

LCD 후면광원용 면방전형 FFL의 Dielectric Layer에 따른 방전 특성

Discharge Characteristic of Surface Type FFL as LCD Backlighting according to Dielectric Layer

임민수, 정득영, 윤성현, 임기조, 권순석
충북대학교 전기공학과.

M. S. Lim, D. Y. Jung, S. H. Yun, K. J. Lim, S. S. Kwon
Dept. of Electrical Eng., Chungbuk. National University.

Abstract

In this paper, we studied Surface Discharge Type Flat Fluorescent Lamp(FFL) with High Luminance for LCD Backlighting. This lamp is Surface Discharge Type structure with a pair of Sodaslime glass, insulator layer, phosphor layer, and Xe gas gap. There are two influences of Electric field on different dielectric thickness. The Electric field difference at the dielectric layer itself enhances minimum value of firing voltage and luminance uniformity. So, we measured the Electric field at 0.5mm, 1mm gap length and discharge voltage for difference dielectric layer thickness. In experiment result, the thicker dielectric layer has higher firing voltage and lower current.

1. 서론

최근, OA 기기의 표시 단말기나 벽걸이 TV를 목표로 하여 고정세의 대화면 표시에 적합한 display 장치에 대한 요구가 크게 높아지고 있다. 현재는 액정 디스플레이(LCD; Liquid Crystal Display)가 CRT의 단점이었던 박형의 문제점을 해결함으로써 CRT를 대체하는 디스플레이 중 하나로 각광받고 있으나 후면광원으로 쓰이고 있는 냉음극관형 램프(CCFL; Cold Cathode Fluorescent Lamp)가 배치된 도광판 방식은 균일한 휘도나 20인치 이상의 대화면화의 실현이 문제가 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로서 LCD의 후면광원으로 FFL이나 EL(Electroluminescence)등이 도광판 방식의 문제를 해결할 수 있는 후면광원으로서 고려되고 있다[1][2]. FFL은 외부 전원에 의한 기체 방전에 의해 형광체의 여기원인 자외선이 형성되어 상부패널과 하부패널에 도포된 형광체에 충돌하여 가시광을 방출하게 된다. 기체 방전을 통한 가시광을 방출하는 과정에서 여러 가지 요소들이 방전 환경을 지배하게 되는데 기체방전 특성을 지배하는 요소로는 전극내의 전계 분포 및 전극의 기하학적인 구조, α process에 의한 기체 반응을 통해 이온화 효율 및 낮은 방전 개시 전압을 결정짓는 가스 조성을 선택해야 한다. 이 외에도 γ process에 의한 2차 전자 방출을 증가시킴으로써 낮은 전압하에서 방전을 개시시킬 수 있으므로 재료적인 측면도 중요한 요소가 된다. 면방전형 FFL의 경우는 벽전압을 고려하여 많은 벽전하를 생성하기 위해 유전층

의 유전상수를 고려하여야 하며 안정한 방전을 위해 유전체의 두께를 조절하여야 한다[3][4]. 구동방식은 교류를 사용하므로 저전압 특성과 수명을 고려한 스퍼터링 특성, 형광체와의 응답특성을 고려하여야 하며, 휘도 및 발광효율을 높일 수 있는 구동회로의 개발도 요구된다. 본 논문에서는 기체 방전에 영향을 주는 새로운 type의 면방전형 FFL을 설계하고 후막 인쇄 공정을 확립하였다. 또한 면방전형의 전극에서의 전계 분포의 해석과 이러한 전계에서의 유전층에 따른 방전 현상에 대하여 논하였다.

2. 실험방법

FFL은 전극 배치 상태에 따라 2가지로 구분할 수 있다. 전극을 전면 유리(front glass)와 후면 유리(rear glass)에 각각 배치시키는 반대 전극형과 한쪽면에 일정한 거리를 띄어 전극들을 배치시킨 면방전형(surface discharge type)이 있다. 본 논문에서는 반대전극형이 이온 충격(ion bombardment)에 의한 스퍼터링(sputtering)에 의해 수명이 짧아지고 소비 전력이 높다는 단점으로 면방전형의 새로운 type의 전극구조를 제안하였다. 그림 1은 본 실험에 제작된 면방전형 FFL의 단면도이다. 사용된 전극은 듀폰사의 Ag paste를 사용하여 스크린 방법으로 형성한 후 소성하였으며, 전극 폭은 1[mm], 전극 갭은 0.5[mm]와 1[mm]를 각각 채택하여 실험하였다. Front glass와 Real glass에는 soda lime glass를 사용하였고 절연층으로는 유전율이 높은

BaTiO₃와 셀로로이즈 바인더를 2:1의 비율로 구성하여 15, 30, 45(μ m)의 두께로 만든 후 소성하였다.

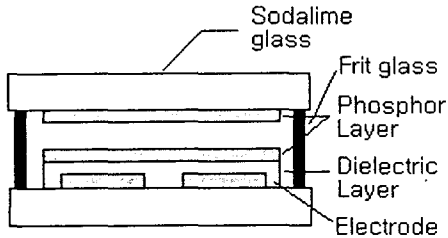


Fig. 1 The cross section of surface Discharge type FFL

형광층은 전면 유리와 후면 유리에 각각 인쇄하였으며 램프의 효율에 큰 영향을 미치게 되므로 수 회 인쇄하여 30(μ m)의 두께로 Green Phosphor를 도포하였다. 또한 Front glass와 Rear glass를 접합하기 위하여 Frit glass를 사용하였다. 겹사이에는 진공자외선 방사 효율이 좋은 147[nm]의 긴 파장을 갖는 순수한 Xe gas를 사용하여 자외선 방사를 일어나게 하였다. 실험 결과의 비교를 위하여 서로 다른 갭으로 구동된 FFL은 모두 동일한 조건으로 동일한 재료를 택하여 사용하였으며, 제작된 시료의 방전 특성을 조사하기 위하여 패널 내부의 초기 진동도를 10⁻³[Torr]로 유지하고 Xe gas를 유입 할 수 있는 진공장치를 이용하였다. 특성 실험은 방전 개시 전압, 방전 유지 전압, 방전 전류등의 전기적 특성을 측정하기 위하여 디지털 오실로스코프, 전류계를 이용하였으며, 교류 전압을 인가하여 구동된 FFL의 휘도는 휘도 색체계(Yokogawa 520₀₂)를 이용하여 측정였다.

3. 결과 및 고찰

기체 방전 현상을 통한 가시광을 방출하는 과정에서 방전을 지배하는 중요한 요소로서 전극내의 전계 분포에 의해 방전 개시전압과 휘도의 uniformity에 영향을 미치게 된다. 그림 2는 0.5[mm]의 전극갭을 가지는 면방전형 FFL의 전계 분포도를 Maxwell program을 이용해 simulation한 그림이다. 그림에서 보여지는 것과 같이 전극의 edge부근이 최대 전계 강도를 보이고 있고 이 edge 영역에서 방전이 시작되게 된다. 따라서, 이러한 전계의 불평등은 긴 갭을 가진 전극에서 파선의 법칙이 성립되지 않는 원인이 된다[5]. 이러한 불평등 전계하에서의 방전은 방전개시전압의 차이뿐만 아니라, 방전 후 휘도의 uniformity에도 상당한 영향을 주게된다. 즉 전계가 집중이 되는 edge 부근에서 가장 밝은 빛을 방출하게 된다.

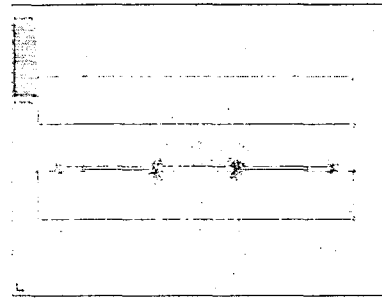


Fig. 2 Distribution of Electric field for 1mm gap length

그림 3은 0.5[mm]와 1[mm]의 전극갭을 가지고 30(μ m)의 유전층을 도포한 FFL에 30[kHz]의 주파수를 인가하였을 때 패널의 방전개시전압과 방전유지전압을 보이고 있다.

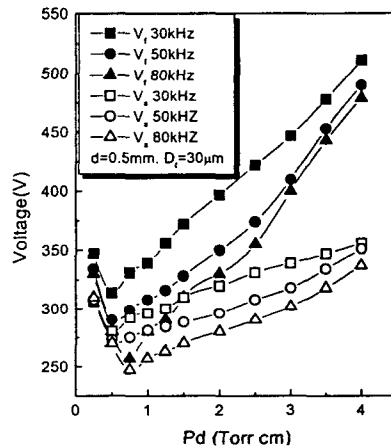


Fig. 3 Discharge voltage as a Pd value at different frequencies for 0.5mm gap length

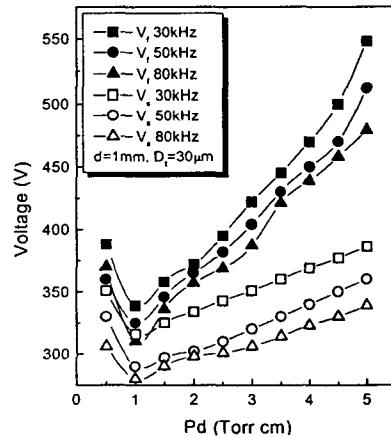


Fig. 4 Discharge voltage as a Pd value at different frequencies for 1mm gap length

그림 3과 4의 두 짝에서 동일하게 Pd의 증가와 함께 방전개시전압이 증가하는 것을 볼 수 있는데 이것은 Pd의 증가와 함께 평균 자유 행정과 평균 자유 행정 시간의 감소 때문에 기체 분자와의 충돌 전리 작용 감소로 증가하는 것으로 사려된다. 방전 유지 전압은 방전이 개시되면 전류는 급격히 증가하고 이때의 전류는 외부에서 인가된 전류와는 무관하게 되는데 이를 자기 유지되었다고 한다. 이렇게 자기 유지하기 위해서는 충분한 하전입자의 공급이 필요한데 이런 하전입자가 공급되는 기구는 α -process와 γ -process라 한다[6].

그림5는 방전갭을 0.5[mm], 주파수를 30[kHz]로 인가할 때 유전층의 두께를 15, 30, 45[μ m]로 가변시켰을 때의 방전개시전압과 방전유지전압을 plot한 그림이다. 유전층의 두께가 15[μ m]에서 가장 낮은 방전개시전압과 방전유지전압을 보였고 두께를 점차 증가시켰을 때 방전개시전압과 방전유지전압이 상승하는 것을 알 수 있다. 유전층의 두께가 15[μ m] 일때 방전개시전압은 파선의 최소점(paschen's minimum)에서 260[V]였고 30[μ m]에서 331[V], 45[μ m]에서 342[V]로 약 80[V]정도의 차이를 보였다. 이러한 결과는 그림 6에서의 전극 갭 1[mm]에서도 같은 특성을 보였다. 따라서 높은 유전상수를 가진 유전체를 사용할 경우 유전층의 두께가 증가할수록 방전개시전압과 방전유지전압이 상승하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 유전층의 두께가 너무 낮을 경우 방전개시전압은 감소하지만 전류의 변동이 심하게 되므로 불안정한 방전을 하므로 안정한 방전을 위하여 30[μ m]이상의 유전층 두께가 필요하다.

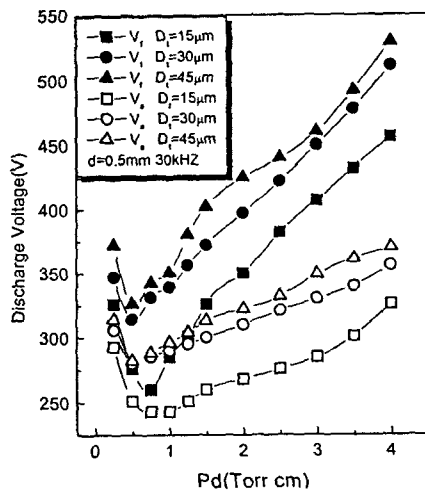


Fig. 5 Discharge voltage as a Pd value at different dielectric thickness at 0.5mm gap length

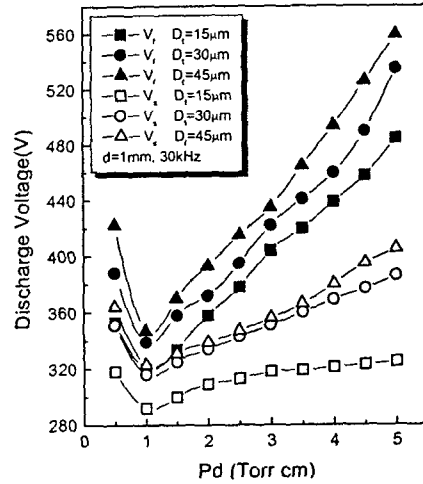


Fig. 6 Discharge voltage as a Pd value at different dielectric thickness at 1mm gap length

그림 7은 전극 갭 0.5[mm]와 1[mm]의 전압에 대한 전류 특성 곡선을 유전층 두께의 변화에 대하여 나타낸 것이다. 이때, 인가 주파수를 30[kHz]로 고정시킨 뒤 유전층의 두께를 30, 45[μ m]인 panel에 각각 파선의 최소점인 Pd영역에서 측정된 결과를 Plot하였다. 모든 조건에서 저전압영역에서는 즉 방전개시전에는 전류가 거의 흐르지 않다가 방전개시전압으로 이행하는 순간 전류가 급증하는 것을 알 수 있다. 이때가 방전이 개시되는 부분이며 FFL에 처음 가시광이 나오는 때이다. 방전이 개시되기전의 압류 부분에서는 전류의 증가는 미세하며 방전개시 전압후에는 전류의 기울기가 급해지는 것을 알 수 있다.

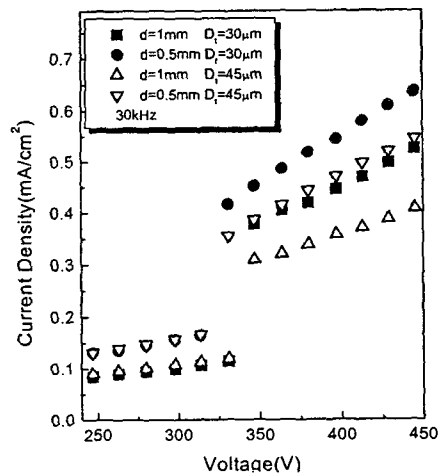


Fig. 7 Voltage dependence of current density with different dielectric thickness

그림에서 알 수 있듯이 전류는 전극갭 0.5[mm]에서 전극갭 1[mm] 보다 더 큰 값을 나타내고 있다. 또한 유전층의 두께가 두꺼울수록 전류가 적게 흐름을 보이고 있다.

그림 8은 사인파 전압을 인가했을때의 방전전류파형이다. 전류파형이 심하게 요동치는 부분이 방전 전류로 고려된다.

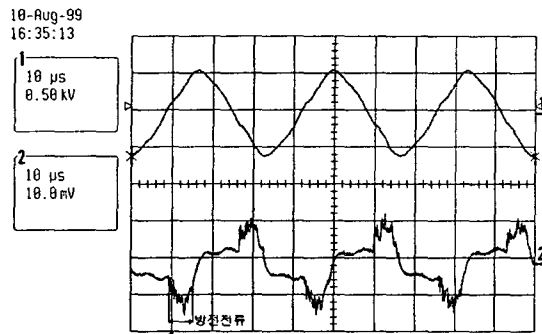


Fig 8 Discharge current waveform using for sin wave power supply

그림 9는 유전층의 두께가 30[μm]에서 전압 변화에 대한 녹색 평판 형광 램프의 효율을 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 발광 효율은 비교적 완만한 감소하는 경향을 보였다. 이와 같은 현상은 전압이 증가함에 따라 휘도가 증가하지만 그에 따른 전력의 증가로 효율의 감소하는 특성을 나타내었다.

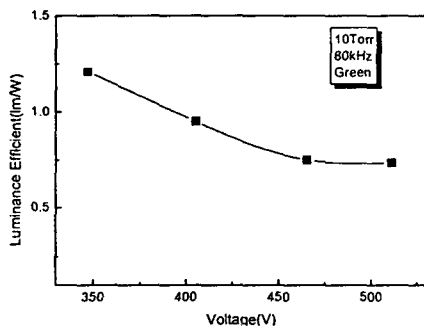


Fig. 9 Emission efficiency as a function of voltage

4. 결론

본 논문에서는 LCD 후면광원용 FFL의 후막 인쇄공정을 확립하고 새로운 type의 전극 구조인 면방전형을 제안하였으며 발광원으로서 휘도 및 효율 특성을 개선하기 위하여 새로운 type의 전극구조의 전계 분포를 해석

하고 이러한 전극구조에서 유전층에 따른 방전 현상에 대하여 전기적 특성 및 광학적 특성을 측정을 하였다. 본 연구에서 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

(1) 기체 방전 현상을 통한 가시광을 방출하는 과정에서 방전을 지배하는 중요한 요소인 전계 분포를 해석한 결과 전극의 edge부근이 최대 전계 강도를 보였고 이 edge영역에서 방전이 먼저 개시가 되므로 휘도의 uniformity에 영향을 준다.

(2) Pd의 증가와 함께 방전개시전압과 방전 개시 전압이 증가하는 것은 평균 자유 행정과 평균 자유 행정 시간의 감소 때문이며 주파수의 증가에 따라서도 공간전하의 효과에 의해서 높은 주파수에서 가장 낮은 방전 개시 전압을 나타내었다.

(3) 유전층의 두께가 두꺼워 질수록 방전 개시 전압 및 방전 유지 전압이 증가하는 것을 알 수 있었다. 그러나 유전층의 두께가 너무 낮을 경우는 방전이 불안정하게 되고 전류의 변동이 심하므로 방전 개시 전압 측면뿐만 아니라 전체적인 방전 지속의 안정화에 30[μm]의 유전층 두께가 가장 적합하다는 결론을 내렸다.

본 연구에서 수행한 FFL은 휘도가 300[cd/m²] 이상을 얻었으며, 90[%] 이상의 균일도를 얻었으므로 고휘도 및 고효율의 특성을 갖춘 장수명의 LCD의 후면광원으로서 CCFE에 대처할 수 있을 것으로 기대된다.

참고 문헌

- [1] Munisamy Anandam and Douglas Ketchum, IEEE Trans. Electron Device, pp. 1327-1330, vol. 39, 1992.
- [2] J.Deschamos, Proceedings of the Society for Information Display International Symposium, San Jose CA, 1994, SID 94 Digest, p.315.
- [3] Young-Guon Kim, Young-Sam Kim, Jap. J. Appl Phys, pp. 1549-1552 Vol. 37, 1998
- [4] Munisamy Anandam and Douglas Ketchum, IEEE Trans. Electron Device, pp. 504-510, vol, 30, 1994.
- [5] Makino, Yoshioka, Saito, IEICE, Trans. Electron Device, pp. 1086-1090 Vol F80
- [6] 大野勝利 外, "螢光體 핸드ブック", 日本 螢光體學會, 1985
- [7] T.Shinhai, T.Murata, Y.Okita, IDW'98 pp. 539-543 1998