

PDP 응용 조명 신기술 동향

염정덕 (송실대학교 전기공학부 조교수)

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) TV의 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 LCD TV의 배면광원(back-light)용의 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 이미 와있으며 일본의 Hitachi, 네덜란드의 Philips등이 지속적으로 연구하고 있고 국내에서도 일부 기업과 대학에서 연구개발을 시작하고 있는 단계이다. 이러한 연구는 현재 상용화되어 있는 대화면 평판 디스플레이인 PDP(Plasma Display

Panel)의 방전구조인 교류형 면방전 구조를 응용하면서부터 상당히 진전을 보게 되었는데 최근의 연구 결과들은 5000(cd/m²) 이상의 고휘도를 달성한 것으로 보고되고 있다.

2. AC 면방전을 이용한 평면광원기술

2.1 PDP의 방전구조

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

그림 2는 PDP의 방전구조를 이용한 면광원의 기본 구조이다. 그림에서 보이는 것과 같이 두장의 유리기판 사이에 격벽으로 방전공간을 만들고 상판 유리

에는 금속전극인 X, Y전극을 평행하게 설치하고 그 위에 투명 유전층을 도포하여 절연한다. 하판유리에는 백색의 가시광 특성을 지닌 형광층을 도포한다. X, Y전극에 수십 [kHz]의 교류 펄스전압을 인가하면 방전공간 안에서 Xe 기체의 방전이 개시되고 이때 생성된 진공자외선이 형광층을 여기시켜 가시광선을 얻는 구조로 되어 있다.

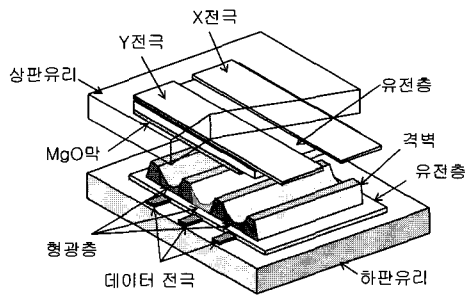
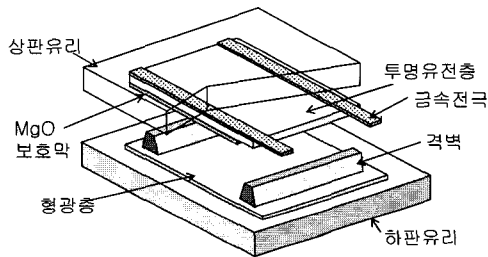
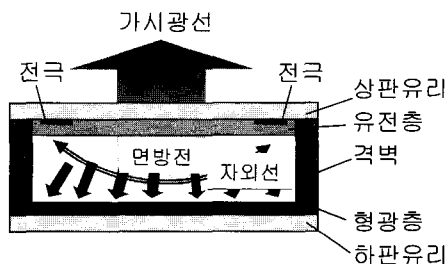


그림 1. PDP의 구조



(a) 평면광원의 전극 구조



(b) 방전구조

그림 2. PDP 방전구조를 이용한 면광원

2.2 면방전 기술을 응용한 LCD용 배면광원

1999년에 Hitachi(일)는 전기통신대학(일)과 함께 차량탑재용 운항시스템의 LCD에 사용할 목적으로 0.5인치부터 5.2인치의 다양한 LCD용 평판 배면광원에 대한 연구결과를 발표하였다[1]. 패널의 구조는 그림 3에 나타나 있으며 그 방전원리는 위에서 서술한 PDP의 면방전 원리와 동일하다. 봉입기체로는 Ar, Ne(32%)에 Xe(8%)을 혼합하여 사용한다. 구동전압은 10[kHz], 1.5[kV]의 구형파 펄스 전압을 인가하였고 AC PDP와 같이 한주기마다 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 5.2인치의 Ar, Kr(10%)와 Hg를 사용한 패널은 10[kHz], 800V의 구형파 펄스 전압을 인가하여 최대 휘도 30000[cd/m²], 광효율 50[lm/W]을 달성하였다고 보고되고 있다.

이 기술의 원리와 유사한 최근의 연구결과는 일본 전기통신대학과 삼성 코닝이 공동연구한 것으로 대각선 길이 32인치의 LCD TV용 배면광원이 있다. 이 평판 광원은 그림 4와 같이 하나의 패널에 복수개의 전극을 설치하여 교대로 전극 결선한 후 V₁, V₂의 교류 펄스 전압을 인가함으로써 다중 방전채널을 만드는 구조로 되어있다[2].

그 외에도 단국대학교와 삼성 종합기술원등에서 Hitachi 방식의 개량 구조에 대한 연구를 하고 그 결과를 발표하였다. 단국대의 연구결과는 방전기체로 Xe 기체를 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[3]. 삼성 종합기술원에서는 역시 Xe 방전에서 방출되는 VUV 자외선을 이

용한 면광원으로써 상, 하판의 양쪽에 면방전 전극을 모두 설치한 방전 구조의 기초적인 연구결과를 발표하였다[4].

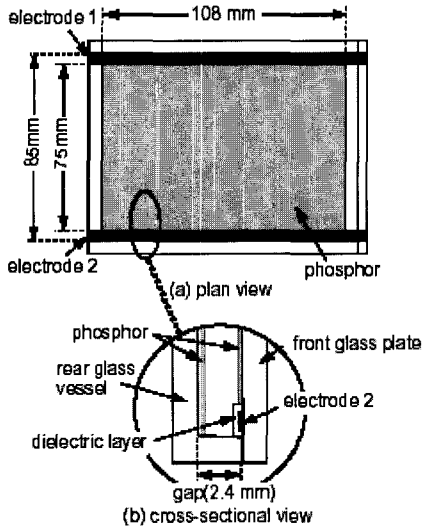


그림 3. PDP의 면방전 기술을 이용한 평판 광원

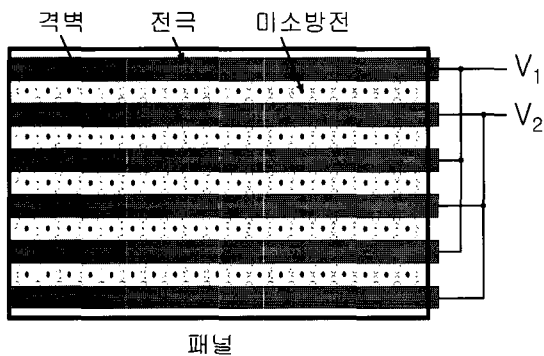


그림 4. 대면적 면광원용 다중 채널 평판광원

3. 유전장벽방전을 이용한 평면광원기술

3.1 유전장벽방전의 원리

유전장벽방전(Dielectric Barrier Discharge)은 무성(無聲)방전(Silent Discharge)이라고도 하며

0.1~10[bar]의 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 연구 결과들이 나와 있다[5-8].

여기서는 그림 5에서 보인 것과 같은 평행하게 설치된 두 개의 평판 전극 사이에서의 유전장벽방전에 대해서만 설명한다. 각각의 전극은 유전체로 절연되어 있으며 사이에 Xe기체가 채워져있다. 두 전극 사이에 수십[kHz], 수[kV]의 정현파 교류전압을 인가하면 절연과괴가 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[μ m] 수준이며 그들은 통상적으로 100[ns]보다 짧은 수명을 가진다. 압력이 낮아질수록 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 인가전압을 점차적으로 증가시켰다. 이 사진들은 패널의 전면에서 얻은 영상이며 그림 5에서 설명한 것과 같이 하판 유리에 형광물질이 도포되어 있어 Xe 방전에서 방출된 VUV가 방전 필라멘트 주변의 형광체를 여기시켜 가시광을 발광하도록 되어있다. 여기서 인가전압을 점점 증가시키면 방전에 의한 필라멘트의 수가 증가하여 최종적으로는 패널 전면으로 확산되는 것을 알 수가 있다. 이 유전장벽방전은 붕입 기체의 공진선 복사뿐만 아니라 중합체(dimer), 삼

중합체(trimer)등 고준위 이합체(excimer)를 생성시키고 이들을 여기시켜 다양한 파장대역의 복사선을 얻을 수가 있다.

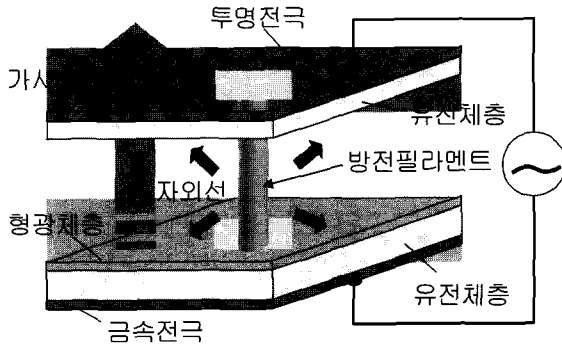


그림 5. 유전장벽방전의 방전구조

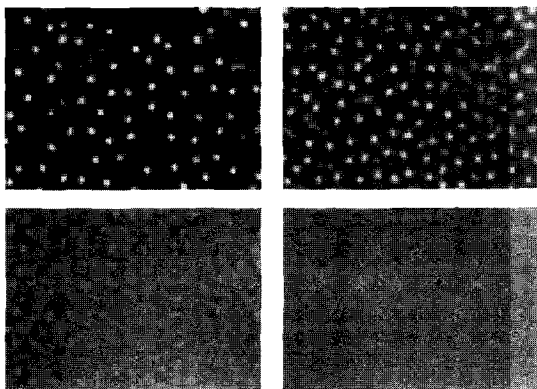


그림 6. 인가전압과 유전장벽방전의 필라멘트 발생 형상과의 관계

3.2 LCD TV용 무수은 평판 광원

유전장벽방전(Dielectric Barrier Discharge)을 이용한 교류 면방전형 평판 방전램프의 연구 결과가 1996년에 발표되었다(9). 이 기술은 패널 전면에 필라멘트 형상의 0.1(mm)의 작은 방전을 발생시켜 이 방전에서 발생하는 Xe의 이원자분자(dimer) 복사선(172(nm))에 의해 형광체를 여기시킨다. 유전장벽방전은 방전의 수축을 방지할 수 있고 광효율이 증가되

는 장점을 지닌다. 패널 구조는 그림 5와 동일한 구조를 가진다. 봉입된 방전기체는 Xe이며 20(kHz), 1(kV)의 정현파 교류를 인가하여 대각 18인치 크기의 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.

OSRAM(독)은 PLANON이라는 상표로 그림 7과 같은 LCD 배면광원용 면광원에 대한 연구결과를 2000년 SID(Society for Information Display)에 발표하였으며 2003년 SID에서는 10.4인치와 21.3인치의 시작품을 전시회에 출품하였다(10). 그리고 이어서 2004년에는 32인치 LCD TV용 배면광원으로 개선된 PLANON II를 발표하였다(11). 이 면광원의 전극구조는 그림 7의 (a)에 나타나 있는데 그림에서 보인 것과 같이 하판 유리기판에 미소 면방전을 일으키는 복수개의 평행 전극들을 설치하여 하나를 양극이라 하고 또 하나를 음극이라 하였다. 음극이라고 칭한 전극에는 작은 돌기가 나와 있다. 그림 7의 (b)는 PLANON의 방전구조를 보인 것이며 PLANON은 유전장벽방전을 이용한다. 그림 7의 (c)와 같이 양극과 음극사이에 펄스전압을 인가하여 삼각형 형태의 수많은 미소방전을 일으키고 이들 미소방전에서 방출되는 자외선이 형광체를 여기시켜 가시광선을 발생시키는 구조이다.

그림 8은 PLANON II의 면발광시 외관과 패널 구조를 보인 것이다. 그림 8의 (b)에서 보인 것처럼 상판 유리에 원뿔 모양의 형상을 규칙적으로 배열하여 상하판 사이의 방전공간을 확보하고 형광체 도포 면적을 넓혀 광효율을 증가시키는 구조로 되어 있다. 봉입된 방전기체로는 수은이 아닌 Xe 기체를 사용하였으므로 환경문제에도 대응하고 있다. 인가 전압은 수 [kV]의 교류 펄스전압이고 휘도 6,000 [cd/m²], 50,000의 장수명을 얻었다고 보고되어 있다(11).

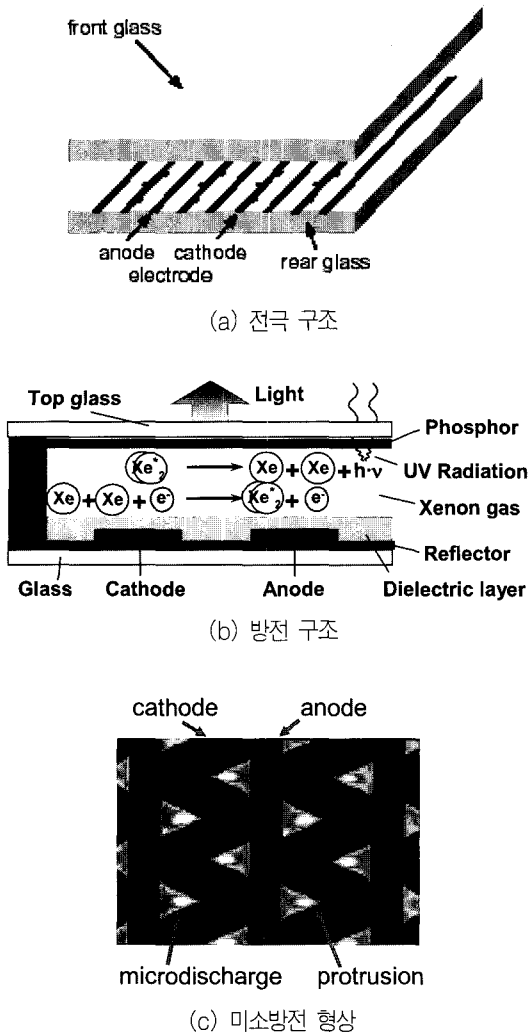
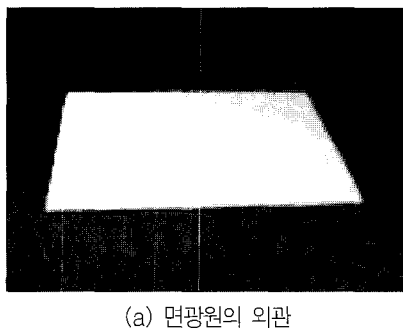


그림 7. 미소방전에 의한 평면광원



4. 결 론

최근 LCD TV의 대중화 및 대화면화에 힘입어 LCD 배면광원용 면광원의 연구개발이 활발히 이루어지고 있다. 평면광원 연구의 방향은 크게 PDP의 면방전 기술을 응용하는 분야와 삼원색의 고휘도 LED를 이용하는 분야의 두가지로 구분하여 볼 수 있다. 그 가운데에서도 PDP의 면방전을 이용한 분야는 단순한 구조, 박형, 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 40W의 형광램프와 같은 전광속을 가지는 32인치(70×40(cm))짜리 면광원은 휘도가 약 10,000(cd/m²)이상은 되어야 한다. 32인치에서 이러한 휘도를 내는 면광원에 대한 연구결과는 아직 없으나 전술한 것과 같이 PDP의 면방전 구조를 응용한 기존의 연구결과들을 살펴보면 가까운 시일 내에 달성 가능할 것으로 사료된다.

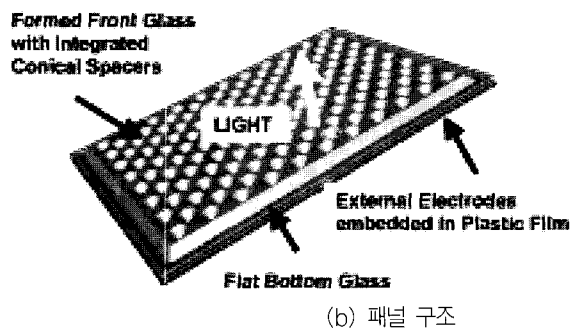


그림 8. OSRAM의 PLANON II

참 고 문 헌

- [1] Y. Ikeda et al., 'Mercury-Free, Simple-Structured Flat Discharge LCD Backlights Ranging from 0.5 to 5.2-in. Diagonals', SID 00 Digest, pp.938-941, 2000.
- [2] T. Shiga, et. al., 'Lateral Multi-Channel Flat Discharge Fluorescent Lamp for LC-TV Backlight', SID 04 Digest, pp.1330-1333, 2004.
- [3] J. Hur et al., 'Flat Panel Light Source and High Power Inverter for LCD Backlight Application', SID 00 Digest pp.1033-1035, 2000.
- [4] H. B. Park et al., 'The Dual Coplanar Electrode Mercury Free Flat Fluorescent Lamp', SID 02 Digest, pp.1138-1141, 2002.
- [5] B. Eliasson and U. Kogelschatz, 'UV Excimer Radiation from Dielectric-Barrier Discharges', Applied Physics B 46, pp.299-303, 1988.
- [6] B. Eliasson and B. Gellert, 'Investigation of resonance and excimer radiation from a dielectric barrier discharge in mixtures of mercury and the rare gases', Journal of Applied Physics 68, No.5, 1 pp. 2026-2037, September 1990.
- [7] B. Gellert and U. Kogelschatz, 'Generation of Excimer Emission in Dielectric Barrier Discharges', Applied Physics B 52, pp. 14-21, 1991.
- [8] B. Eliasson and U. Kogelschatz, 'Modeling and Applications of Silent Discharge Plasmas', IEEE Transactions on plasma science, Vol.19, No.2, pp.309-323, April 1991.
- [9] S. Mikoshiba, 'Xe Discharge Backlights for LCDs, SID 01 Digest pp.286-289, 2001.
- [10] M. Ilmer et al., 'Hg-free Flat Panel Light Source PLANON - a promising Candidate for Future LCD backlights', SID 00 Digest, pp.931-933, 2000.
- [11] L. Hitzschke, et. al., 'A 32-in. Integrated Hg-free Lamp that Eliminates Problems of Backlights with Multiple Lamps', SID 04 Digest, pp.1322-1325, 2004.

◇ 저 자 소 개 ◇



염정덕(廉正德)

1960년 5월 14일생. 1987년 서울대학교 공과대학 전기공학과 졸업. 1989년 서울대학교 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1992년 서울대학교동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 1992년~1995년 LG전자(주) 영상미디어 연구소 선임연구원. 1996년 일본 전기·통신대학 외국인 연구원. 1997년~1999년 삼성SDI(주) PDP팀 선임연구원.
 현재 숭실대학교 전기공학부 조교수
 E-mail : cosmos01@kornet.net