패시턴스 값을 낮춤으로써 방전전류를 기존 대비 감소시켰으며 이로 인한 휘도 저하를 보상하기 위해 T자 전극의 길이를 길게 하여 발광부를 넓혔다. 이로써 기존 0.9 lm/W 정도에서 1.2lm/W로 효율을 향상할 수 있었다.

사례 2: Meander 구조(FHP)^[4]

구조를 바꿔 효율을 개선한 두번째 사례로 FHP의 Meander 구조를 들 수 있다. 이 경우 기존 stripe 구조에서 아래의 <그림 9>에서와 같이 delta 배열의 벌집구조를 채택함으로써 한 셀이 차지하는 방전공간을 확대시키고, 그에 따른 형광체의 도포면적을 키움과 동시에 상판 전극



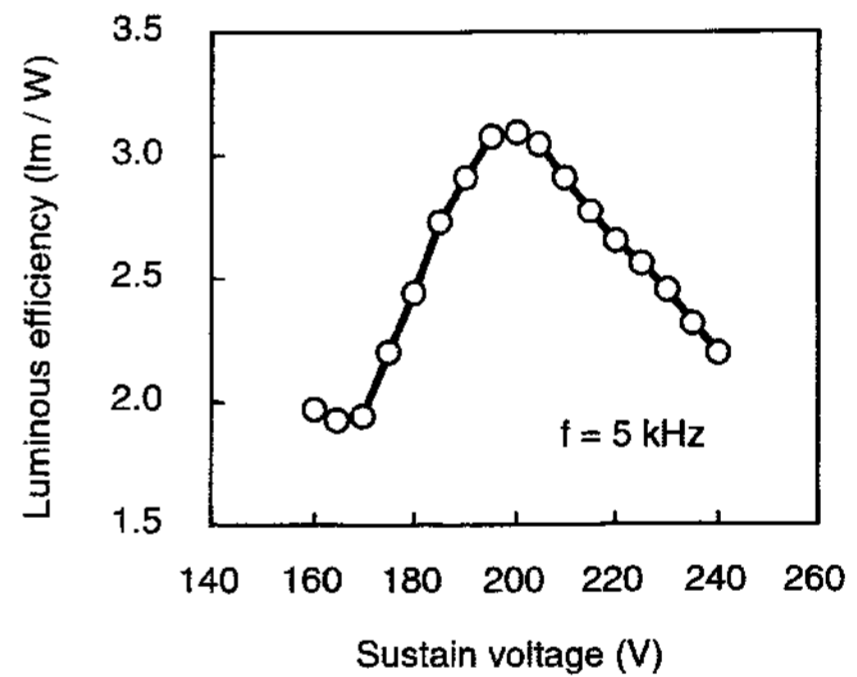
<그림 9> Meander 구조 및 Arc 형상의 전극 구조



<그림 7> T자 전극 구조

	T-shaped	Conventional
Efficiency [lm/W]	> 1.2	0.9

<그림 8> 효율 비교

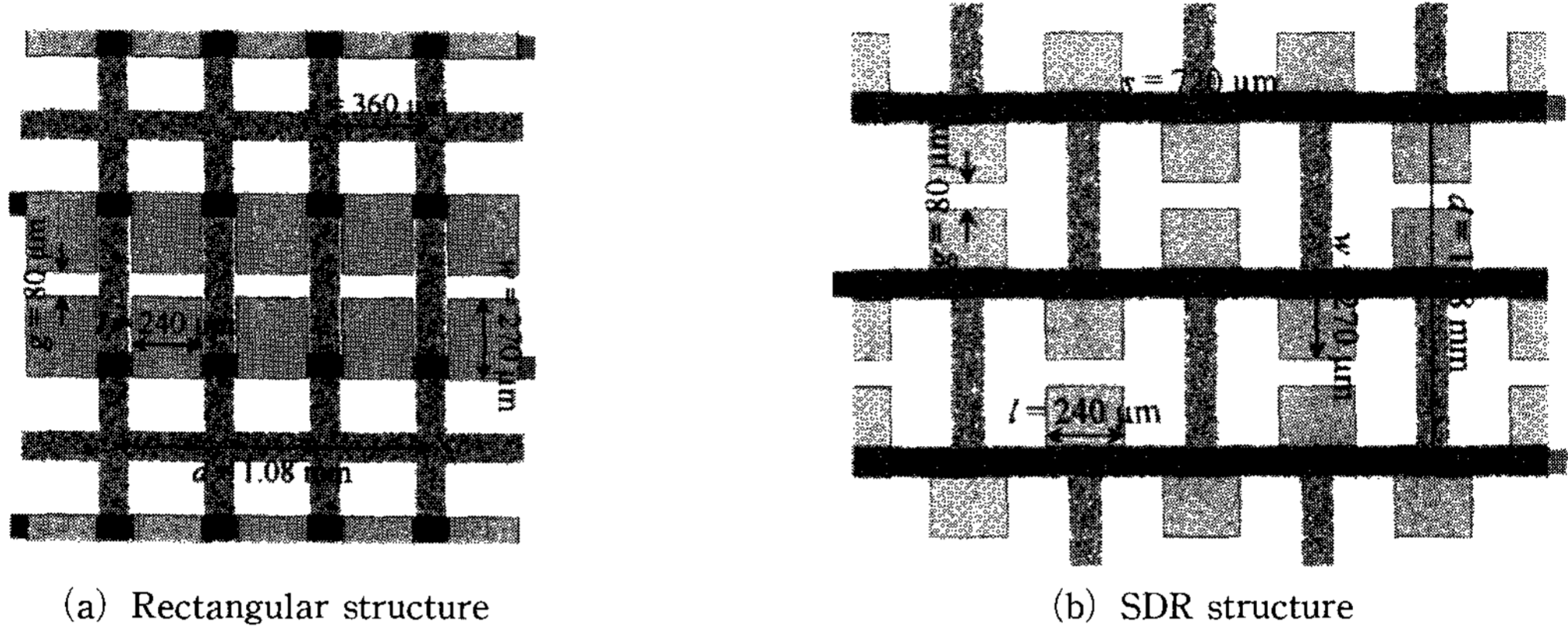


<그림 10> 서스테인전압에 따른 효율

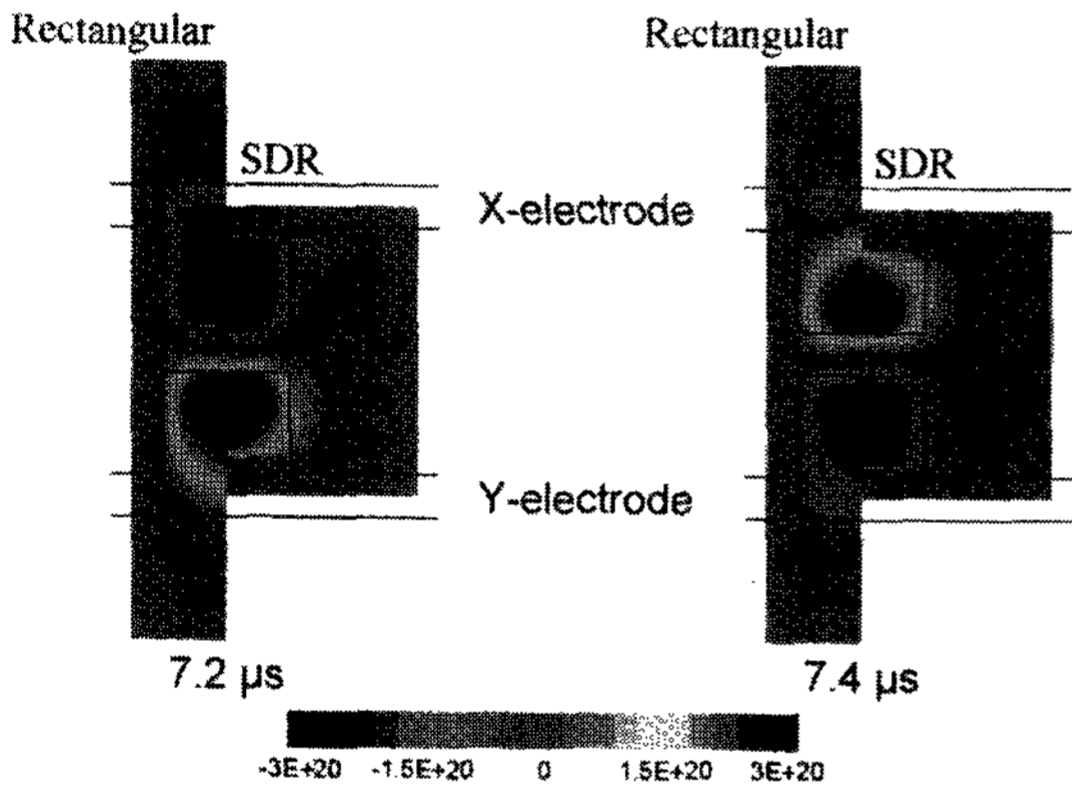
구조의 투명전극을 Arc 형태로 바꿔 셀의 중앙부위는 방전 간격을 좁게 주변부로 갈수록 크게 하여 방전이 중앙부에 집중되게 함으로써 격벽이 방전에 미치는 효과를 최소화하고, 금속 버스전극은 격벽을 따라 Meander 형상으로 제작함으로써 금속전극으로 인한 가시광 차단효과를 최대한 줄여 기존의 Ne-Xe(4%)의 혼합가스를 사용하 고도 <그림 10>에 나타내었듯이 효율 3lm/W를 달성하였다.

사례 3: SDR 구조(서울대)^[5]

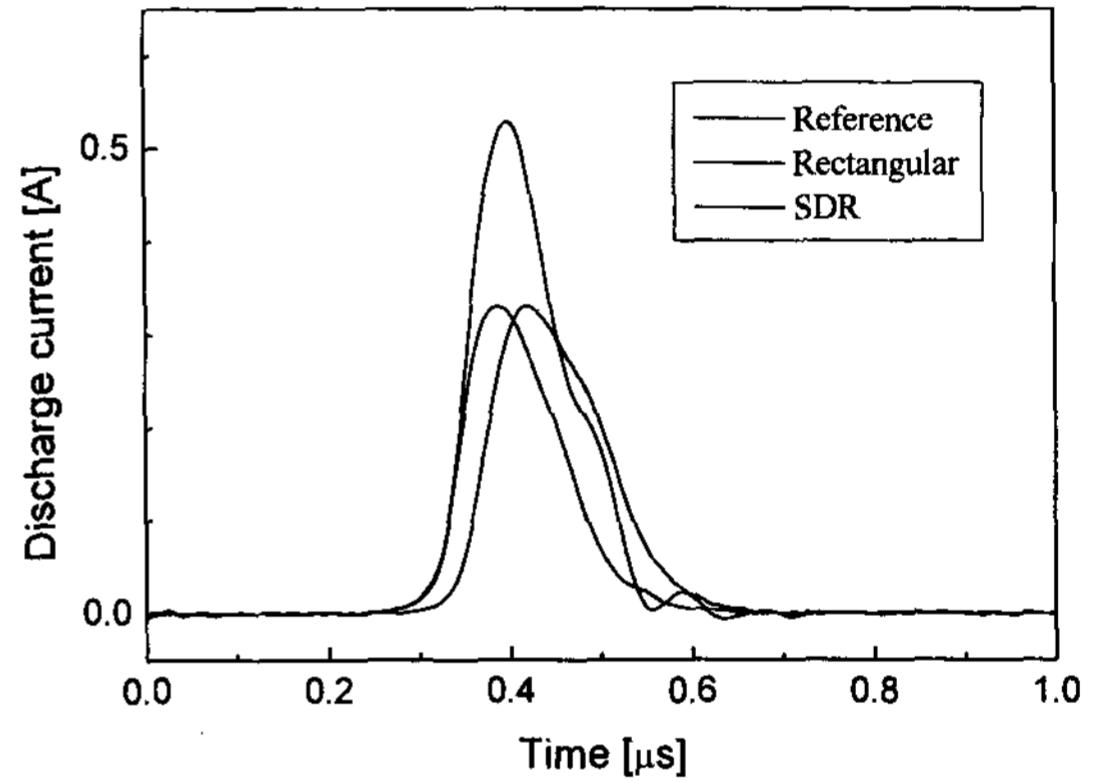
구조를 바꿔 효율을 개선한 세번째 사례로 서울대의 SDR(Segmented electrode in Delta



〈그림 11〉 SDR 구조와 기존 사각구조의 비교



〈그림 12〉 SDR 및 Rectangular 구조에서의 방전 전 (7.2us), 후(7.4us)의 벽전하 분포 비교

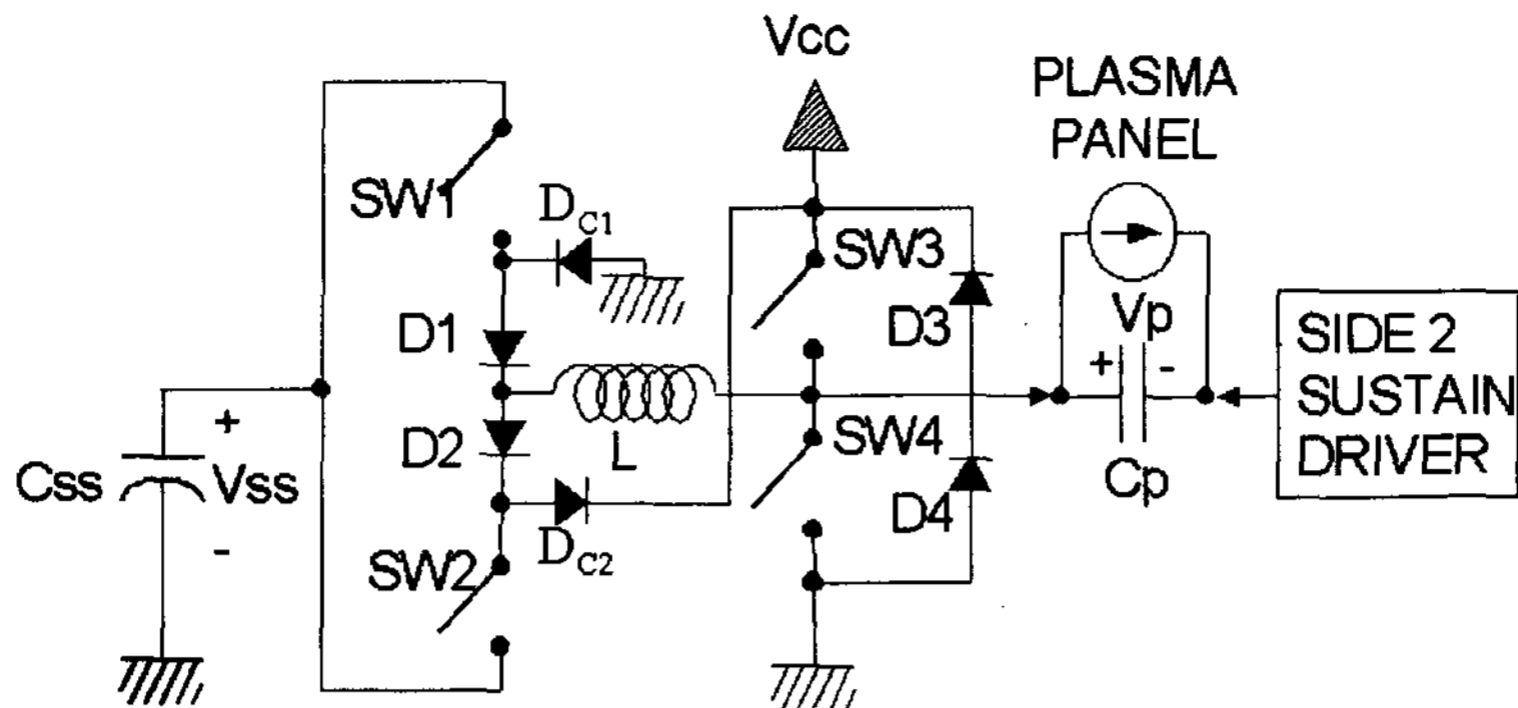


〈그림 13〉 SDR 구조를 포함한 각각의 구조에서의 방전 전류 파형 비교

color arrayed Rectangular sub pixel) 구조를 들 수 있다. 이 구조도 FHP와 같이 R, G, B의 배열이 Delta 형상을 이루며, 각각의 셀이 〈그림 11〉에서와 같이 4:3의 가로세로 비로 기존 1:3의 stripe 구조에 비해 방전공간이 넓고, 격벽으로부터 방전공간이 멀리 떨어져 있어 하전 입자의 손실이 줄어드는 것을 〈그림 12〉의 시뮬레이션 결과를 통해 알 수 있다. 또한 시뮬레이션 결과의 벽전하 분포에서 알 수 있듯이 벽전하의 손실이 줄어들므로써 〈그림 13〉에서와 같이 방전이 일찍 시작되는 것을 실험을 통해서도 확인할 수 있었다. 이 구조는 휘도와 효율이 동시에 개선이 되는 특징을 갖고 있으며, 최대 효율이 2.5 lm/W가 얻어짐을 보고하고 있다.

3. 구동 분야

구동 분야는 상기 에너지 손실 메커니즘의 각 단계 중 입력 전력의 회로손실과 밀접한 관계가 있다. AC PDP의 경우, 패널의 커패시턴스로 인해 구동시에 충방전에 따른 무효전력손실이 발생하여 42" 패널의 경우, full color 표시 시 100W가 넘을 정도로 커 이를 에너지 회수 회로를 사용하여 보상할 필요가 있다. 에너지 회수 회로는 대부분 LC 공진 회로를 사용하며 〈그림 14〉와 같은 일리노이 대학의 에너지 회수 회로가 제안된 후, 외부 커패시터 C_{ss} 를 사용하지 않고 패널의 내부 커패시턴스를 이용하는 회로와 같은 새로운 회수 회로가 제안되고 있고, 대부분의 경우 회수율이 90% 정도에 이른다. 입력 전력의 손실



〈그림 14〉 에너지 회수 회로

은 무효전력 손실 외에도 전도 손실이나 스위칭 손실이 있으며 이를 줄이기 위해서는 구동 전압과 주파수를 낮출 필요가 있으나, 구동전압은 패널의 방전 특성에 의해 결정이 되며, 구동 주파수는 휘도 레벨을 유지하기 위해서는 줄일 수 있는 범위가 한정되어 있어 아직까지는 이들을 낮출 수 있는 좋은 방법이 제시되지 못하고 있는 실정이다.

III. 결 론

PDP의 효율을 향상시키기 위해서는 앞서 살펴본 바와 같이 가스 측면에서의 Xe 함량 증대를 통한 172nm의 효과적인 생성 및 활용, 구조적인 면에서의 전극형상 변화를 통한 방전전류의 감소 방안, 셀 구조 변경을 통한 방전공간 확대 및 형광체 도포 면적의 증대, 그리고 구동적인 면에서의 충방전 손실을 감소하기 위한 고효율 에너지 회수 회로의 사용 등과 같은 방법의 사용을 통해 가까운 시일 내에 3lm/W 정도의 효율을 달성할 수 있을 것으로 보여지며, 이외에도 형광체의 효율 개선과 MgO를 능가하는 신보호막의

개발 등과 같은 재료분야의 개선이 이루어진다면 PDP가 최종 목표로 하는 효율 5lm/W의 달성은 불가능하지만은 않으리라 생각된다.

참 고 문 헌

- [1] G. Oversluizen, S. de Zwart, S. van Heusden and T. Dekker, IDW'99, p.591 (1999)
- [2] T. Yoshoka, A. Miyakoshi, A. Okigawa, E. Mizobata and K. Tori, IWD'00, p.611 (2000)
- [3] T. Nishio, K. Amemiya, SID'99, p.268 (1999)
- [4] Y. Hashimoto, Y. Seo, O. Toyoda, K. Betsui, T. Kosaka and F. Namiki, SID'01, p.1328 (2001)
- [5] C. K. Yoon, Y. J. Kim, J. H. Seo, M. S. Yoo, C. B. Park, W. J. Chung, J. H. Yang, and K. W. Whang, SID'01, p.1332 (2001)