

## 평판형광램프의 제작 및 특성

(Fabrication and Characteristics of Flat Fluorescent Lamp)

권순석\* · 임민수 · 임기조

(Soon-Seok kwon · Min-Su Lim · Kee-Joe Lim)

### 요 약

본 논문은 LCD의 백라이트로서 고휘도를 내는 간단한 구조의 평판형광램프를 연구하였다. 평판형광램프는 ITO glass와 절연층, 형광층, 전극층, gas층으로 구성된다. 이 램프의 방전개시전압은 주파수가 증가하면 감소하며 이러한 경향으로는 gas층에서 트립된 Xe과 Ar 양이온에 기인된 공간방전효과의 결과이다. 높은 구동 주파수에서 uniform 전압의 감소는 초기 구동에서 발생된 남아있는 공간전하에 기인한다. 결과로서 Xe gas를 사용한 평판형광램프는 구동전압 700[V<sub>rms</sub>], 주파수 80[kHz]에서 2700[cd/m<sup>2</sup>]의 휘도, 균일도 96[%], 최대 효율은 5[lm/W]를 얻었다.

### Abstract

In this paper, we studied a flat fluorescent lamp with high luminance for LCD backlighting. The lamps have simple structures with ITO glass, insulator layer, phosphor layer, electrode layer and gas gap. The firing voltage was decreased with increasing the frequency. It was considered that this tendency was resulted from the space charge effect due to Xe and Ar positive ions trapped in gas gap. Decrease of uniform voltage at higher drive frequency is due to the remaining space charges which are produced by preceding period. As a result, luminance of 2700[cd/m<sup>2</sup>] and maximum luminous efficiency of 5[lm/W] were obtained with luminance uniformity of 96[%] in operation(700[V<sub>rms</sub>], 80[kHz])

Key Words : Flat Fluorescent Lamp, Backlighting, Luminance

### 1. 서 론

LCD는 전극이 배치된 두장의 유리기판 사이에 액

정을 주입하고 각 화소의 전극에 전원인가에 의해서 액정의 분자 배열이 변화하여 영상을 표시하는 비자기 발광형 디스플레이로 BLU(Backlight Unit)을 필요로 한다. 현재, BLU는 냉음극관(CCFL)형으로 도광판, 확산필름, 프리즘 필름등 많은 부품을 수반하고 있고 이로 인한 광특성 조절도 상당히 어렵다. 또한 수은을 사용하고 있기 때문에 환경친화적이지 못하다. 따라서 수은을 사용하지 않고 공정을 단순화시키면서도 고 휘도를 얻을 수 있는 새로운 형태의

\* 주저자 : (주) 이.엠.디 연구부장  
Tel : 041-585-3211, Fax : 041-585-3213  
E-mail : sskwon\_2000@hanmail.net  
접수일자 : 2001년 10월 29일  
1차심사 : 2001년 11월 3일  
심사완료 : 2001년 12월 10일

BLU가 요구되고 있다. 최근, 국·내외에서 LCD의 후면 광원으로 CCFL과 도광판을 사용 하는 방식 외에 상하판 유리 기판사이에 주입된 가스층에 전원이 인가되면 가스층의 방전에 의해서 발생하는 자외선을 이용하는 평판형램프(FFL : Flat Fluorescent Lamp)가 주목받고 있다[1,2,3]. 최근까지 발표된 FFL은 상판의 전면에 투명전극, 하판에 반사 전극, 각각에 형광층을 도포한 대향전극형 구조, 하판에 다수의 전극을 일정한 간격으로 배치하였고, 그 위에 절연층을 도포한 면방전형 구조, 패널의 프레임에 전극을 일정한 간격으로 배치하고 절연층을 도포한 구조 등 3가지 방식이 제안되고 있다. 대향전극형 구조는 휘도 균일도가 높은 반면에 전극간 거리가 짧기 때문에 방전 효율이 낮아서 고열이 발생하며, 형광층의 스퍼터링에 의한 수명 저하 등의 문제점을 갖고 있다. 면방전형의 경우는 전극 거리 최적화에 따른 양광주 형태의 플라즈마 발생으로 고방전효율화로 고열 발생을 억제시킬 수 있으며, 대면적화가 용이하다. 마지막으로 프레임에 전극을 배치한 구조에서 직류형 방전을 시도하면 플라즈마가 패널 전체에 균일하게 발생하지 않고 어느곳으로 집중되어 균일한 휘도를 얻을 수 없으며 대면적화가 어렵다. 본 연구에서 FFL은 대향전극형으로서 방전 가스로 내환경성을 고려하여 불활성 가스인 Xe 및 Ar 가스를 이용하고, 인쇄기법에 의한 고휘도 면발광체를 제작하고, 램프의 전기적 특성 및 광학적 특성을 측정하여 이론적 고찰을 하는데 그 목적이 있다.

## 2. 실험방법

FFL은 전면 및 후면 유리, 배면 전극층, 유전층 및 형광층으로 구성하였다. 전면 유리는 전극으로 사용하기 위하여 20Ωcm의 비저항을 갖는 ITO Glass를 사용하였으며, 후면 유리는 Sodalime 유리를 사용하였다. 그림 1은 FFL의 단면도이다.

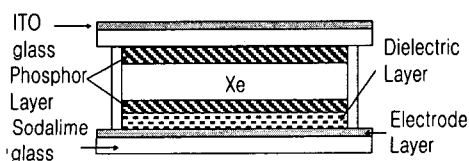


그림 1. FFL의 단면도  
Fig. 1. Cross sectional structure of FFL

배면 전극은 반사율이 좋은 Ag 페이스트를 사용하였으며, 3×4[cm<sup>2</sup>]의 크기로 인쇄한 후 온도 조건이 정확한 전기로에서 10분에 5[°C]씩 상승시키고 560[°C]에서 30분동안 유지시켜 소결하였다. 유전층은 유전율(55)이 높은 BaTiO<sub>3</sub>와 결합체가 혼합된 페이스트를 인쇄하여 30[μm]로 하였으며 건조, 소성방법 및 크기는 배면 전극과 동일하게 하였다. Ag전극, 유전층 및 형광층이 인쇄된 후면 유리와 형광층이 인쇄된 전면 유리의 결합은 액상의 frit glass를 사용하였으며, 1.1[mm]의 두께를 갖는 가스 방전층을 형성하였다. 그리고 가스를 주입하기 위하여 로터리 펌프를 사용하여 10<sup>-3</sup> Torr의 진공 상태로 만든 후 순도 99.99[%], 99.999[%]의 Xe과 Ar 가스를 주입하여 80Torr가 되도록 하고 봉합하였다. 이와 같이 제작된 램프의 특성을 측정하기 위하여 그림 2와 같이 측정장비를 구성하였다. 그림에서 전원은 universal source (HP3245A), high speed power amplifier(Me4015) 및 고주파 특성이 우수한 페라이트 변압기를 혼합하여 구성하였다. 전원은 정현파를 인가하였고, 램프의 주파수 특성을 고찰하기 위하여 가스 압력 80Torr를 갖는 램프에 30[kHz]부터 80[kHz]까지 주파수를 변화시키면서 방전 개시 전압 특성, 방전 유지 전압 특성, 휘도 특성 및 효율 특성을 측정하였다. 효율(η)의 계산은 식(1)을 이용하여 구하였다.

$$\eta = \frac{\pi SL}{P} \tag{1}$$

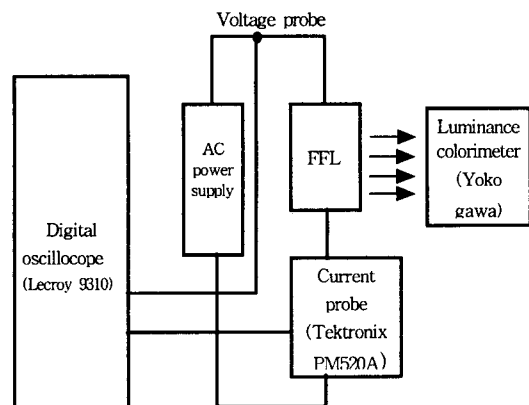


그림 2. 전기적 및 광학적 특성의 측정 구성도  
Fig. 2. Block diagram of measurement for electrical and optical characteristics

평판형광램프의 제작 및 특성

여기서, S는 램프의 발광 면적이고, L은 휘도, P는 램프에 공급된 전력이다.

3. 실험 결과 및 고찰

그림 3은 주파수 변화에 대한 방전 개시 전압의 변화를 나타낸 것이다. 그림에서 주파수가 증가하면 방전 개시 전압은 점점 감소하는 경향을 보이고 있으며, Xe 가스가 Ar 가스보다 주파수 영향을 많이 받는 것을 알 수 있다.

이와 같은 경향을 보이는 것은 음극 근처에 형성되는 양의 공간 전하 효과로 설명이 가능하다. 즉, 저주파 영역의 고전계에서는 가스 갭 중에 생성된 전자와 양이온은 반주기 동안에 각각 양극 및 음극까지 도달하게 되지만 고주파 영역에 이르게 되면 상대적으로 작은 이동도를 갖는 양 이온은 반주기 동안에 음극에 도달하지 못하고 공간 전하를 형성하게 된다.

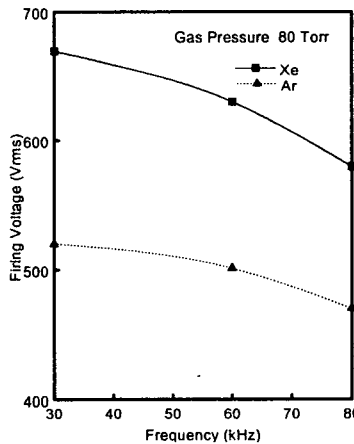


그림 3. 주파수 함수에 따른 방전개시전압 특성  
Fig. 3. Firing Voltage characteristics as a function of frequency

그림 4는 방전 유지 전압의 주파수 의존성을 실험한 결과이다. 방전 유지 전압은 방전 개시 후 전압을 감소시켜도 방전이 지속되는 최저 전압을 의미하며 방전 개시 전압보다 낮다. 방전 유지 전압의 주파수 의존성의 변화 경향은 방전 개시 전압의 주파수 의존성과 유사하다. 이와 같은 경향은 방전 개시 전압의 주파수 의존성과 동일하게 생각할 수 있으며, 양

이온이 반주기 동안에 이동할 수 있는 최대 거리는 식(2)와 같이 표현할 수 있다.

$$L_{max} = \int_0^{\frac{1}{2f}} k \frac{V}{d} \sin 2\pi f t dt = \frac{kV}{\pi f d} \quad (2)$$

여기서,  $L_{max}$ 는 방전 공간내에서 양 이온이 이동하는 최대 거리이며, k는 양 이온의 이동도, V는 인가 전압, d는 전극간 거리이다. 식으로부터 주파수가 높아질수록  $L_{max}$ 는 작아지고  $L_{max}$ 가 d보다 작아지면 양 이온은 가스 갭 중에 공간 전하로 존재하게 되고 주파수가 높아질수록 가스 갭 중의 양 이온에 의한 공간 전하량은 증가한다. 이들 공간 전하는 음극 근처에 위치하여 음극과 공간전하 영역 사이의 전계를 인가 전계보다 강화시키는 역할을 하게 되며 방전 유지 전압은 저하한다.

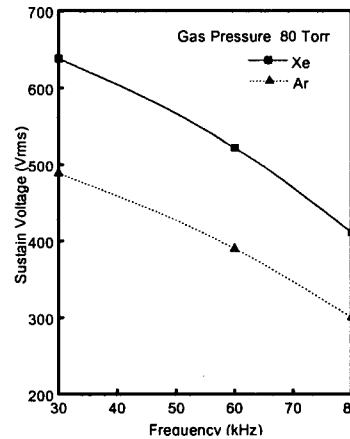


그림 4. 주파수 함수에 따른 방전 유지 전압 특성  
Fig. 4 Sustain Voltage characteristics as a function of frequency

그림 5는 주파수 변화에 대한 휘도 균일 전압 특성을 보인 것이다. 휘도 균일 전압은 휘도의 균일도가 90[%]가 되는 최소의 전압이며, 실용적으로 매우 중요한 특성치이다.

그림에서 보면 이 전압은 방전 개시 전압보다 높으나 주파수가 증가하면서 휘도균일전압이 감소하는 경향은 방전 유지전압과 동일한 경향을 보였고, Xe 가스를 사용했을 때 휘도 균일 전압 감소는 Ar보다 큰 것을 알 수 있다. 이와 같은 경향은 방전 개시 전압 특성과 동일한 방식으로 설명이 가능하다. 그림 6

은 휘도의 주파수 의존성을 보여주고 있다. 그림에서 주파수가 증가하면 휘도는 증가하고, Xe과 Ar을 사용한 FFL에 700[Vrms], 80[kHz]를 인가하였을 때 2700[cd/m<sup>2</sup>], 1700[cd/m<sup>2</sup>]의 휘도를 보였다. Xe을 방전 가스로 사용한 것이 Ar을 사용한 것보다 휘도 특성이 우수한 것을 알 수 있다. 이것은 Xe의 자외선 방사 효율이 Ar보다 높은 것에 기인된 것으로 사료된다.

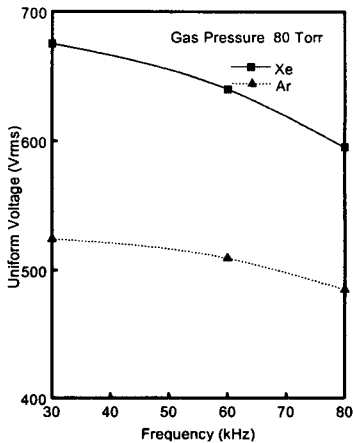


그림 5. 주파수 함수에 따른 휘도 균일 전압 특성  
Fig. 5. Luminance uniformity Voltage characteristics as a function of frequency

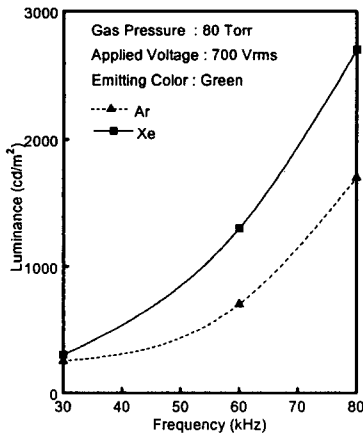


그림 6. FFL의 휘도 특성  
Fig. 6. Luminance characteristics of FFL

그림 7은 FFL에 700[Vrms], 80[kHz]의 전원을 인가하였을 때의 발광 사진이다

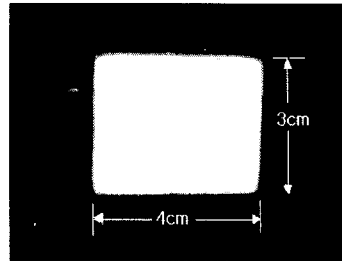


그림 7. FFL의 발광 사진  
Fig. 7. Photo of FFL in operation

표 1은 그림 7의 휘도 균일성을 살펴보기 위하여 FFL을 9등분하여 휘도를 측정하여 나타낸 것이다. 휘도 균일도는 96[%]를 보였다. 이 값은 우수한 면 발광체임을 의미한다.

표 1. FFL의 휘도 분포  
Table 1. Luminance distribution of FFL

96% (2600 cd/m <sup>2</sup> )	93% (2500 cd/m <sup>2</sup> )	96% (2600 cd/m <sup>2</sup> )
98% (2650 cd/m <sup>2</sup> )	100% (2700 cd/m <sup>2</sup> )	95% (2300 cd/m <sup>2</sup> )
93% (2500 cd/m <sup>2</sup> )	96% (2600 cd/m <sup>2</sup> )	98% (2650 cd/m <sup>2</sup> )

그림 8은 주파수 변화에 대한 효율을 나타낸 것이다.

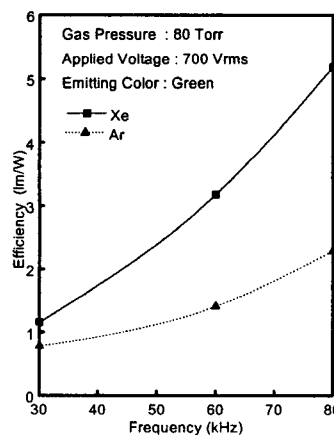


그림 8. 주파수 함수에 따른 발광 효율  
Fig. 8. Emission efficiency as a function of frequency

효율은 식(1)에 의해서 구하였다, 그림에서 알 수

## 평판형램프의 제작 및 특성

있는 바와 같이 주파수가 증가함에 따라 효율은 증가하는 경향을 보였으며, Xe이 Ar보다 높은 효율 특성을 보였다. 이와 같은 경향을 보이는 것은 자외선 광 방사 효율의 변화에 기인된 것으로 생각할 수 있으며, 구동 주파수의 증가에 따른 효율 상승 현상은 일반 형광등에서도 관측된 사실이다. 또한 자외선광 방사는 Ar 보다 Xe의 경우가 효율이 높은 것은 다음과 같이 생각된다. 우선 준안정 전압의 차이를 들 수 있다. Xe은 8.32[eV], Ar은 11.5[eV]로서 Xe의 준안정 전압이 낮다. 이것은 Xe이 Ar보다 쉽게 준안정 상태로 여기됨을 의미한다. 또한, 준안정 여기 상태에서 기저 상태로 천이하면서 방출되는 광파장은 147[nm](Xe의 경우), 108[nm](Ar의 경우)인데 본 연구에서 사용된 PDP용 형광체는 142[nm]의 흡수 파장에서 발광 효율이 높기 때문에 Xe 가스를 사용한 경우가 효율이 높은 것으로 생각된다. 한편, 주파수의 증가에 따라 Xe의 경우 발광 효율 증가가 Ar의 경우보다 두드러지고 있다.  $Xe^+$  이온이  $Ar^+$  이온보다 무겁기 때문에 이동도가 낮다. 따라서, 식(2)에 의하면 Xe의 경우가 같은 주파수에서  $L_{max}$ 가 작고, 보다 낮은 주파수에서 양 이온은 음극에 이르지 못하고 공간 전하로 존재하게 되며, 음극 전계를 증가시켜 전자 방출을 용이하게 한다. 결국, 주파수에 따른 효율 증가의 차이는 양 이온에 의한 공간 전하의 효과의 차이를 설명할 수 있을 것이다.

## 4. 결 론

본 연구에서는 내환경성을 고려하여 방전 가스로서 불활성 가스인 Xe과 Ar을 사용하여 고휘도 면 발광체인 FFL에 관련된 여러 가지 특성 중에서 방전 개시 전압, 방전 유지전압, 휘도 균일 전압, 휘도 및 효율에 미치는 주파수 특성을 검토하였다. 주파수 특성을 검토, 고찰한 결과에서 알 수 있었던 바와 같이 인가 주파수는 FFL의 전기적 및 광학적 특성에 매우 큰 영향을 미쳤다. 이와 같이 인가 주파수의 변화에 따라 전기적 및 광학적 특성의 변화가 나타나는 이유는 방전 공간내에서 발생된 양 이온의 이동도에 기인되어 형성되는 공간전하의 량에 변화를 주기 때문으로 고찰하였다. 또한 광학적 특성에서 Xe과 Ar을 방전 가스로 사용한 램프를 비교한 결과에서 알 수 있는 바와 같이 Xe이 높은 휘도를 보였다. 따라

서 고휘도를 나타내는 FFL을 실현하기 위해서는 Ar 가스보다는 내 환경성을 갖는 Xe 가스를 사용하는 것이 바람직하고, 향후 Xe 가스를 사용하여 본 연구에서 얻은 2700[cd/m<sup>2</sup>] 이상의 휘도를 얻기 위하여 연구가 계속 진행되어야 할 것으로 사려된다. 본 연구에서 수행한 FFL은 96[%]의 휘도 균일도를 갖는 면발광체로서 LCD의 후면 광원으로 사용되고 있는 CCFL, 대체용으로 기대되며, 일반 조명용보다는 장식용으로 응용이 가능할 것으로 사료된다.

## References

- [1] T. Shiga, K. Igarashi, S. Mikoshiba, S. Shinda, Euro display '96, pp.223-236, 1996.
- [2] Munisamy Anandam and Douglas Ketchum, IEEE Trans. Electron Device, pp.1327-1330, vol. 39, 1992.
- [3] K. Hinotani, S. Kishimoto, and K. Terada, Inconf. Rec. 1988 Int. Display Research Conf., 1989.
- [4] Munisamy Anandam and Douglas Ketchum, IEEE Trans. Electron Device, pp.504-510, vol. 30, 1994.
- [5] M. Anadan, D. Ketchum, J. Brain, W.N. Carr, Japan Display '92.

## ◇ 저자소개 ◇

### 권순석(權純錫)

1967년 8월 1일생. 1991년 한밭대학교 전자공학과 졸업. 1993년 충북대학교 전기공학과 졸업(석사). 1999년 동 대학원 전기공학과 졸업(박사). 현재 (주)이.엠.디 연구부장.

### 임민수(林旻洙)

1972년 11월 21일생. 1998년 한밭대학교 전자공학과 졸업. 2000년 충북대학교 전기공학과 졸업(석사). 현재 동 대학원 전기공학과 박사과정. 현재 (주)이.엠.디.

### 임기조(林基祚)

1952년 5월 20일생. 1973년 한양대 공대 전기공학과 졸업. 1980년 동 대학원 전기공학과(석사). 1986년 동 대학원 전기공학과(박사). 1977년 국방과학연구소. 현재 충북대 전기전자공학부 교수.