셀 구조 변화에 따른 FFL(Flat Fluorescent Lamp)의 방전특성

Discharge characteristics of FFL as the variation of cell structure

윤 성 현*, 박 철 현, 조 민 정, 임 민 수, 권 순 석, 임 기 조
(Yun Seong-Hyun*, Park Cheol-Hyun, Cho Min-Jeong, Lim Min-Su, Kwon Sun-Suk, Lim Kee-Joe)

Abstract

Recently, Display devices have become important in the information-oriented society and flat display devices are greatly demanded. Liquid crystal display(LCD) represents one of the most promising devices for large size desk-top monitors, notebook PC and car navigation system. However LCD cannot give forth light itself and must have backlight system. The most popular backlighting system is composed of a lighting-guide plate and CCFL as a lighting source. The number of CCFL must increase up if the area of display is increased. So a new backlighting source with high luminance is needed for large LCDs.

In this paper, we proposed a surface discharge FFL with the new electrode structure like the needle shaped electrode as the variation of cell structure to high luminance and low power consumption. In comparison with different electrode structure it has low discharge voltage and current and good optical characteristics. So it has better discharge characteristics than different surface discharge FFL and can be fungible for a backlight as a lighting source in LCDs.

Key Wards(중요용어) : FFL(Flat Fluorescent Lamp), LCD, Backlight unit, Plasma, FPD

1. 서 론

최근 표시소자의 박형화, 경량화, 대형화 등의 요구에 의해 PDP(Plasma Display Panel), FED(Field Emission Display), EL(Organic or Inorganic Electroluminescent Display) 등과 같은 평판표시소자(FPD: Flat Panel Display)에 대한 연구가 활발히 진행중이다. 그 중 액정디스플레이소자(LCD: Liquid Crystal Display)는 다른 PDP, FED, EL 등의 평판표시소자와는 달리 LCD에 의한 표시는 그 자체가 비발광성(수광소자)이기 때문에 빛이 없는 곳에서는 사용이 불가능하다.[1] 이 때문에 액정표시소자에는 정보표시면을 균일하게 하는 광원(backlight)이 필요하다. 그림1은 현재 가장 많이 사용되고 있는 광원으로 CCFL(Cold Cathode Fluorescent Lamp)을 이용한 edge 방식 backlight unit의 단면도이다.

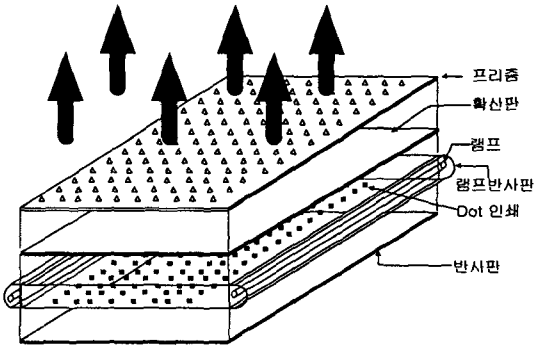

그림 1. Edge type backlight unit in LCD

고휘도의 균일한 면조사를 위해 직하 방식(반사판방식), 도광체 방식(Edge light 방식), 면상 광원 방식

* 충북대학교 전기공학과
(충북 청주시 개신동 충북대학교,
Fax: 0431-263-2419
E-mail : ee92ysh@hanmir.com)

등이 사용되고는 있으나 backlight unit으로 요구되는 균일성을 갖는 고휘도, 고효율, 저소비 전력, 박형, 경량 등의 점에 대해서는 많은 문제점들이 제기되고 있다. 그 이유는 근본적으로 LCD의 광원으로 현재 사용되고 있는 CCFL로 인한 문제점이므로 이에 대한 대비책으로 FFL(Flat Fluorescent Lamp)에 대한 연구가 보고되고는 있으나 아직 까지는 CCFL에 대응할 정도의 휘도와 효율, 소비전력에 미치지 못하고 있다.

본 논문에서는 액정표시장치의 표시품질을 좌우하는 광원으로 CCFL의 단점(고휘도, 저소비전력, 박형, 경량화 등)으로 인한 광원의 복수배열, 반사판, 확산필름, 도광판, 프리즘시트 등의 채용 등의 문제점들의 대책으로 FFL을 제작하고 대향방전형 FFL의 높은 소비전력이나 양이온의 스퍼터 등의 문제점을 셀 구조의 변화로서 전극구조를 변화시켜 FFL의 방전특성을 평가하기 위해 전기적 특성과 광학적 특성을 평가하였다.[2]

전극구조의 변화에 따라 고전계의 형성을 용이하게 하기 위해 침전극구조와 사각형전극구조의 패널을 제작하여 측정한 결과 선상전극구조에 비해 낮은 방전전압 특성을 보였으나 사각형전극구조는 전극면적이 넓기 때문에 방전전류가 많이 흐르므로 광효율이 낮았다. 액정표시장치의 표시품질을 결정짓는 광의 균일도에 대해 90%이상의 균일도를 보이므로 전극구조의 변화에 따라 영향이 없었다.

2. 실 험 방 법

2.1 패 널 제 작

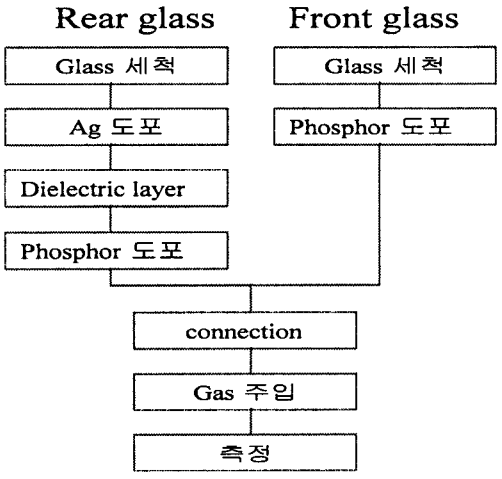

그림 2. Flowchart of process for FFL

그림2는 패널제작을 위한 플로우챠트를 보여 주고 있다. 두 장의 유리기판을 사용하여 배면측 유리기판에 광학적으로 가시광에 반사율이 좋은 Ag 전극을 도포하고 전극구조는 그림4와 같이 선상전극(Line shaped electrode structure)과 침전극구조(Needle shaped electrode structure), 사각형전극구조(Rectangular shaped electrode structure)로 실험하고 사각형전극구조는 구조적 변화로 사각형전극부분을 1 ㎜와 2 ㎜로 하였을 경우 동일한 1 ㎜로 하고 전극 간격을 달리하였을 경우로 배치하였다. 그리고 유전층을 도포하고 상·하부 기판에 녹색 형광층(Zn_2SiO_4:Mn)을 도포하고 sealing paste로 기밀유지한 후 진공 배기하고 Xe 가스를 봉입하고 전압을 인가한 후 측정하였다.

2.2 측 정 장 치

그림3은 측정을 위한 Block diagram이다. FFL의 방전 특성 평가로 전기적 특성과 광학적 특성을 평가하였다.

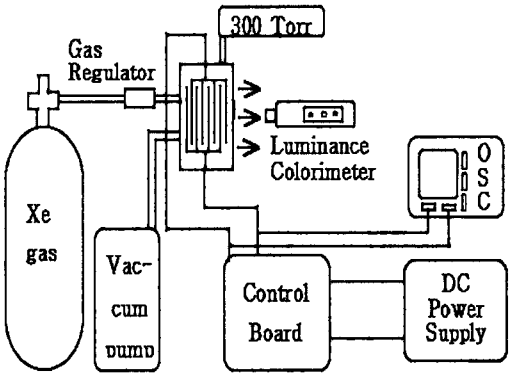

그림 3. Block diagram for measurement of electrical and optical characteristics for FFL

전기적 측정으로 방전전압과 방전전류를 오실로스코프와 전류프루브를 사용하였고, 광학적 측정으로 휘도계를 이용하여 전압, 주파수, 전류 등을 변화시키면서 휘도를 측정하였다. 또한 액정표시장치의 광원으로서 요구되는 중요한 점 중의 하나인 광의 균일도를 측정을 위해 패널을 9등분하여 동일한 지점에 대한 휘도를 측정하였다.

전기적 특성과 광학적 특성에서 얻은 결과를 종합하여 각 패널에 대한 광효율을 계산하였다. 광효율은 다음 식에 의해 산출되었다.

$$\text{발광효율}(\eta) = \frac{\pi \times \text{휘도}(cd/m^2) \times \text{면적}(m^2)}{\text{소비전력}(W)}$$

3. 전 극 구 조

그림4는 FFL의 단면도와 구조적 변화로 배치된 전극구조를 보여주고 있다.

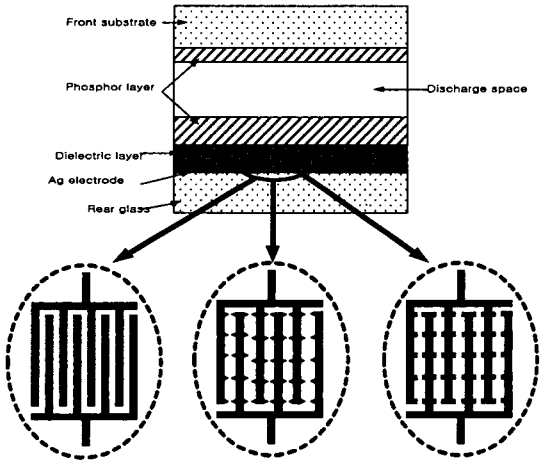

그림 4. Cross-sectional view and electrode structure for FFL

전극구조는 선상전극구조, 침전극구조, 사각형전극구조로 전극 간격은 1 ㎜로 동일하게 배치한 후 사각형전극구조의 패널은 전극간격과 사각형 전극부분을 각각 변화시켜 제작하였다.

4. 실 험 결 과

그림5는 전극 간격을 1 ㎜로 동일하게 하고 가스 압력을 변화하면서 측정한 방전전압을 각 전극에 대해 측정한 결과이다.

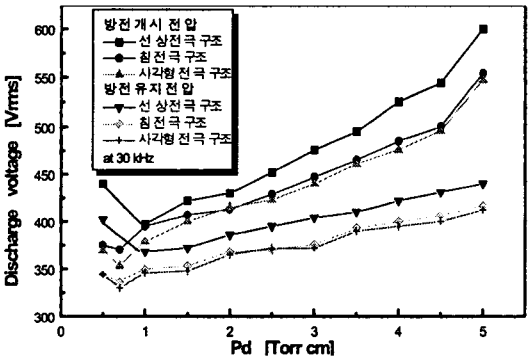

그림 5. Discharge voltage as a Pd value of FFL with different electrode structure at 30 ㎑

방전전압은 방전개시전압과 방전유지전압으로 나누어지고 방전개시전압은 가장 먼저 발광할 때 전압이고 방전개시 후 전압을 감소하여도 방전은 유지된다. 계속 전압을 감소시키면 방전이 소멸되는데 모든 셀의 방전이 소멸할 때 전압을 방전유지전압으로 측정하였다. 방전개시전압과 방전유지전압의 차를 voltage margin으로 표현한다.

각각의 전극에 대해 방전전압은 Paschen 곡선을 그리고 있다. 그러나 전극구조의 형상에 의한 고전계의 형성이 다르기 때문에 부분적인 전계의 불균일한 분포에 의해 최소점이 동일한 Pd임에도 불구하고 약간의 이동이 있다. 즉 평등전계를 가정으로한 Paschen 법칙의 국부적인 예외이다.

전극구조에 대한 방전전압은 고전계의 형성이 용이한 침전극구조와 사각형전극구조의 패널은 거의 비슷한 전압에서 형성되었고 선상구조에 비해 낮은 전압에서 형성되었다. 그러나 그림6에서 보듯이 비슷한 방전전압 특성을 보이는 침전극구조와 사각형 전극구조를 전압에 대한 전류밀도의 측정의 결과를 보면 침전극구조에 비해 사각형전극구조의 패널이 보다 큰 전류가 소비됨을 알 수 있다. 전극면적이 사각형전극구조의 패널이 크고 고전계가 형성되는 edge 부분이 전자온도와 이온밀도가 높기 때문인 것으로 사료된다.

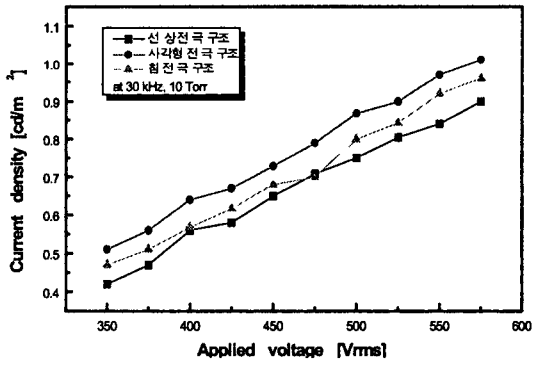

그림 6. Current density as applied voltage of FFL with different electrode structure at 30 ㎑, 10 Torr

그림7은 방전전압에 따른 휘도 특성을 보이고 있다. 전압의 증가에 따라 방전전류는 증가하고 휘도도 증가하지만 어느 전류 값 이상에서는 포화된다. 인가전압의 증가에 따라 방전전류가 증가함에도 불구하고 휘도가 포화하는 이유는 휘도의 방전 전류에 대한 포화현상으로 설명될 수 있다. 이러한 포화현상으로는 전류의 증가에 대한 진공 자외선의 포화 또는 트래핑 현상이 있다. 진공 자외선의 포화 원인으로는 147 ㎚의 공조자외선의 형광체 도달 과정에서

의 Xe 원자의 자기흡수에 의한 것과 또한 자외선에 의한 형광체의 포화도 원인이 될 수 있다.

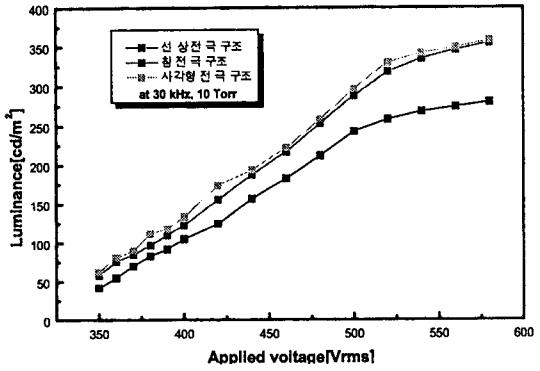

그림 7. Luminance as applied voltage of FFL with different electrode structure at 30 ㎑, 10 Torr

그림8은 입력전력에 대한 광효율을 보여주고 있다. 손실을 분석해보면 입력전력이 방전전력으로 변환되는 과정, 방전전력에 의한 자외선 발생과정-이 과정이 대부분의 손실에 해당된다-그리고 자외선에 의한 형광체에서 가시광 변환과정으로 나눌 수 있다.

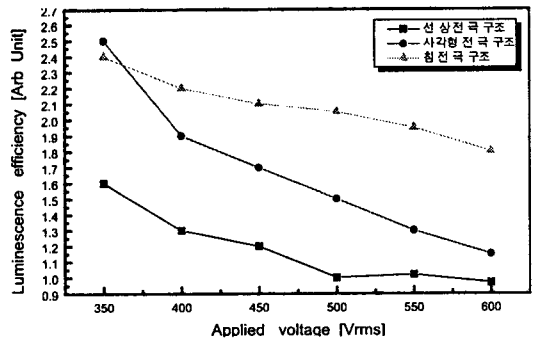

그림 8. Luminous efficiency as applied voltage of FFL with different electrode structure

침전극구조의 패널이 다른 전극구조와 비교하여 광효율이 개선된 것을 확인할 수 있다. 인가전압에 대한 휘도특성을 보면 사각형전극구조도 비슷한 휘도를 보이지만 방전전류가 많이 흐르기 때문에 광효율이 침전극구조에 비해 더 낮다.

표1의 결과에서 전극구조의 변화에 의해 액정표시장치의 광원으로 중요한 광의 균일도에 영향을 끼치는가 알아보기 위해 패널을 9등분하여 가장 밝은 부분을 100%하여 비교한 결과를 보았다.

선상전극구조에 비해 균일도(uniformity)에 차이가 있지만 액정표시장치의 광원으로 요구되는 85%이상의 균일도를 보였다.

95%	93%	95%
92%	94%	91%
93%	92%	92%
92%	100%(선상전극)	95%
93%	100%(사각형전극)	92%
90%	100%(침전극)	93%
93%	100%	91%
91%	90%	92%
92%	95%	93%

Table 1. Luminance distribution of FFL with different electrode structure

5. 결 과

본 논문에서는 FFL의 셀 구조의 변화로 전극구조를 변화시켜 입력전력에 대한 방전전력의 생성과정과 자외선 발생과정에 대해 저소비전력의 광효율을 높이기 위해 FFL의 전기적·광학적 특성을 통해 전극구조의 변화에 따른 방전특성을 살펴보았다.

기존의 선상전극구조 면방전형 FFL과 침전극전극구조와 사각형전극구조의 FFL은 전극의 형상에 의해 고전계의 형성이 용이하여 낮은 방전전압을 갖고 있으나 사각형전극구조는 전극면적이 침전극구조에 비해 넓기 때문에 방전전류의 공조자외선에 대해 Xe 원자의 자기흡수에 의한 손실이 크고 방전전류가 많이 흐르기 때문에 광효율이 더 낮게 나타났다.

광원으로 FFL의 저소비전력화와 고효율화를 위한 전극구조의 최적화를 위해 방전특성을 비교한 결과 침전극구조가 다른 구조에 비해 양호한 특성을 보였다. 그러나 셀 구조의 변화로 전극구조뿐만 아니라 전극의 치수나 형광층과 절연층, 방전공간의 치수와의 관계 등에 대한 연구가 필요하고 플라즈마의 발생을 최적화하기 위해 전자온도나 전자밀도 등의 기초 방전현상에 대한 연구가 필요로 된다.

참고 문헌

[1]. Joseph A. Castellano, "Handbook of Display Technology" , Stanford Resources, INC, 1992

[2]. T.Shiga, K.Igarashi, "A Simple structured, 10,000 cd/m^2 Flat Fluorescent Lamp with Good Uniformity for LCD Backlighting, Euro Display '96' pp. 233-236, 1996