
LCD 후면 광원용 FFL의 전기적 및 광학적 특성

김명녕* · 권순석*

Electrical and Optical Characteristics of
Flat Fluorescent Lamp for LCD Back-lighting

Myung-Nyung Kim*, Soon-Seok Kwon*

이 논문은 2001년도 한밭대학교 교내 연구비를 지원 받았음.

요 약

본 논문에서는 LCD 후면 광원용 한 쌍의 형광층, 방전용기 및 대향전극을 갖는 무수은 평판형광램프에 대하여 연구하였다. 구동 전압이 인가되면 균일한 방전이 램프 전체에 걸쳐서 발생한다. 방전개시전압은 가스 압력에 따라 증가한다. 이와 같은 경향은 방전 가스 압력의 증가에 의한 평균자유행정의 감소에 기인된 것으로 생각된다. 녹색 발광 평판형광램프에서 최대 2,700[cd/m²]의 휘도를 얻었다.

ABSTRACT

In this paper, a mercury-free flat discharge lamp with opposite electrode structure, a couple of phosphor layer and discharge vessel has been studied for LCD back-lighting. When the drive voltage conditions were set properly, a uniform discharge generates over entire emitting surface. The firing voltage was increased with increasing the discharge gas pressure. It was considered that this tendency was resulted from the decrease of mean free paths due to the increase of discharge gas pressure. The maximum luminance of 2700[cd/m²] was obtained in the green emitting FFL.

키워드

FFL(Flat Fluorescent Lamp), LCD Back-light, Opposite electrode structure.

1. 서 론

LCD(liquid crystal display)는 비자기 발광형 디스플레이로서 BLU(back-light unit)가 필요하다. 현재, BLU는 후면광원(back-light)으로는 튜브형 광원인 CCFL을 사용하고 있으며, 후면광원에서 방사되는 빛이 도광판, 확산필름 프리즘 필름 등의 부품을 이용하여 액정 쪽을 향하도록 하는 방식으로 널리 이용되

고 있다. 그러나 이와 같은 방식은 후면광원에서 방사되는 빛이 각 구성 요소에 의해서 광투과율이 저하되는 문제점을 갖고 있다. 따라서 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서 평판램프를 후면광원으로 적용하기 위한 기술개발이 진행되고 있다. 평판형광램프는 기체 방전에 의해서 발생하는 자외선(ultraviolet)광을 이용한 평판형 광원이다^{1,2)}.

현재까지 발표된 평판형광램프는 투명 전극이 도포

*한밭대학교 전기전자제어공학부

접수일자 : 2003. 3. 12

된 상판과 반사 전극이 전면에 도포된 하판 사이에 희가스가 봉입된 대향형, 하판에 다수의 전극을 일정한 간격으로 설치하고 그 위에 유전층을 도포한 면방전형, 패널의 프레임에 전극을 일정한 간격으로 배치하고 절연층을 배치한 구조 등이 있다(3,4,5).

대향형에서 효율을 결정하는 요소는 다음과 같다. 가시광 방사는 형광재료, 형광층의 두께, 하판의 유전층과 전극의 반사율, ITO의 투과율에 영향을 받으며, 자외선 방사는 방전 갭, 가스 압력, 동작 방법 등에 의해서 영향을 받고, 소비전력은 유리기판의 유전손, 전극의 저항 등에 의해서 영향을 받는다. 대향형 전극 구조는 가시광 방사 조건, 자외선 방사조건 및 소비전력 조건이 최적화되면 높은 휘도 균일도를 이룰 수 있고, 짧은 전극간 거리 때문에 가스 방전에 의해서 발생한 양이온의 형광체 스퍼터링에 의한 수명 저하 등의 문제점을 갖고 있다. 면방전형 전극 구조는 전극간 거리 전극형태, 전극의 저항, 형광재료, 절연층의 두께 및 형상, 가스 압력, 동작 방법 등이 효율에 큰 영향을 미치게 된다. 오스람에서는 이러한 구조를 채용해서 4,700[cd/m²]의 휘도를 갖는 18인치급 후면광원의 시제품을 선보이고 있다. 본 연구를 위하여 분석한 오스람사 제품의 전극 구조는 침대 평판형의 면방전형 전극 구조로서 애노드와 캐소드가 명확히 구분되어 있으며 전극간 거리는 6~7[mm]로서 매우 넓어서 구조적으로 휘도 균일도가 낮다. 이를 개선하기 위해서 상부의 유리 기판에 가시광을 확산하기 위하여 패턴화시켰지만 90[%] 이상의 휘도균일도를 얻지 못한 문제점을 갖고 있다. 현재까지 보고된 평판형광램프 연구 결과(2,5)를 살펴보면 휘도 균일도의 측면에서는 대향형이 우수하며 휘도와 수명의 측면에서는 면방전형의 것이 우수하지만 구동 조건이 까다롭다는 단점을 갖고 있다. 면방전형 평판형광램프의 전기적 및 광학적 특성을 평가하기 위하여 가스 압력에 따른 휘도, 구동 주파수 및 전압의 인가 시간에 따른 소비전력 및 휘도를 측정하여 이론적으로 고찰하고 있으나 아직까지 불명확하다.

본 연구에서는 휘도 균일도 측면에서 유리한 면방전형을 인쇄 기법에 의해서 제작하고, 방전 가스는 내환경성을 고려한 Xe과 Ar로 하였으며, 정현파 교류전원을 인가하여 가스 압력에 대한 방전개시전압 특성의 주파수 의존성, 휘도 특성 및 휘도 균일도 특성

을 측정하였으며, 이와 같이 측정된 데이터의 전기적 및 광학적 특성을 이론적 고찰을 통하여 발광 메커니즘을 규명하는데 그 목적이 있다.

II. 제작 및 측정

그림 1은 제작된 FFL의 단면도이다. 제작 공정은 다음과 같다. 우선, 하부는 세척된 2.8[mm]의 두께의 soda-lime 판유리 위에 Ag 페이스트를 반사 전극으로 10[μ m]의 두께로 인쇄하고, 그 위에 전극층을 보호하기 위하여 유리 계열의 절연체를 100[μ m]의 두께로 인쇄한 후 147[nm] 여기 파장을 갖는 백색 발광 형광체를 유기 바인더와 혼합된 형광체 페이스트를 100[μ m]두께로 인쇄하여 하부를 완성한다. 그리고 상부는 세척된 2.8[mm]의 ITO 유리 기판 위에 형광체 페이스트를 5[μ m]의 두께로 인쇄한다. 이들 상부와 하부는 프레임을 인쇄면의 가장자리에 각각 배치하고 방전공간 내부에 스페이서를 일정 간격으로 배치한 후 저융점 글라스(frit glass)를 이용하여 상부와 하부를 결합시킨다. 이와 같이 완성된 패널에 Xe 가스를 주입하기 위하여 방전공간내부는 진공 시스템을 이용하여 10-7 Torr까지 배기한 후 가스를 주입(0~80 Torr)하고 가스 주입구를 tip-off 하였다.

제작된 FFL의 전기적 특성은 디지털 오실로스코프(Lecroy 9310)를 이용하여 측정하였으며, 광학적 특성은 암실에서 CS-100(Minolta사)을 이용하여 측정하였다.

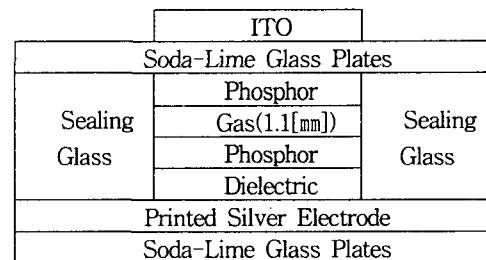


그림 1 FFL의 단면도
Fig. 1 Cross sectional structure of FFL

III. 실험결과 및 고찰

그림 2는 상온에서 측정된 전극간 거리가 1.1[mm]를 갖는 FFL의 30~80[kHz]의 주파수 범위에서 Xe과 Ar 가스의 압력에 따른 방전 개시 전압을 나타낸 것이다. 그림에서 알 수 있는 바와 같이 가스 압력이 증가할수록 방전 개시 전압은 증가하는 경향을 보였으며, 특히 100 Torr에서 Xe 방전 개시 전압 관측은 700[Vrms] 보다 높은 전압을 인가할 수 없었기 때문에 관측을 하지 못하였다. 이들 특성 곡선은 파선 법칙에서 최소 전압의 오른쪽 부분에 해당되는 것이다. Xe의 방전 개시 전압이 Ar의 방전 개시 전압 보다 높은 값을 보였으며, 압력이 증가하면 그 차는 더욱 증가하는 것을 알 수 있다.

방전 개시 전압의 압력 의존성에 대하여 살펴본다. 방전 갭이 1.1[mm]로 일정하고 가스 압력이 증가하면 방전 개시 전압이 증가하는 것은 하전입자의 평균 자유 행정과 밀접한 관계가 있다. 즉, 일정한 압력에서는 하전입자의 평균 자유 행정은 일정한 것으로 생각할 수 있으며, 식 (1)의 Langevin 식으로 이해할 수 있다.

$$k = \frac{e}{M} \tau = \frac{e}{M} \cdot \frac{\lambda}{v_T} = \frac{e}{M} \cdot \frac{1}{P_g v_T} \quad (1)$$

여기서 k 는 이동도, τ 는 평균 자유 행정 시간, e 는 하전입자의 전하, M 은 하전입자의 질량, P_g 는 기체 압력, v_T 는 열 속도이다. 식에서 알 수 있는 바와 같이 이동도 k 는 평균 자유 행정 τ 에 비례하고 가스의 압력 P_g 에 반비례한다. 따라서 전계 E 방향으로 이동 속도는 E/P_g 에 의해서 결정된다. 가스의 압력이 증가할수록 방전 개시 전압이 증가하는 것은 Langevin 식에서 알 수 있는 것처럼 가스 압력이 증가하면 평균 자유 행정과 평균 자유 행정 시간의 감소 때문에 기체 분자와의 충돌 전리 작용 감소로 사료된다. 따라서, 일정한 방전 갭(1.1[mm])을 갖는 Xe 가스 압력을 증가시키면 방전 개시 전압은 증가하게 된다. Xe이 Ar보다 높은 방전 개시 전압을 보이는 것은 Xe과 Ar의 원자 1개의 질량은 21.81×10^{23} [g], 6.63×10^{23} [g]으로 Xe이 Ar보다 무겁기 때문으로 보여진다. 또한 압력이 증가할수록 Xe과 Ar의 방전 개시

전압의 차가 증가하는 것은 가스 압력 증가로 평균 자유 행정과 평균 자유 행정 시간의 감소와 더불어 가스의 압력이 증가하면 Xe과 Ar의 질량 차로 Xe의 평균 자유 행정이 더욱 감소하는 것에 기인된 것으로 생각된다.

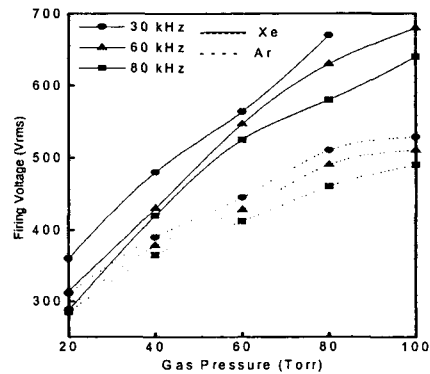


그림 2 가스 압력 변화에 대한 방전 개시 전압 특성
Fig. 2 Firing voltage as a function of the gas pressure

그림 3은 압력 변화에 따른 휘도 균일 전압 특성을 보인 것이다. 휘도 균일 전압은 휘도의 균일도가 90[%]에 이르는 최소 전압으로 정의하였다. 그림을 살펴보면 이 전압은 그림 2의 방전 개시 전압보다 다소 높다. 가스 압력과 주파수에 따른 휘도 균일 전압의 변화 특성은 그림 2의 방전 개시 전압 특성과 유사하고, 방전 개시 전압과 동일한 방식으로 설명이 가능하다. 또한 그림을 살펴보면 주파수가 증가하면 휘도 균일 전압은 점점 감소하는 것을 볼 수 있으며, Xe을 방전 가스로 사용한 것보다 Ar을 사용한 FFL의 휘도 균일 전압이 낮은 것을 알 수 있다.

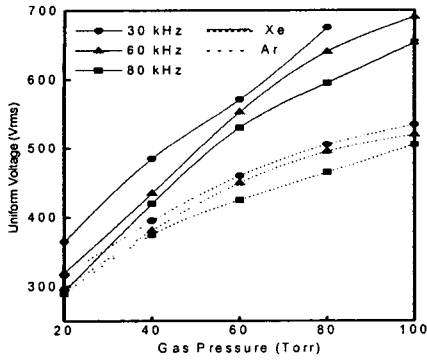


그림 3 가스 압력 변화에 대한 FFL의 휘도 균일 전압

Fig. 3 Luminance uniformity voltage as a function of the gas pressure

그림 4, 그림 5, 그림 6은 녹색, 청색 및 적색 형광체가 도포된 FFL의 주파수 변화에 대한 휘도 특성을 보여주고 있다. 휘도는 녹색 형광체가 도포된 FFL에서 가장 높은 휘도 특성을 보였으며, 주파수의 증가에 따라 휘도는 증가하는 것으로 나타났다. 또한 Xe과 Ar을 방전 가스로 사용한 녹색 FFL에 700[Vrms], 80 [kHz]를 인가하였을 때 2,700[cd/m²], 1,700[cd/m²]의 휘도를 나타냈다. Xe을 방전 가스로 사용하였을 때가 휘도 특성이 우수한 것을 알 수 있다. 이와 같이 소정의 휘도를 얻을 수 있는 FFL은 근본적으로 가스 방전에서 발생하는 자외선광을 이용하는 것이며, Ar보다 Xe을 사용한 것에서 높은 휘도를 나타내는 것은 147[nm]의 자외선광 방사 효율이 뛰어나기 때문으로 생각된다.

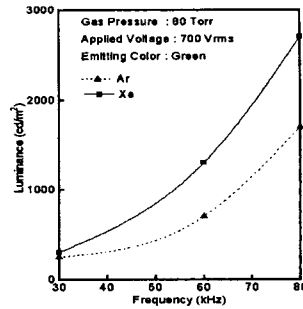


그림 4 녹색 발광 FFL의 휘도 특성

Fig. 4 Luminance characteristics of green emitting FFL

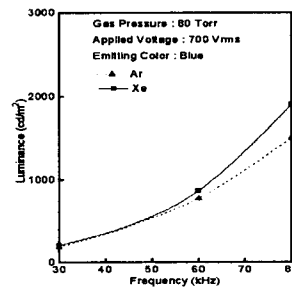


그림 5 청색 발광 FFL의 휘도 특성

Fig. 5 Luminance characteristics of blue emitting FFL

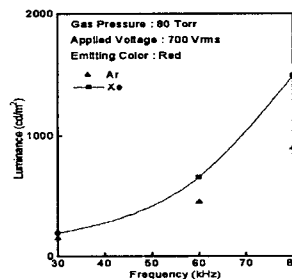


그림 6 적색 발광 FFL의 휘도 특성

Fig. 6 Luminance characteristics of red emitting FFL

IV. 결 론

현재, LCD의 후면 광원 시스템은 CCFL이 배치된 도광판 방식이 널리 사용되고 있다. LCD는 평판형 디스플레이 중에서 가장 경제적이어서 널리 사용되고 있으며, 최근에는 52 인치까지 시제품으로 제시되고 있지만, 휘도가 낮은 단점을 가지고 있다. 본 연구에서는 LCD의 고휘도화를 위한 면광원으로 FFL을 제시하고 평판 형광 램프를 제작하고 기초 연구를 위한 전기적 및 광학적 특성을 측정 검토하였다. 연구 결과 방전 개시 전압은 압력이 증가하면 점점 증가하는 것을 알 수 있었으며, Xe의 방전개시 전압이 Ar보다 높게 나타났다. 가스 압력이 증가하면 방전 개시 전압이 증가하는 경향은 전자의 평균 자유 행정과 밀접한 관계가 있는 것으로 해석하였다. 그리고 휘도 특성에서는 녹색 형광체를 도포한 FFL에서 Xe를 방전 가스로 사용한 것에서는 2,700[cd/m²], Ar을 사용한 FFL에서는 1,700[cd/m²]의 값을 얻었으며 90%의 휘도 균일도를 얻었다. 이와 같은 결과는 오스람사가 발표한 시제품의 휘도는 7,000[cd/m²]로서 본 연구 결과보다 높다. 하지만 본 연구의 목적이 고휘도화를 위한 것이 아니고 전기적 및 광학적 특성의 이론적 고찰에 소정의 목적은 달성하였다고 생각한다.

본 연구 결과의 응용 분야는 휘도 측면에서는 광고 용에 곧바로 적용 가능하지만 당초 목표였던 LCD의 후면광원으로 사용하기에는 휘도가 낮아서 적용하기 어렵다. 향후 과제로는 LCD 후면 광원으로 적용하기 위한 20 인치 이상의 대면적 백색 광원의 실현과 대면적화 제작 기술의 확립이 이루어져야 할 것으로 사려된다.

감사의 글

본 연구는 2001년도 한밭대학교 교내 연구지원비에 의하여 이루어진 연구로서, 관계부처에 감사 드립니다.

참고문헌

- [1] T. Shiga, et. al., "No-Mercury Flat Discharge Lamp for LCD Back-lighting", IDW '99, pp. 347-350, 1999.
- [2] S. Kotter, et .al., "Efficiency Enhancement of Hg-free Fluorescent PLANON Back-lights by Controlled Atmosphere Fusing(CAP)", IDW '99, pp. 1107-1108, 1999.
- [3] K. Igarashi, et al. , "A Simple Structured 10,000 cd/m² Flat Fluorescent Lamp with Good Uniformity for LCD Back-lighting", Euro Display '96, pp. 233-236, 1996.
- [4] K. Hinotani. et. al., "Flat Fluorescent Lamp for LCD Back-Light", Japan Display, pp. 52-55. 1998.
- [5] Munisamy Anandam and Douglas Ketchum, IEEE Trans. Electron Device, pp. 504-510, vol, 30, 1994.

저자소개



김명녕(Myung-Nyung Kim)

1974년 경북대학교 전자공학 공학사
 1977년 연세대학교 교육행정 교육학석사
 1985년 충북대학교 전기공학 공학석사

1993년 충북대학교 전기공학 공학박사
 1978년~현재 한밭대학교 전자공학과 교수
 ※관심분야 : 반도체 재료 및 공정, 반도체 소자, 전자디스플레이



권순석(Soon-Seok Kwon)

1991년 한밭대학교 전자공학 공학사
 1993년 충북대학교 전기공학 공학석사

1999년 충북대학교 전기공학 공학박사
 (현재) 한밭대학교 전자공학과 강사
 ※관심분야 : 반도체 재료 및 공정, 반도체 소자, 전자디스플레이