

PDP의 방전기술을 이용한 평면광원 기술개발 현황

염정덕 <경주대학교 컴퓨터전자공학부 교수>

1. 서론

양질의 조명환경을 소비자에게 제공하기 위해서 광원은 점광원에서 선광원으로 발전하고 궁극적으로는 면광원화되는 것이 바람직하다. 그러나 현재 상용화되어 있는 광원은 점광원과 선광원이 대부분이므로 이들 대비 우수한 특성을 가지는 면광원의 개발이 시급하다. 또한 LCD(Liquid Crystal Display)의 보급 확대 및 대화면화로 보다 대면적의 고휘도, 고균제도(uniformity)를 가지는 면광원에 대한 요구가 날로 높아져 가고 있는 실정이다.

면광원에 관한 연구는 전계 발광 고체소자인 EL(Electro Luminescent)을 활용한 연구가 그 시초이나 휘도 확보 측면에서 한계에 부딪쳐 대중화를 보지 못하였다. 이후 LCD가 보급되면서 대화면 LCD의 배면광원(back-light)용으로 사용되는 고효율, 고휘도 그리고 높은 휘도 균제도를 가지는 면광원에 대한 요구가 증대되고 이에 따라 정보 디스플레이 분야에서 면광원에 대한 연구가 다시 시작되었다. 최근의 연구결과를 보면 현재 독일의 OSRAM이 상품화 단계에 와있으며 일본의 Hitachi, 네덜란드의 Philips등이 지속적으로 연구하고 있고 국내에서도 일부 기업과 대학에서 연구개발을 시작하고 있는 단계이다. 이러한 연구는 현재 상용화되어 있는 대화면 디스플레이인 PDP(Plasma Display Panel)의 방전구조인 교류형 면방전 구조를 응용하면서부터 상당히 진전을 보게 되었는데 최근의 연구결과들은

5000[cd/m²] 이상의 고휘도를 달성한 것으로 보고되고 있다.

2. PDP의 방전구조를 이용한 평면광원 기술

2.1 PDP의 방전구조

그림 1은 현재 상용화 되어 있는 PDP의 방전구조로써 3전극 면방전 교류구동형 PDP의 구조이다. 두 장의 유리기관 사이에 격벽을 형성하여 방전공간을 만들고 상판유리에는 두개의 투명한 평행전극 X, Y전극을 만들고 그 위를 투명한 유전층으로 도포하고 MgO의 보호막을 입힌다. 하판유리에는 이들 X, Y전극에 직교하는 방향으로 데이터 전극을 만들고 그 위에 유전층과 적, 청, 녹색의 가시광 방사특성을 가지는 형광층을 형성한다. 통상적으로 방전공간에는 Xe, Ar, Ne 등의 기체가 채워져 있고 Xe 방전에서 발생하는 147(nm)의 진공자외선(VUV)을 이용하여 하판에 도포된 형광층을 여기시켜 가시광선을 얻는다.

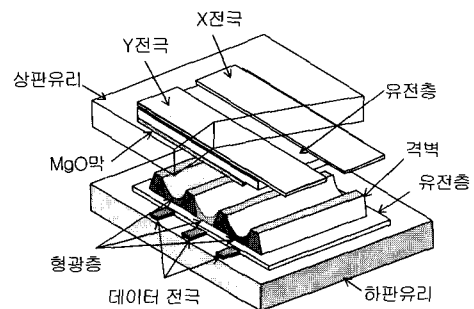


그림 1. PDP의 구조

그림 2는 PDP의 방전구조를 이용한 면광원의 기본 구조이다. 그림에서 보이는 것과 같이 두장의 유리 기판 사이에 격벽으로 방전공간을 만들고 상판 유리에는 X, Y 전극을 평행하게 설치하고 그 위에 투명유전층을 도포하여 절연한다. 하판 유리에는 형광층을 도포한다. X, Y 전극에 수십 [kHz]의 교류전압을 인가하면 방전공간 안에서 방전이 개시되고 이때 생성된 자외선이 형광층을 여기시켜 가시광선을 발생시키는 구조로 되어 있다.

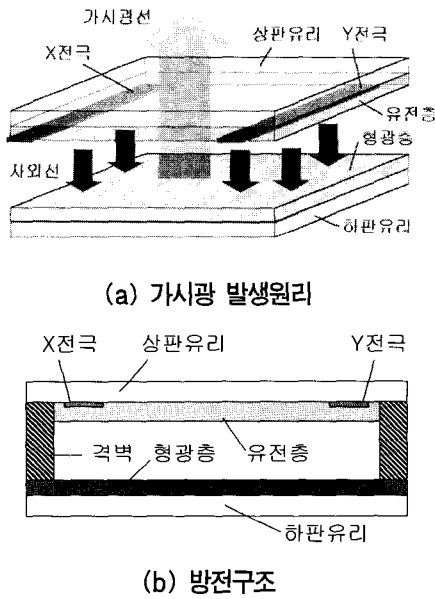


그림 2. PDP 방전구조를 이용한 면광원

2.2 PDP의 면방전 기술을 응용한 LCD 배면 광원

1999년에 Hitachi(일)는 전기통신대학(일)과 함께 차량탑재용 운항시스템의 LCD에 사용할 목적으로 0.5인치부터 5.2인치의 다양한 LCD용 평판 배면 광원에 대한 연구결과를 발표하였다[1]. 패널의 구조는 그림 3에 나타나 있으며 그 원리는 위에서 서술한 바와 동일하다. 봉입기체로는 Ar, Ne(32%)에 Xe(8%)을 혼합하여 사용한다. 구동전압은 10kHz,

1.5kV의 구형파 펄스전압을 인가하였고 AC PDP와 같이 한주기 마다 극성이 반대로 되어 유전체 표면에 축적되는 벽전하에 의해 방전이 유지된다. 연구결과에서 이 패널은 10000(cd/m²)의 최대 휘도 및 20~30 (lm/W)의 효율을 얻었다고 발표되었다. 한편 대각 5.2인치 Ar, Kr(10%)와 Hg를 사용한 패널은 10[kHz], 800[V]의 구형파 펄스 전압을 인가하여 최대 휘도 30000(cd/m²), 광효율 50(lm/W)을 달성하였다고 보고되고 있다.

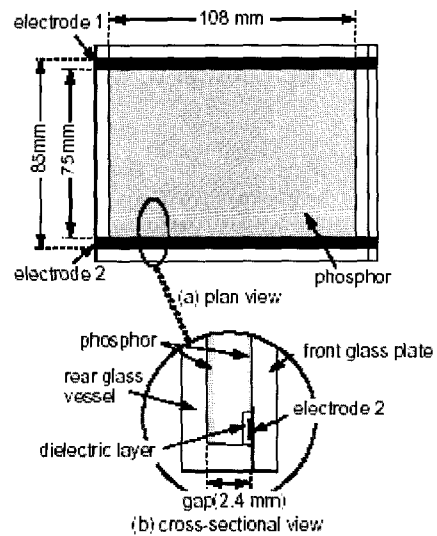


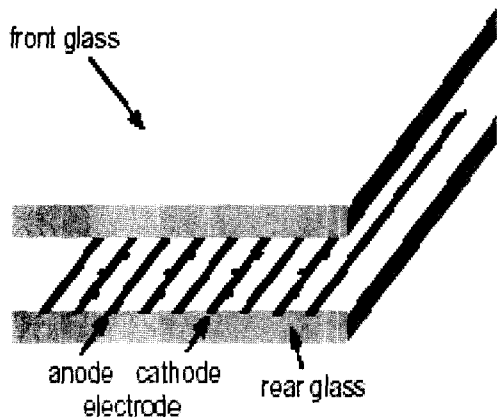
그림 3. PDP의 면방전 기술을 이용한 평판 광원

국내에서는 단국대학교와 삼성 종합기술원등에서 Hitachi 방식의 개량 구조에 대한 연구를 하고 그 결과를 발표하였다. 단국대의 연구결과는 방전기체로 Xe기체를 이용하였고 면방전의 기본 구조는 Hitachi의 연구와 같으나 하판 유리기판 바깥부분에 접지준위의 전극을 설치하였다. 연구결과 50[kHz], 1.4[kV]의 정현파 교류전압을 인가하여 5600(cd/m²)를 얻었다고 보고되었다[2]. 삼성 종합기술원에서는 역시 Xe 방전에서 방출되는 VUV 자외선을 이용한 면광원으로써 상, 하판의 양쪽에 면방전 전극을

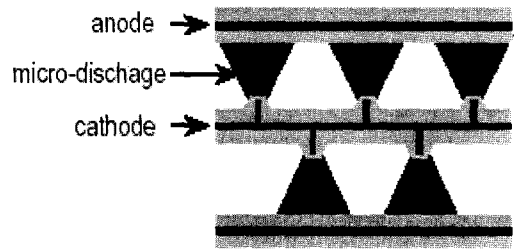
모두 설치한 방전 구조의 기초적인 연구결과를 발표하였다[3].

3. 무수은 미소방전 평판 램프

OSRAM(독)은 PLANON이라는 상표로 그림 4와 같은 LCD 배면광원용 면광원에 대한 연구결과를 2000년 SID(Society for Information Display)에 발표하였으며 2003년 SID에서는 10.4인치와 21.3인치의 시작품을 전시회에 출품하였다[4]. 이 면광원의 구조는 하판 유리기판에 미소 면방전을 일으키는 복수개의 평행한 전극들을 설치한 것으로 음극에는 그림 4의 (b)와 같이 돌기가 나와있다. 양극과 음극사이에 PDP와 같이 펄스전압을 인가하여 삼각형 형태의 수많은 미소방전을 일으키고 이들 미소방전에서 방출되는 자외선이 형광체를 여기시켜 가시광선을 발생시키는 구조이다. 봉입된 방전기체로는 Xe를 사용하였으며 인가전압은 수 [kV]이고 광효율 28[lm/W], 휘도 5000[cd/m²]를 얻었다[5]. OSRAM의 설명에 의하면 휘도 균제도를 개선하기 위하여 형광체의 도포 형태를 개량하였으며 10만시간 정도의 장수명을 가지는 것이 특징이라고 한다.



(a) 패널 구조



(b) 전극구조의 상세도

그림 4. 미소방전에 의한 평면광원

4. 유전장벽방전을 이용한 평면광원기술

4.1 유전장벽방전의 원리

유전장벽방전(Dielectric Barrier Discharge)은 무성(無聲)방전(Silent Discharge)이라고도 하며 이 유전장벽방전은 0.1-10bar의 비교적 고압에서 동작시킬 수 있는 비평형 과도 글로우 방전이다. 이 방전은 오래전부터 공업적인 오존 생성장치나 고준위 이합체(excimer)의 형성에 응용되어 왔으며 근래에 들어 새로운 강력한 자외선(UV)과 진공자외선(VUV; Vacuum Ultra Violet) 광원에 대한 가능성을 보여주는 연구결과들이 나와 있다[6][7][8] [9].

여기서는 그림 5에서 보인 것과 같은 평행하게 설치된 두 개의 평판 전극 사이에서의 유전장벽방전의 형성에 대해서만 설명한다. 각각의 전극은 유전체로 절연되어 있으며 사이에 방전기체가 채워져있다. 두 전극사이에 수십[kHz], 수[kV]의 정현파 교류전압을 인가하면 절연파괴가 일어나고 방전이 두 유전체층 사이에서 일어난다. 일반적으로 고압 기체에서 일어나는 유전장벽방전은 매우 많은 수의 아주 미소한 원통형 필라멘트 형상의 전류 흐름으로 구성되어 있다.

이 필라멘트 형상의 미소방전(micro discharge)은 지름이 100[μm] 수준이며 그들은 통상적으로 100[ns] 보다 짧은 수명을 가진다. 압력이 낮아질수

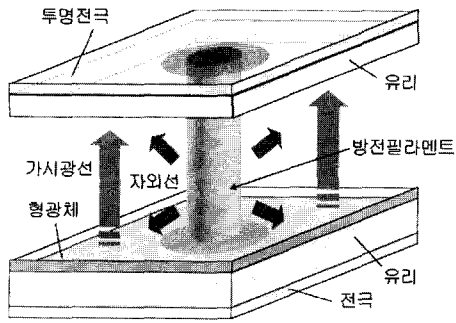
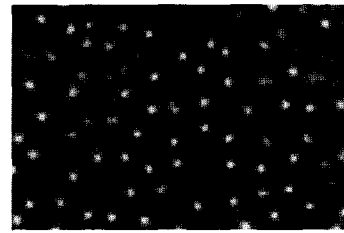


그림 5. 유전장벽방전을 설명하기 위한 방전구조

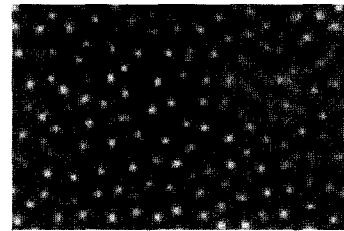
록 필라멘트의 직경은 증가하고 그 수가 더 많아지며 전극 전면에 더 확산해서 보이는 경향이 있다. 압력이 더욱 더 낮아지면 유전장벽방전의 필라멘트 구조에서 글로우 방전의 구조로 천이 되면서 전극 전면에 더욱 확산된 외관으로 나타난다. 그림 6은 인가전압에 의한 유전장벽방전의 발생 특성을 보인 것이다. 주파수를 20[kHz]로 유지한 상태에서 (a)에서 (e)로 갈수록 인가전압을 증가시켰다. 이 사진들은 패널의 전면에서 얻은 영상이며 그림 5에 보인 것과 같이 하판 유리에 형광물질이 도포되어 있어 Xe 방전에서 방출된 VUV가 형광체를 여기시켜 가시광을 발광하도록 되어 있다. 여기서 인가전압을 점점 증가시키면 방전에 의한 필라멘트의 수가 증가하여 최종적으로는 패널 전면으로 확산되는 것을 알 수가 있다. 이 유전장벽방전은 붕입 기체의 공진선 복사 뿐만 아니라 중합체(dimer), 삼중합체(trimer) 고준위 이합체(excimer)를 생성시키고 여기시켜 다양한 파장대역의 복사선을 얻을 수가 있다.

4.2 유전장벽방전을 이용한 LCD 배면광원용 램프

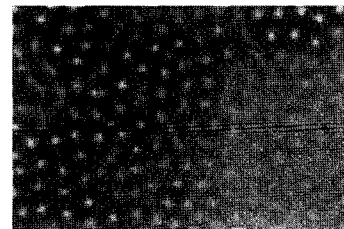
1996년에 유전장벽방전(Dielectric Barrier Discharge)을 이용한 교류 면방전형 평판 방전램프



(a)



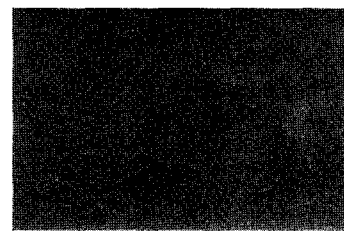
(b)



(c)



(d)



(e)

그림 6. 인가전압과 유전장벽방전의 필라멘트 발생특성과의 관계

의 연구 결과가 발표되었다(5). 이 기술은 패널 전면 에 필라멘트 형상의 0.1(mm)의 작은 방전을 발생시켜 이 방전에서 발생하는 Xe의 이원자분자(dimer) 복사선 (172nm)에 의해 형광체를 여기시킨다. 유전장벽방전은 방전의 수축을 방지할 수 있고 광효율이 증가되는 장점을 지닌다. 패널 구조는 그림 7과 같이 상판의 전면에 투명한 전극을 형성하고 그 위에 투명한 유전체 층을 형성한다. 하판에는 금속전극과 유전체 층을 형성한다. 그리고 유전체층 안쪽에는 형광체를 도포한다. 봉입된 방전기체는 Xe이며 20(kHz), 1(kV)의 정현파 교류를 인가하여 대각 18인치크기의 패널에서 광효율 27(lm/W), 최대 휘도 6000(cd/m²)를 달성하였다고 보고되고 있다. 그러나 형광체가 방전면에 접해 있어서 쉽게 손상되어 수명이 단축될 우려가 있다.

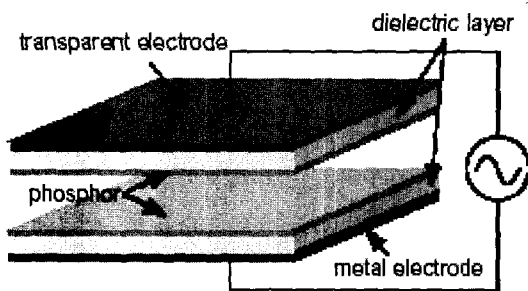


그림 7. 유전장벽방전을 이용한 평면 광원

5. 결 론

최근 LCD의 대중화 및 대화면화에 힘입어 LCD 배면광원용 면광원의 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 평면광원 연구의 방향은 크게 PDP의 면방전기술을 응용하는 분야와 삼원색의 고휘도 LED를 이용하는 분야의 두가지로 구분하여 볼 수 있다. 그 가운데에서도 PDP의 면방전을 이용한 분야는 경량, 박

형, 고휘도 그리고 고균제도의 면광원을 얻을 수 있으므로 LCD 배면광원 분야에 적용하는데는 무리가 없을 것으로 보인다. 그러나 이를 일반 광원으로 활용하기에는 광량측면의 제약이 따를 것으로 보여진다. 면광원이 한방향으로만 광이 발산된다고 가정할 때 광속은 광도와 같고 이는 휘도와 발광면의 곱에 비례한다. 그러므로 전광속이 3000(lm)인 40(W)의 형광램프와 같은 전광속을 가지는 20인치(30×40cm)짜리 면광원은 휘도가 약 25000(cd/m²)이상 되어야한다. 20인치에서 이러한 휘도를 내는 면광원에 대한 연구결과는 아직 없으나 전술한 것과 같이 PDP의 면방전 구조를 응용하면 가까운 시일내에 달성이 가능할 것으로 사료된다.

◇ 저 자 소 개 ◇



염정덕(廉正德)

1960년 5월 14일생. 1987년 서울대학교 전기공학과 졸업. 1989년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~1995년 LG전자 영상미디어 연구소 선임연구원. 1996년 일본 전기·통상대학 외국인 연구원. 1997년~1999년 삼성SDI PDP팀 선임연구원. 현재 경주대학교 컴퓨터전자공학부 전임강사. 본 학회 편수이사