

침전극구조 면방전형 FFL(Flat Fluorescent Lamp)의 방전특성

윤성현, 박철현, 조민정, 권순석, 임민수, 임기조

Discharge characteristics of needle shaped surface discharge Flat Fluorescent Lamp

Yun Seong Hyun, Park Cheol Hyun, Cho Min Jeong, Kwon Sun Suk, Lim Min Su, Lim Kee, Dept. of Elec. Eng. Chungbuk National University

Abstract - 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 of backlight as a lighting source in LCDs.

1. 서 론

최근 정보사회의 발달과 더불어 평면형 표시소자(Flat panel Display)에 대한 관심이 집중되고 있다. 박형과 대화면 표시를 목적으로 PDP(Plasma Display Panel)에 대한 연구가 활발히 진행 중이며 소형 정보 표시기뿐만 아니라 노트북, 평면 TV등을 목적으로 유기 ELD(Organic Electroluminescent Device)에 관한 연구가 진행 중이다.[1] 그러나 PDP는 큰 소비전력의 문제점과 구동회로에 대한 문제점등 개선할 사항들에 대해 연구 중이다. 유기 EL소자는 저소비전력과 고효율의 장점을 갖고 있으나 수명이 짧다는 문제점 때문에 이에 대한 연구가 진행 중이다.

현재 휴대용 표시장치나 가정용 컴퓨터 등의 표시소자로서 주로 사용되고 있는 액정표시장치(Liquid Crystal Display)는 비발광형의 특성을 갖고 있어서 광원 및 광원과 관련된 필름 등에 관한 연구가 활발히 진행 중이다. 액정표시장치의 표시 품질은 광원에 관련된 시스템(backlight unit)과 매우 밀접한 관계가 있다. 주로 광원으로는 냉음극관(Cold Cathode Fluorescent Lamp)이 사용되고 있는데 tube형태의 냉음극관의 사용으로 인한 도광판, 확산판, 프리즘시트 등의 채용, 액정표시장치의 좁은 시야각, 고휘도화를 위한 복수배열 등의 많은 제약을 주고 있다.[1] 이 때문에 EL(Electroluminescent lamp), [2] 또는 표시면적이 작은 경우에는 LED(Light Emitting Diode)등이 제한적으로 사용되고는 있으나 액정표시장치에 요구하는 휘도의 문제점을 만족시키지 못하고 있어 대체 광원으로 FFL에 관한 연구가 보고되고 있다. [3] FFL은 Ar, Xe, Hg등의 불활성 기체 또는 이들 혼합기체를 사용하여 바탕기체(buffer gas)를 형성하여 인가된 전압에 의해 진공자외선(147 nm)이 방사되고 방사된 VUV는 형광체를 발광시켜 원하는 파장을 갖는 가시광선으로 변환된다. FFL은 전극구조에 따라 대향방전형 FFL과 면방전형 FFL으로 구분할 수 있고 대향방전형 FFL은 T.Shiga, K.Igarashi 등에 의해 Ar+Hg의 혼합가스를 사용한 10,000 cd/m²가 보고되었으나 양이온의 스퍼터에 의한 형광층이나 전극의 열화의 문제뿐만 아니라 면방전형과 비교해 높은 소비전력을 갖고 있다. [4] 그러나 면방전형 FFL은 단순한 선상전극구조로 인한 광원으로서 요구되는 저

소비전력화를 위해서는 셀 구조에 대한 새로운 설계가 필요하다.

본 논문에서는 셀 구조의 변화를 위해 전극구조를 선상전극구조가 아닌 침전극 형태로 하여 인위적인 고전계 부분을 형성하여 보다 낮은 방전전압을 유도하여 저소비전력을 도출하고자 하였고, 전극구조의 변화에 따른 전기적·광학적 특성 등의 변화를 통해 방전특성을 비교 평가하였다.

결과적으로 선상전극구조 면방전형 FFL과 비교해 침전극구조 면방전형 FFL은 침플단의 고전계형성이 용이하여 낮은 방전전압의 특성을 보였고 방전전류도 적게 흐르기 때문에 공조자외선(147nm)의 자기흡수가 적어서 저소비전력, 고효율의 특성을 보였다.

2. 본 론

2.1 실험 방법

2.1.1 패널 제작

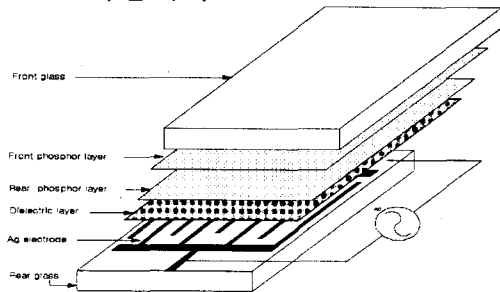


그림 1. Cross-sectional view of FFL with line shaped electrode structure

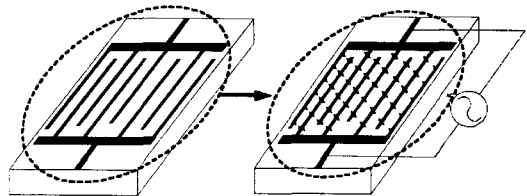


그림 2. Change of electrode structure (line and needle shaped electrode structure)

그림1은 선상전극구조 면방전형 FFL의 단면도이다. 기판으로 사용된 두 장의 유리사이를 sealing glass로 기밀 유지하게 하고 진공펌프로 진공 배기 후 순수한 Xe gas를 봉입하였다. 배면측 유리 기판에는 광학적 피드백으로 가시광에 대해 반사율이 좋은 은전극을 도포 후 건조·소성 하였다. 전극의 배치는 선상전극구조와 침전극구조로 하였고 동일조건을 부여하기 위해 전극간 갭을 1 mm로 하였다.

그림2는 전극구조 변화로 선상전극구조를 침전극구조로 변화시킨 그림이다. 절연층으로는 BaTiO₃를 20 μm로 도포 후 건조·소성 하였다. 그리고 상·하부 기판에 형광층을 도포하고 건조·소성 하였다. 이때 광학적 효율을 높이기 위해 하부층과 상부층 형광체 두께의 ratio를 조절하여 도포 하였다. 그런 다음 sealing paste로 두 장의 유리 기판을 밀봉 후 진공 배기하고 Xe gas를 봉입하였다.

2.1.2 측정 장치

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

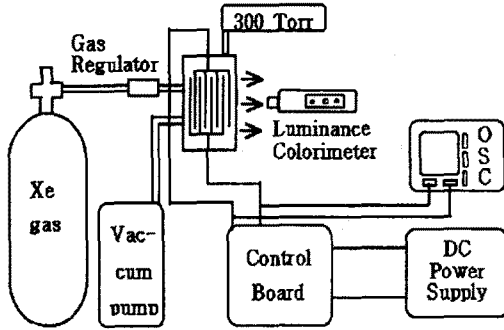


그림 3. Block diagram of measurement for electrical and optical characteristics for FFL

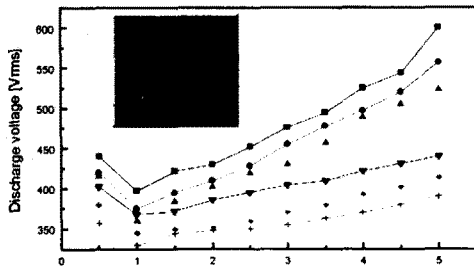
전기적 측정으로 방전전압과 방전전류를 오실로스코프와 전류프루브를 사용하였고, 광학적 측정으로 휘도계를 이용하여 전압, 주파수, 전류 등을 변화시키면서 휘도를 측정하였다. 또한 액정표시장치의 광원으로서 요구되는 중요한 점 중의 하나인 광의 균일도를 측정을 위해 패널을 9등분하여 동일한 지점에 대한 휘도를 측정하였다.

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

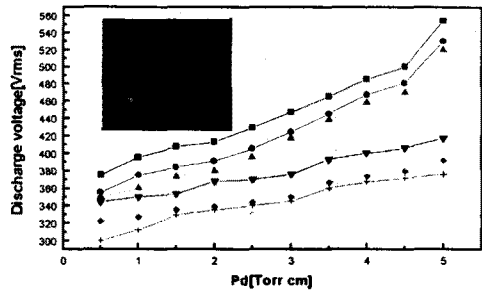
$$\text{발광효율}(\eta) = \frac{\pi \times \text{휘도}(\text{cd/m}^2) \times \text{면적}(\text{m}^2)}{\text{소비전력}(W)}$$

2.2. 실험 결과

그림 4는 선상전극구조와 침전극구조 면방전형 FFL의 Xe(100%) 가스 압력에 따른 방전전압 특성을 나타내고 있다. 방전전압은 방전개시전압과 방전유지전압으로 나누어지고 이들의 차가 voltage margin으로 표현된다. 방전개시전압(V_i)은 인가전압을 서서히 증가시키면서 약간의 부분이라도 방전할 때의 전압을 측정하였고 방전유지전압(V_s)은 방전개시전압에서 서서히 전압을 감소하면서 최종적으로 패널의 방전이 소멸할 때의 전압을 측정하였다.



(a) 선상전극구조



(b) 침전극구조

그림 4. Discharge voltage as a Pd value of FFL with line(a) and needle(b) shaped electrode structure at 30, 50, 80(kHz) 10(Torr)

선상전극구조에 비해 침전극구조는 침끝단에서의 고전계 형성이 용이하여 방전전압이 더 낮게 나타났다. voltage margin도 침전극구조가 선상전극구조의 패널보다 더 크다. 그러나 Paschen의 최소점이 동일한 Pd임에도 불구하고 선상구조와 비교해 침끝단에 고전계의 형성이 용이하므로 국부적인 전계분포의 불균일함에 의해 낮은 압력 쪽으로 이동함을 보여 주고 있다. [5] 전계분포가 다르게 되면 전자온도와 전자밀도에 영향을 주게 되므로 플라즈마 형성에 중요한 요인으로 작용하게 된다. 주파수 증가에 의해서는 선상구조와 침전극구조 모두 방전공간의 전하들의 증가와 유전체 계면에 쌓이는 벽전하의 증가에 의해 방전전압이 감소하는 경향을 보였다.

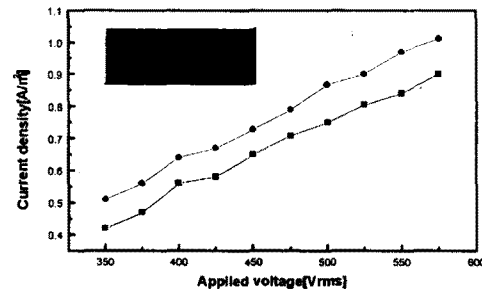


그림 5. Current density as applied voltage of with different electrode structure a kHz, 10 Torr

그림5는 전극구조에 대한 인가전압에 따른 전류밀도의 그림이다. 동일한 인가전압에 대해 침전극구조의 패널이 선상전극구조의 패널보다 낮은 전류밀도를 보이는데 그 이유는 같은 패널 size에서 전극수가 더 적어 전체적으로 전극면적이 적기 때문이다.

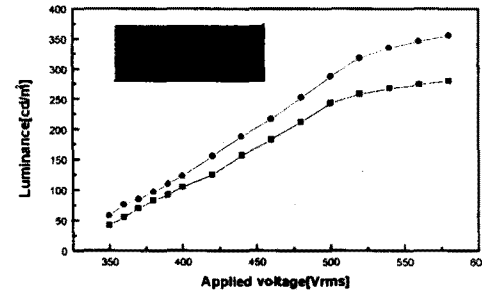


그림 6. Luminance as applied voltage of FFL with different electrode structure at 30 kHz, 10 Torr

그림6은 인가전압에 따른 휘도를 측정 한 결과이다. 전압의 증가에 의해 방전전류는 증가하고 휘도도 증가하지만 어느 전류 값 이상에서는 포화된다. 이러한 휘도의 포화는 전류에 대해 자외선이 포화하는 것과 자외선에 대해 형광체의 가시광 방출강도가 포화하는 것이다. 공조자의 선(147 nm)은 자기흡수 현상이 있고 이것이 자외선 포화의 원인으로 되고 있다. 즉 여기 Xe는 평균 3.79 ns 후에 공조자의 선을 방출하면서 기저상태로 떨어진다. 공조자의 선이 형광체에 도달하는 과정에는 Xe 원자 군을 빠져나가야만 한다. 이 기저상태의 Xe 원자는 공조자의 선을 흡수하기 쉽고 결국 0.1%~1%만이 형광체를 여기하는 데 쓰이고 있다. 이와 같은 자기흡수에 의해 방전전류를 발광에는 기여하지 못하고 효율은 저하하게 된다. 그리고 147 nm 진공자의 선에 대한 형광체 모체의 자외선 흡수계수가 높기 때문에 자외선은 해 형광체에 포화하기 때문에 자외선은 형광체에 도달해서 얇은 표층부에만 흡수되고 만다. 이 때문에 전압의 증가에 의해 방전전류가 증가하여 어느 정도 광자를 증가하여도 가시광 강도는 증가하지 않는 포화현상을 보이게 된다.

그림7은 인가전압의 증가에 대한 광효율을 보이고 있다. 인가전압을 증가시키면 방전전류가 증가하지만 공조자의 선의 자기흡수에 의한 광학적손실과 공조자의 선의 형광체 표면에만 흡수되는 휘도의 포화하는 현상에 의해 광효율은 감소함을 알 수 있다. 전극구조에 의한 비교를 하면 선상전극구조보다 침전극구조의 광효율이 향상됨을 알 수 있다.

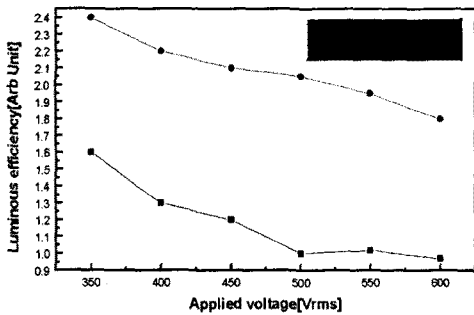


그림 7. Luminous efficiency as applied voltage of FFL with different electrode structure
 광효율이 향상되었으나 액정표시소자의 표시품질을 좌우하는 광원으로서의 역할 중 중요한 균일한 광의 공급에 전극구조의 변화에 의해 영향이 있는지에 대해 광의 균일도를 측정하였다.

95%	93%	95%
93%	92%	92%
92%	100%(선상전극구조)	95%
90%	100%(침전극구조)	93%
93%	100%	91%
92%	95%	93%

Table 1. Luminance distribution of FFL with different electrode structure

균일도(uniformity)를 측정하기 위해 패널을 9등분하 가장 휘도가 높은 부분을 100%로 하여 측정하였다. 표에서 보이듯이, 선상전극구조에 비해 고전계를 형성하는

edge 부분이 있기 때문에 균일도에서 차이를 보이고는 있으나 침전극구조의 패널도 액정표시소자에서 요구하는 균일도(85%)를 만족시키고 있다.

3. 결 론

본 논문에는 액정표시장치(LCD)의 표시품질 향상을 위해 광원으로 CCFL의 단점을 보완하기 위한 대체 광원으로 면방전형 FFL을 제작하여 측정하였다. 면방전형 FFL의 저소비전력화와 고휘도, 고효율을 위해 전극구조를 일반적인 선상구조와 침전극구조를 제작하여 비교·평가하였다.

FFL의 고휘도, 고효율화를 위해서는 크게 다음과 같은 3가지 단계에 대한 손실을 줄여야 한다.

- (1) 입력전력이 방전전력으로 변환되는 과정에서 발생하는 전력 손실
- (2) 방전전력의 자외선 발생의 최적화
- (3) 자외선이 가시광으로 변환되는 과정

본 논문에서는 전극구조를 최적화하여 전력변환 과정에서의 손실을 줄이고 하전입자의 손실을 줄이려고 하였다. 전극구조를 변화하여 (1),(2)항에 대한 손실을 줄일 수 있으리라 기대된다.

면방전형 FFL의 일반적 구조인 선상전극구조와 비교해 침전극구조 면방전형 FFL은 침전단의 고전계부분에 의한 방전전압의 감소와 동일한 면적에 대한 전극수의 감소에 의한 방전전류의 감소에 의해 저소비전력의 고효율화를 위해 적합하다고 할 수 있고 방전셀의 구조와 함께 기하학적 치수를 최적화 하면 입력전력의 손실을 줄일 수 있으리라 기대된다.

(참 고 문 헌)

- [1] Munisamy Anandam and Douglas Ketchum, IEEE Trans. Electron Device, pp. 1327~1330, vol. 39, 1992
- [2] 三橋, テレビ學技報, 9, 47, IPD105-4, pp.15-20, 1986
- [3] 森口, テレビ學技報, 138, ID89-37, pp. 11-15, 1987
- [4] T.Shiga, K.Igarashi, "A Simple structured, 10,000 cd/m² Flat Fluorescent Lamp with Good Uniformity for LCD Backlighting, Euro Display '96' pp. 233-236, 1996
- [5] Mitsuyoshi Makino and Toshihiro Yoshioka, IEICF Trans Electron. Vol. F80C, pp 1086-1091, 1997